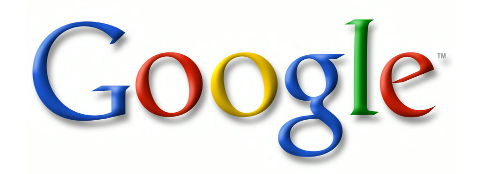
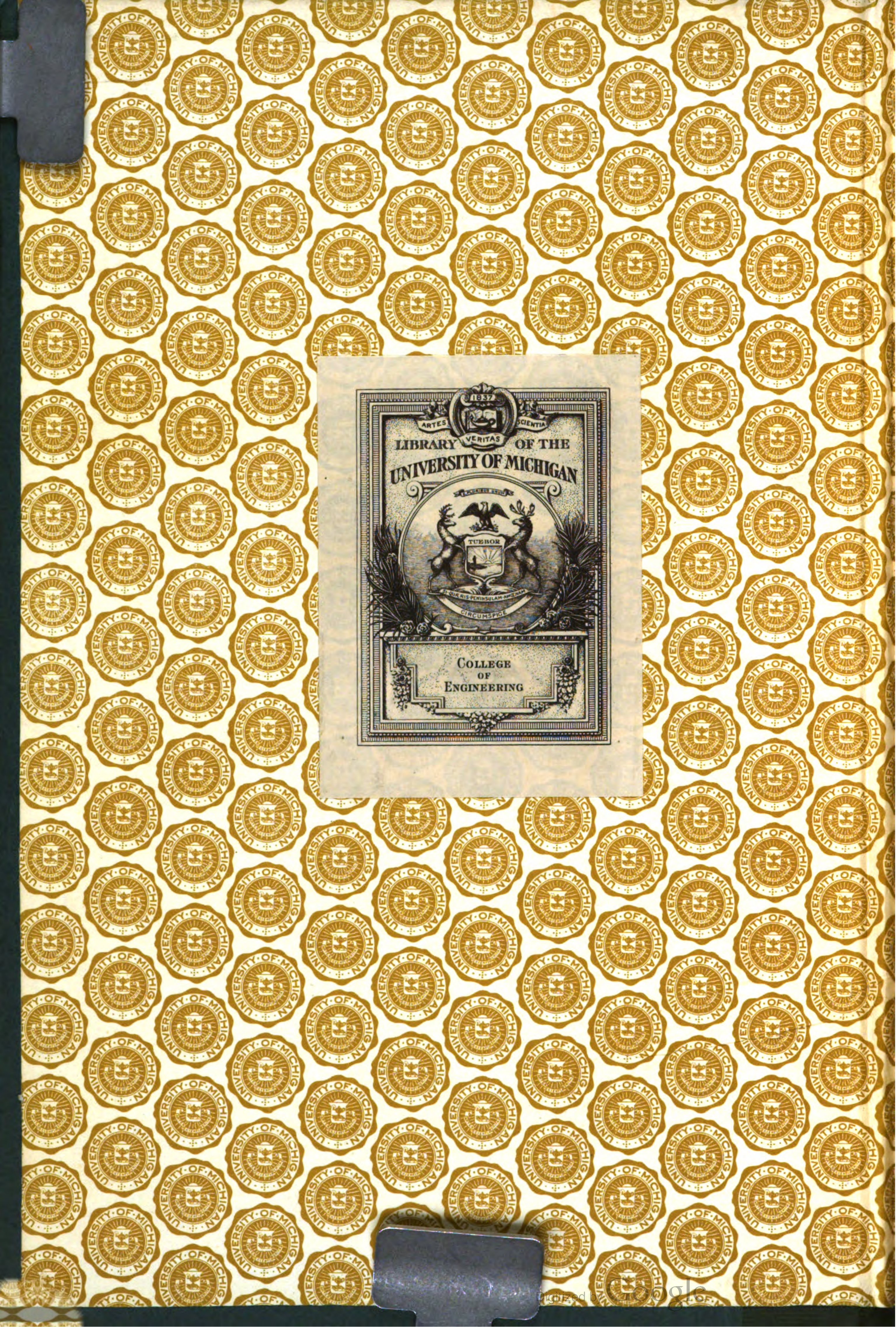
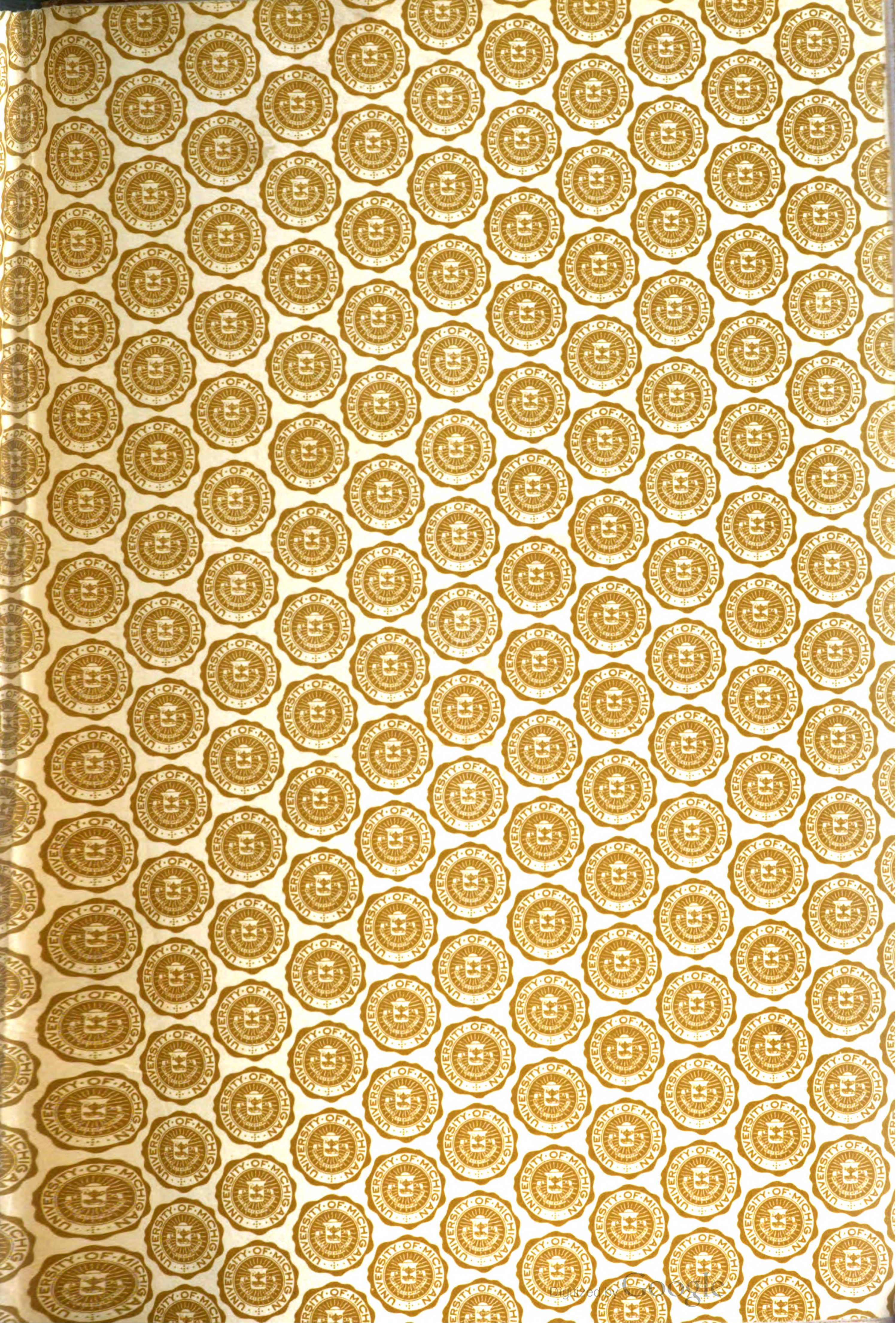



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE
COLLEGE
OF
ENGINEERING


UNIVERSITY·OF·MICHIGAN


SCHULPIG·29
ETZ
UR 34. JAHRESVERSAMMLUNG DES VERBANDES
EUTSCHER ELEKTROTECHNIKER AACHEN 1929
27. HEFT · 4. JULI 1929


OSRAM
OSRAM
Das Qualitätszeichen
der guten Lampe

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

L. Jahrgang

1929

II. Halbjahr

Berlin

Im Buchhandel durch Julius Springer

1929

Inhaltsverzeichnis.

(II. Halbjahr 1929)

A. Sachverzeichnis.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz — Brf. = Brief an die Schriftleitung. — Lit. = Buchbesprechung. — B. = Berichtigung. Bespr. = Besprechung.
Die Zeichen *, Brf., Lit., B. und Bespr. stehen vor der Seitenzahl.
Die Umlaute ä, ö, ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt; Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.

I. Aufsätze, Rundschau und kleinere Mitteilungen.








Digitized by Google




Digitized by Google



II. Persönliches.

III. Literatur.

Bücherbesprechungen.





IV. Vereinsnachrichten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Kommissionen.

(E. vor der Seitenzahl bedeutet „Entwurf".)

Ausschüsse.

Normblätter.



Prüfstelle des VDE.

Verschiedenes.



Elektrotechnischer Verein.

Einladungen.

Sitzungsberichte.

Vorträge.

Fremde Vereine und Verbände.

(S. a. Abt. A I, Kongresse u. Sitzungskalender.)

V. Geschäftliche Mitteilungen.



B. Namenverzeichnis.

Die Verfasser von Büchern sind nicht in diesem Verzeichnis, sondern unter Abteilung A III des Sachverzeichnisses aufgeführt. Persönliche Nachrichten siehe unter Abteilung A II.

Zeichenerklärung: * = größerer Aufsatz. — Brf. = Brief an die Schriftleitung. — Lit. = Buchbesprechung. — B. = Berichtigung. Bespr. = Besprechung. — Die Zeichen *, Brf., Lit., B. und Bespr. stehen vor der Seitenzahl.

Die Umlaute ä, ö, ü und ae, oe, ue sind wie die einfachen Laute a, o, u behandelt; Worte mit Umlauten sind den gleichartigen Worten mit einfachen Lauten nachgestellt.







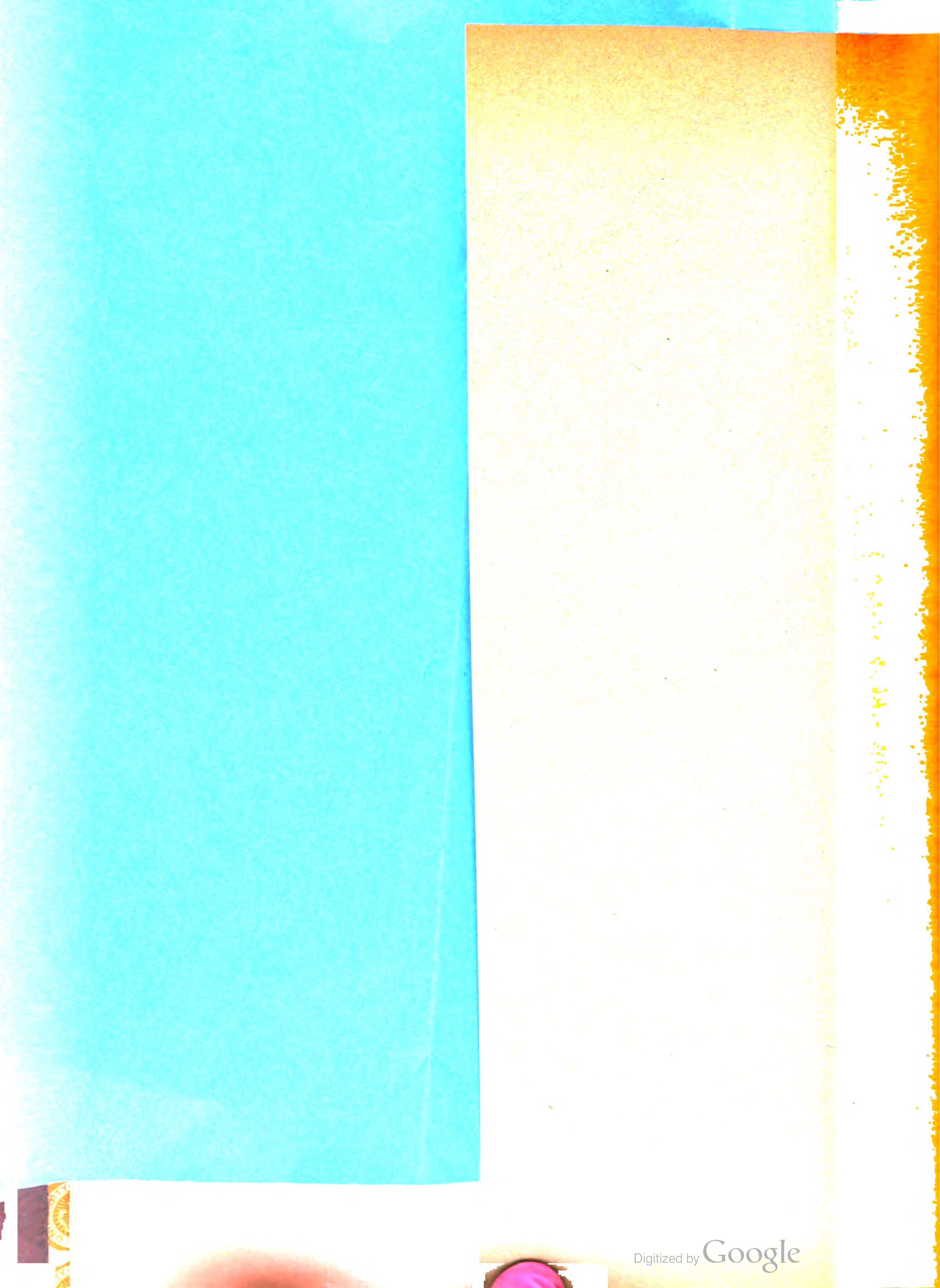


ETZ

Zur Tagung
des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
in Aachen 1929

Berlin, den 4. Juli 1929

INHALT:



Verzeichnis

der in diesem Heft mit Anzeigen vertretenen Firmen.



Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 4. Juli 1929 | Heft 27

Stadt auf Vorposten.

Von Dr. **Rombach,** Oberbürgermeister der Stadt Aachen.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker tagt in diesem Jahr in der Stadt Karls des Großen, dort also, wo einst das Herz des ersten germanischen Kaiserreiches schlug, an einer der ältesten Stätten deutscher Kultur, der in unserer Zeit die Aufgabe erwuchs, auf äußerstem Vorposten Grenzwacht im Westen zu halten.

Karl, der schwertfrohe Frankenkönig, dem Papst Leo III. im Jahre 800 in der Peterskirche zu Rom die Imperatorkrone aufs Haupt setzte, wählte Aachen, den Ort der heißen Quellen, zu seinem liebsten Aufenthalt. Von hier aus regierte er das fränkische Weltreich, von hier aus zog er zu Jagd und Krieg; hierher berief er die gelehrtesten Männer seiner Zeit; hier errichtete er den stolzen Hallenbau der Hofburg, auf deren Grundmauern sich das jetzige Rathaus erhebt, und die prächtige Pfalzkapelle, die heute den Mittelbau des reliquienreichen Marienmünsters bildet. In dieser Pfalzkapelle fand der Tatenreiche seine letzte Ruhestatt. Noch steht in ihr der schlichte Marmorstuhl, auf dem der mächtige Mann dem Gottesdienste beizuwohnen pflegte, und der in der Folgezeit 32 deutschen Königen als Thronsitz bei ihrer Krönung diente; denn in Aachen, am Grabe Karls des Großen, mußte gekrönt sein, wer in Deutschland als der wahre Herrscher gelten wollte.

Das Rathaus zu Aachen.

In die Zeiten Karls zurück verlegt die Legende auch die Entstehung der ältesten Aachener Industrie, der Tuchherstellung, die sich schon im frühen Mittelalter des besten Rufes erfreute und — im Verein mit der später aufgeblühten Messing-, Kupfer- und Nadelindustrie — den Grundstock zu Aachens weltwirtschaftlicher Bedeutung legte. Gehören die Beziehungen Karls zum Aachener Webergewerbe wohl der Sage an, so sind seine hohen Verdienste um die Ausgestaltung des Badelebens unbestreitbar geschichtlicher Art. Zwar ist er nicht der erste Entdecker der warmen Quellen — schon die Römer haben hier reich ausgestattete Badehallen gebaut —, aber er setzte doch an die Stelle bröckelnder Ruinen eine neue große Thermalschwimmhalle, in der er mit seinen Söhnen und den Edlen des Landes zu baden pflegte. Mit Gewißheit darf man annehmen, daß diese Vorliebe Karls für die Aachener Bäder nicht wenig zu deren Ruhm beigetragen hat. Aus allen deutschen Gauen, ja, aus aller Herren Länder kamen, namentlich seit Ausgang des Mittelalters, die Kranken nach Aachen, um hier Linderung und Heilung zu finden, kamen aber auch die Vertreter der „Welt, in der man sich nicht langweilt", angezogen von den Lockungen der Spielbank, und versuchten ihr Heil in Glücksspielen jeder Art. Aachen, einst das „Rom diesseits der Alpen", ward zum Monte Carlo der Feudalzeit, und bis tief in das 19. Jahrhundert hinein schnarrte der Bankhalter hier sein: „Messieurs, faites votre jeu!"

Das Verbot des Glücksspiels traf Aachen schwer. Der Fremdenzustrom ebbte ab. Das Badeleben drohte zu verkümmern. Kurz vor dem Weltkrieg entschloß sich die Stadtverwaltung zu einer gründlichen Erneuerung und weitgreifenden Ausgestaltung ihrer Kuranlagen. Mitten im Tosen des Völkerkampfes wurde das in der Stille des alten schönen Stadtgartens gelegene Neue Kurhaus fertiggestellt. Durch eine geräumige Wandelhalle mit ihm verbunden, erstanden das Palasthotel „Der Quellenhof" und das Kurmittelhaus — alles Baulichkeiten vornehmen Stils, die wenige ihresgleichen in deutschen Landen haben dürften. Auch die alten Badehotels wurden durchgreifender Erneuerung unterzogen. Leider machte der unglückliche Ausgang des Krieges die Hoffnungen zunichte, die Aachen für das Wiederaufblühen seines Kurwesens gehegt hatte, wie er ja für das ganze Wirtschaftsleben der Grenzstadt schlimmste Notzeit heraufführte.

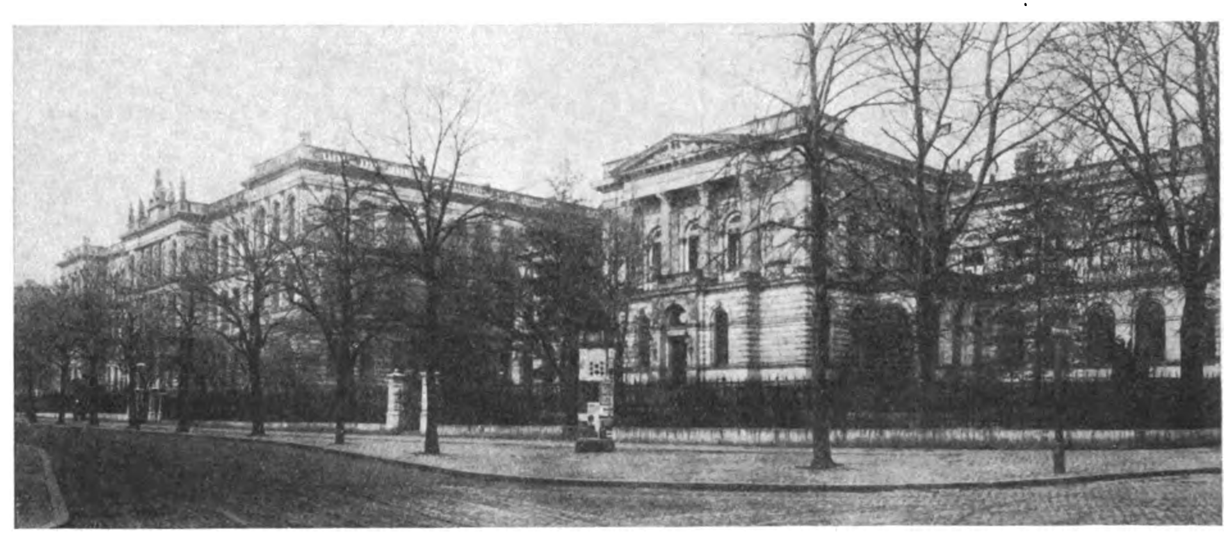
Die „Einverleibung" des urdeutschen Kreises Eupen durch Belgien entriß der Stadt wertvollstes Hinterland und störte organisch gewachsene wirtschaftliche Beziehungen auf das empfindlichste. Viele Betriebe — in den letzten vier Jahren allein 69 — fielen der wachsenden Not zum Opfer. Die großen Werksanlagen der Eisenhütte „Rothe Erde", wo früher 4 ... 5000 Arbeiter lohnende Beschäftigung fanden, sind stillgelegt und dem Abbruch verfallen.

Seit Jahren hat der Aachener Bezirk die Höchstzahl an Erwerbslosen zu verzeichnen. Die Zeiten der Sanktionen, des Ruhrkampfes, des Separatistentreibens wirkten sich wirtschaftlich geradezu verheerend aus. Die verhängnisvollste Hemmung wirtschaftlicher Wiederbelebung erwuchs dem Gebiet indes aus der vollkommenen Verschiebung der Verkehrslage. Die jetzige Frachtkostenberechnung der Eisenbahn bringt große Nachteile namentlich für die Schwerindustrie. Die Mehrinanspruchnahme des Aachener Gebiets an Frachtkosten betrug im Jahre 1928 gegenüber 1913 mindestens 40 Mill M. Die Gefahr, daß die Aachener Wirtschaft infolgedessen aus jedem Wettbewerb ausscheiden muß, wächst von Tag zu Tag. Als einziges wirklich durchgreifendes Mittel zur Abwehr dieser Gefahr erscheint weitesten Kreisen der Wirtschaft die Schaffung eines Wasserweges zum Rhein (Aachen—Rhein-Kanal). Sicher ist, daß Wege gefunden werden müssen, auf denen das Aachener Gebiet zu verkehrspolitischer Gleichberechtigung mit der übrigen deutschen Wirtschaft gelangen kann. Eine wirtschaftliche Versackung der Grenzlande würde sich bald auch politisch und kulturell übel auswirken. Aachens Lebenswille ist ungebrochen. Mit zäher Tatkraft hat es die Werbung für seine Heilquellen wieder aufgenommen und darf mit den bereits erzielten Erfolgen zufrieden sein. Wird ihm die Hilfe von Staat und Reich, auf die es Anspruch hat, nicht versagt, so darf man sicher sein, daß die Arbeits- und Unternehmungsfreudigkeit seiner Bewohner auch der großen Bedrängnisse Herr werden wird, unter denen es jetzt noch zu leiden hat.



Das Kurhaus in Aachen.

Wirtschaftlicher Niedergang des Gemeinwesens müßte sich auf die Dauer auch auf das Leben der Technischen Hochschule übertragen, die Aachen seit nunmehr fast 60 Jahren in seinen Mauern beherbergt, und deren kulturelle Bedeutung weit über die Grenzen der nur fachwissenschaftlichen Durchbildung des technischen Nachwuchses hinausgreift. Mit einer Verkümmerung oder gar dem Absterben des Hochschullebens wäre dem gesamten geistigen und wirtschaftlichen Leben der Stadt ein Schlag versetzt, dessen Schwere der Bürger vorahnend zu fühlen vermag, und gegen den er sich deshalb schon im voraus schärfstens zur Wehr setzt, — das bewies vor kurzem noch der einmütige Einspruch aller Kreise gegen die drohende und immer noch nicht ganz beseitigte Gefahr der Unterhöhlung unserer Hochschulbelange durch den Ausbau der Universität Münster nach der ingenieurwissenschaftlichen Seite hin. Der Aachener Bürger fühlt und weiß, daß die Technische Hochschule für die Stadt auf Vorposten einen Wall deutscher Wissenschaft und deutschen Wesens bedeutet. Für sie, wie für das Bad und die Industrie, gilt die Forderung, die einmal aus berufenem Munde erhoben wurde: „Das Aachener Gebiet ist ein großer Schützengraben für das Deutschtum. Man muß verlangen, daß unter Aufbietung aller Kräfte und unter Opfern, die über den allgemeinen Rahmen hinausgehen und die das deutsche Volk tragen muß, die Not in diesem Grenzbezirk gelindert und es ihm ermöglicht wird, im Wirtschaftskampf zu bestehen, damit die früher blühenden und infolgedessen kulturell auch hochstehenden Gebiete nicht zurückgedrängt werden." — Tagungen, wie die des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, darf man wohl als Zeichen deuten und würdigen, daß die dieser Forderung zugrunde liegende Erkenntnis Gemeingut des deutschen Volkes zu werden beginnt. Dankbaren Herzens begrüßen wir den Verband darum mit einem kräftigen:



Die Technische Hochschule Aachen

Willkommen in Aachen!



Der Weltfernsprechverkehr*.

Entwicklung und Bedeutung für Wirtschaft und Kultur.

Von **P. Craemer**, Bückeburg.

Meine sehr verehrten Damen und Herren, die Sie hier in Aachen, zugleich aber auch im Haag, in Wien und in Budapest versammelt sind, um mit uns zusammen den Tag der Elektrotechnik zu begehen:

Es ist ein eigenes Gefühl für den Redner, vor seinem geistigen Auge die Wände dieses Saales fallen zu sehen und über weite Entfernungen hinweg zu Fachgenossen sprechen zu dürfen, die nicht nur zuhören, wie bei Rundfunkdarbietungen, sondern auch an unseren Beratungen tätigen Anteil nehmen können; gleichsam als ob wir alle in einem einzigen großen Saal versammelt wären, dessen unermeßliche Tribüne die Rundfunkhörer Deutschlands, ja Europas, bilden, denen meine Worte durch das vor mir stehende Mikrophon ebenfalls vermittelt werden. Nichts würde uns hindern, den Kreis der Versammlungsteilnehmer mit den bekannten technischen Mitteln auch auf die anderen Kontinente zu erweitern und die Rundfunkempfänger der ganzen Welt in den Hörerkreis einzubeziehen.

Noch vor wenigen Jahren hätte man jeden als einen Utopisten belächelt, der sich erkühnt hätte, solche Möglichkeiten ernsthaft zu erörtern.

Kann es einen augenfälligeren Beweis geben für die erstaunlichen Fortschritte des Fernsprechwesens in der Zeit nach dem Weltkriege?

Diesen Erfolgen — so darf man ohne Überhebung sagen — ist in der Gegenwart auf keinem Gebiet technischen Schaffens Gleichwertiges an die Seite zu stellen. Sie geben uns Anlaß, rückwärts und vorwärts einen Blick auf die Entwicklung zu werfen, um uns über die Bedeutung dieser Errungenschaften für Wirtschaft und Kultur klar zu werden.

Der Krieg ist der Vater aller Dinge, sagt ein Philosoph des Altertums, und mit Recht. So sehr wir alle, wir Deutsche zumal, unter dem Weltkrieg gelitten haben und unter seinen Folgen noch leiden, jeder Techniker weiß, welche Fortschritte wir ihm auf allen Gebieten zu verdanken haben, Fortschritte, die nun dem friedlichen Schaffen zugute kommen. Die Nachrichtentechnik, insbesondere die Fernsprechtechnik, steht dabei mit an erster Stelle.

Um die Entwicklung des Fernsprechwesens zu verstehen, ist es notwendig, zunächst einen kurzen Blick auf die Wandlungen zu werfen, die sich auf dem Gebiet des Schnellnachrichtenverkehrs überhaupt in jüngster Zeit vollzogen haben oder in naher Zukunft zu erwarten sind. Diese Wandlungen nötigen uns, die alten überkommenen Begriffe über die Bedeutung der einzelnen Mittel des Schnellverkehrs zu überprüfen, damit wir beurteilen können, welche Aufgabe die verschiedenen Formen des Schnellverkehrs zu erfüllen haben.

Die größte Umwälzung hat der Funk herbeigeführt. Nicht dadurch, daß er die Drähte entbehrlich macht, sondern dadurch, daß er den Verkehr mit beweglichen Stationen ermöglicht und eine besondere Art von Nachrichten, „die Streunachrichten", an viele Empfänger gleichzeitig geschaffen hat, die früher als Einzelnachrichten über den Drahttelegraphen liefen. Derartige Streunachrichten sind heute durch den Funk so gang und gäbe geworden, daß ohne sie beispielsweise ein Zeitungsnachrichtendienst gar nicht mehr denkbar wäre. Dabei ist die Art des Übermittelns, ob durch telegraphische Zeichen oder durch das gesprochene Wort, nicht sowohl eine Frage der Technik als der Organisation und der Wirtschaftlichkeit. Wer hätte früher Nachrichten an alle, d. h. an jeden auf dem weiten Erdenrund, der hören will, für möglich gehalten? Das augenfälligste Beispiel dieser Umwälzung ist der Rundfunk, dessen Bedeutung, wenn man einen Vergleich sucht, am besten noch mit der Einführung der Buchdruckerkunst in Parallele zu stellen ist. Der Funk greift an vielen Stellen in die bisherige Domäne des Drahttelegraphen und Drahtfernsprechers ein. In enger Verbindung mit dem Funk steht die Bildtelegraphie, mit deren Hilfe Bilder und Dokumente aller Art in Sekundenschnelle in getreuer Wiedergabe des Originals übermittelt werden.

Die letzte oder, vorsichtiger ausgedrückt, die nächste Etappe des stofflosen Weit- und Weltverkehrs wird das Fernsehen sein, ein Traum aller Zeiten, für dessen Verwirklichung die technischen Mittel bereits zur Verfügung stehen. Es bedarf nur noch des glücklichen Griffs eines Erfinders, um aus der Menge der Möglichkeiten die geeignetste herauszufinden, und der zähen Arbeit der Techniker, um einen Gegenstand des allgemeinen Gebrauchs daraus zu machen. Kein Zweifel, daß das gelingen wird. Doch das Feld ist weit, und es werden wohl Jahre vergehen, ehe sich die Wirkungen des Fernsehens im Weltnachrichtenverkehr fühlbar machen werden.

Aber nicht nur die stofflosen Mittel des Schnellnachrichtenverkehrs gehören in den Kreis dieser Betrachtungen.

Wenn wir uns vergegenwärtigen, daß ein erdgebundener Kraftwagen als Einzelgefährt mehrere hundert Kilometer Stundengeschwindigkeit erreicht und daß ein Flugzeug in wenigen Stunden von Berlin nach Wien gelangt, so ist der Bereich, in dem noch mit Nutzen vom Telegraphen Gebrauch gemacht werden kann, schon wesentlich eingeschränkt. Wenn es aber gar möglich sein wird, mit der Rakete bei einer Anfangsgeschwindigkeit von 4000 m/s mit zwei Zentnern Nutzlast in 1½ h den atlantischen Ozean zu überqueren, so werden die transatlantischen Kabelgesellschaften sich nach anderen Aufgaben umsehen müssen. Dann wird es viel einfacher sein, Nachrichten in stofflicher Form, also als Schnellbrief, über weite Entfernungen zu schleudern, als Buchstaben und Bilder in Ätherschwingungen mit oder ohne Draht umzuwandeln und aus solchen am Empfangsort wieder zu entwickeln.

Die neuen Mittel lassen aber auch neue Bedürfnisse entstehen und beleben den Verkehr als Ganzes in einer Weise, daß dadurch die unvermeidlichen Verluste mehr als wettgemacht werden. Nur bedarf es selbstverständlich aufmerksamer Beobachtung, damit die nötigen Umstellungen rechtzeitig erfolgen und überalterte Einrichtungen aufgegeben werden.

Das Ergebnis dieser Betrachtungen ist, daß der Schnellnachrichtenverkehr, je nach dem Stande der Technik auf den verschiedenen Gebieten, nicht mehr ausschließlich an die elektrische Übermittlung gebunden ist, sondern sich in Zukunft mit großem Erfolg auch stofflicher Mittel wird bedienen können. Denn: die Raketengeschwindigkeit von 4000 m/s ist zwar viel geringer als die 300 000 km/s des elektrischen Funkens in der gleichen Zeiteinheit, aber trotzdem ausreichend für viele Zwecke, wenn man bedenkt, daß mit dem stofflichen Mittel gleichzeitig große Mengen befördert werden können, die auf der elektrischen Welle nur nacheinander zum Ziel gelangen.

Dies alles bezieht sich auf den Schnellverkehr, soweit er die Aufgabe hat, eine wie immer geformte Einzelnachricht als Telegramm, als Bild, als Fernspruch, als Schnellbrief so schleunig wie möglich dem bestimmten Empfänger zuzuführen.

Ganz anders der Fernsprecher im Gegenseitigkeitsverkehr.

Sein Wesen beruht darauf, daß er getrennt von einander wohnende Menschen auf die Reichweite des gesprochenen Wortes zueinander bringt und einen unmittelbaren persönlichen Gedankenaustausch ermöglicht. In dieser Eigenschaft kann er durch keins der anderen Schnellnachrichtenmittel ersetzt werden, solange die Laute der menschlichen Sprache das unersetzliche Ausdrucksmittel unserer Gedanken und Gefühle sind. Dieser unmittelbaren sinnlichen Wirkung ist es zuzuschreiben, daß der Fernsprecher allen anderen Formen des Nachrichtenverkehrs überlegen ist, daß er von den eben erörterten Wandlungen unberührt bleibt und daß in ihm,

* Vortrag der XXXIV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Aachen.



nachdem es der Technik gelungen ist, auch die weitesten Entfernungen zu überbrücken, unbegrenzte Entwicklungsmöglichkeiten gegeben sind.

Vor gut 50 Jahren trat der Fernsprecher auf den Plan. Angestaunt als ein Wunder, konnte er doch anfänglich nur langsam Boden gewinnen. Es mutet uns eigentümlich an, daß es Ende der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts Schwierigkeiten machte, in Berlin die Einrichtung eines Ortsfernsprechnetzes mit noch nicht hundert Teilnehmern zustande zu bringen. Das wurde bald anders. Die Zahl der Netze wuchs mit zunehmender Schnelligkeit, und die Anschlußdichte in jedem Netz nahm in immer mehr steigendem Maße zu. Heute beträgt die Gesamtzahl der Fernsprechstellen auf der bewohnten Erde schätzungsweise 33 Mill; davon entfallen auf die Vereinigten Staaten von Amerika allein 20 Mill bei 153 Sprechstellen auf 1000 Einwohner. Demgegenüber beträgt die Anzahl der Fernsprechstellen in Deutschland rd. 3 Mill bei 42 auf 1000 Einwohner. Europa zusammengefaßt weist rd. 9 Mill Sprechstellen auf, was einer Zahl von 16 auf 1000 Einwohner entspricht. Die Vereinigten Staaten verfügen über mehr als 60 % der Fernsprechanschlüsse der ganzen Welt. Der Anteil Europas beträgt 27,5 %. Asiens Anteil beläuft sich auf nur 3,2 %, derjenige Ozeaniens auf 2,1 % und derjenige Afrikas gar nur auf 0,6 %.

Diese über alle Kulturländer der Erde in größerer oder geringerer Dichte verteilten Einzelstellen sind im Weltfernsprechnetz zu einer stets arbeitsbereiten Verkehrsmaschine verbunden, die jeder Angeschlossene nach Belieben für sich in Betrieb setzen kann. Dieses Netz ist zwar ein technisches Gebilde, aber es folgt den Gesetzen organischen Wachstums. Das heißt: jede neue Befruchtung an irgendeiner Stelle kommt dem Ganzen zugute und jede Verkümmerung eines Teiles macht sich im übrigen Organismus bemerkbar.

Lassen wir die Hauptabschnitte der Entwicklung in einem kurzen Überblick an uns vorüberziehen. Nachdem im ersten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts durch die Pupinsche Erfindung die Herstellung von Fernsprechkabeln für den Weitverkehr möglich und wirtschaftlich geworden war, und nachdem während des Weltkrieges durch die Einführung der Verstärkerröhre als eines idealen Fernsprechrelais die Entfernungsschranken gefallen waren, setzte der Fortschritt mit unwiderstehlicher Kraft ein. Zuerst in der neuen Welt, die von den unmittelbaren Schrecknissen des Krieges unberührt blieb und deshalb schneller als wir in Europa den neuen technischen Erkenntnissen folgen konnte. Das Jahr 1915 brachte die Eröffnung der fast 5000 km langen Überlandlinie von New York nach San Franzisko. In rascher Zeitfolge wurden die Vereinigten Staaten mit einem dichten Netz von Fernkabeln und oberirdischen Verstärkerleitungen überzogen. Heute ist das ganze weite Gebiet der Amerikanischen Union dem Fernsprechverkehr erschlossen und der Fernsprecher im Orts-, Nah- und Fernverkehr bei der ganzen Bevölkerung ein Werkzeug des täglichen Gebrauchs geworden.

Diese Ausbreitung machte aber an den Grenzen der Vereinigten Staaten nicht halt. Bald wurde auch Canada in den Verkehr mit einbezogen, ebenso Cuba und neuerdings auch Mexiko, so daß jetzt ganz Nordamerika ein geschlossenes Fernsprechnetz mit unbeschränktem Verkehr zwischen allen seinen Teilen bildet, soweit es sich nicht um ganz abseits vom Verkehr gelegene Gebiete handelt.

Die Entwicklung in Südamerika vollzieht sich erklärlicherweise in einem viel langsameren Schrittmaß. Das Verkehrsbedürfnis beschränkt sich vorläufig in der Hauptsache auf die Küstenstriche mit den Hafenplätzen. Die Anzahl der Fernsprechanschlüsse auf der südamerikanischen Kontinentshälfte beträgt gegenwärtig noch nicht ganz eine halbe Million. Sie ist aber mit der fortschreitenden kulturellen Entwicklung der einzelnen Länder in stetem Steigen begriffen und wird in erhöhtem Maße zunehmen, wenn die jüngst angebahnte Eingliederung Südamerikas in das Weltnetz erst wirksam geworden sein wird; darauf werde ich im weiteren Verlauf meiner Ausführungen noch zurückkommen.

Das zweite große zusammenhängende Fernsprechmassiv der Erde ist das europäische. Noch während des Weltkrieges setzte auch hier der Fortschritt ein. Die Heere auf beiden Fronten schufen sich Fernsprechverbindungen über Entfernungen von Tausenden von Kilometern, um die weit voneinander eingesetzten Truppen zusammenhalten zu können. Nach dem Weltkriege galt es, die heruntergewirtschafteten Fernsprechanlagen der einzelnen Länder wieder aufzubauen oder, richtiger, wieder erstehen zu lassen in denjenigen Formen, die der neuen technischen Entwicklung angepaßt waren. Mit dem Blick auf die Vereinigten Staaten bemühte man sich in Europa so schnell wie möglich das nachzuholen, was während des Krieges notgedrungen hatte versäumt werden müssen. In England und auf dem europäischen Festland begann ein planmäßiger Ausbau der Fernsprechnetze für den Weitverkehr. In den dicht bevölkerten und wirtschaftlich entwickelten Ländern wurden die unzulänglichen Freileitungen durch vieladerige und aufnahmefähige Fernkabelanlagen mit Verstärkereinrichtungen ersetzt und bei allen Planungen und Bauausführungen von vornherein auf den Zusammenschluß der Länder zu einem alleuropäischen Fernsprechnetz Rücksicht genommen.

An dieser Stelle dürfen die Verdienste nicht unerwähnt bleiben, die der unter der Abkürzung CCI bekannte Internationale Ausschuß für den Fernsprechweitverkehr, dessen diesjährige Tagung gerade vor einem Monat in Berlin stattfand, sich um den europäischen Fernsprechverkehr erworben hat.

In der neuen Welt war die Lösung der Aufgabe — auch abgesehen von der Unberührtheit durch den Weltkrieg — vergleichsweise einfach. Ein weites Gebiet unter einheitlicher Verwaltung, ein großer Stab von Technikern, unbegrenzte Geldmittel, hochentwickelte Versuchsanstalten und Werkstätten — alles Umstände, die, nachdem einmal die grundlegenden Erfindungen gemacht waren, die Ausführung wesentlich erleichterten. Auch die an die Vereinigten Staaten angrenzenden Länder ließen sich bei den bestehenden engen wirtschaftlichen und sonstigen Zusammenhängen ohne Schwierigkeit an das Staatennetz anschließen. Ganz anders in Europa. Viele einzelne Staaten mit selbständigen Nachrichtennetzen in einem sehr voneinander abweichenden Entwicklungsstand. Zwar in einzelnen Ländern eine hochentwickelte Technik, die den Vergleich mit der amerikanischen nicht zu scheuen brauchte und auch nicht gescheut hat. Aber Mangel an Einheitlichkeit auch auf diesem Gebiet, gegenseitiges Mißtrauen zwischen den Völkern als Kriegsrückstand und vor allem Mangel an Geld, um die notwendigen Versuchsanstalten und Fabrikationsstätten zu schaffen und die Pläne durchzuführen. Es ist nicht zu verwundern, daß damals von amerikanischer Seite der Gedanke auftauchte, den gesamten internationalen Fernsprechverkehr in Europa in der Hand einer übernationalen Gesellschaft zusammenzufassen. Der Plan fand bei den europäischen Fernsprechverwaltungen, die ja überwiegend staatlich sind, keinen Anklang, weil kein Land geneigt war, seine Selbständigkeit auf diesem Gebiet aufzugeben, und weil die europäischen Fachleute sich nicht vorstellen konnten, wie es möglich sein sollte, eine Trennung zwischen dem innerstaatlichen und dem zwischenstaatlichen Fernsprechverkehr eines Landes herbeizuführen. Das von den Befürwortern der überstaatlichen Vereinigung oft angeführte Beispiel der internationalen Schlafwagengesellschaft erschien ihnen nicht überzeugend. Anderseits war es aber auch unmöglich, jedes Land für sich vorgehen und es darauf ankommen zu lassen, wie nachher die einzelnen Teile der großen Verkehrsmaschine aufeinander eingespielt werden konnten.

Diese Schwierigkeiten sind durch das CCI in vorbildlicher Weise beseitigt worden. Sein Erfolg ist als ein Ruhmesblatt der gesamten Elektrotechnik zu bezeichnen. Mögen die Politiker mit Recht oder Unrecht eifersüchtig darüber wachen, daß sie für ihr Land möglichst viel Vorteile herausschlagen; im technischen Wettbewerb entscheidet nicht der Anspruch, sondern die Leistung. Sachliche Zusammenarbeit ist die Grundlage des Erfolges für das CCI. Ich glaube auch im Auslande nicht mißverstanden zu werden, wenn ich hier ausspreche, daß wir Deutsche in diesem Wettbewerb nicht schlecht abgeschnitten haben. Unsere zentrale Lage in Europa zwingt uns auf diesem Gebiet zu besonderen Anstrengungen. Ihnen gerecht zu werden, ist weniger ein Verdienst als eine Pflicht gegenüber der Allgemeinheit.

Dem CCI ist es gelungen, einheitliche Regeln für den Bau und den Betrieb des europäischen Fernsprechnetzes zu schaffen und mit der fortschreitenden Entwicklung auf dem laufenden zu halten. Dank dieser seiner Tätigkeit verfügt Europa heute über ein zusammenhängendes und in allen seinen Teilen auf einander eingespieltes Fernsprechnetz, das sich vom Nordkap bis zur afrikanischen Küste und von Irland bis zum Balkan erstreckt. Bald wird auch die Union der Sowjet-Republiken in den Verkehr einbezogen und damit der Weg nach Asien über Sibirien eröffnet werden. Man kann damit rechnen, daß die im Bau begriffenen sibirischen Linien

innerhalb des nächsten Jahrfünftes bis zu den Küsten des Stillen Ozeans vorstoßen werden. Eine zweite Verbindung von Europa nach Asien ist ebenfalls in Vorbereitung. Sie nimmt den Weg über den Balkan und Bosporus nach der asiatischen Türkei und den anschließenden Ländern bis nach Vorderindien. So wird allmählich das asiatische Festland dem europäischen Fernsprechmassiv angegliedert werden. Dasselbe gilt von der nordafrikanischen Küste, die von den gegenüberliegenden europäischen Ländern aus mit vergleichsweise kurzen Seekabeln erreichbar ist.

Außer den beiden Hauptfernsprechmassiven Nordamerika und Europa nebst Sibirien, Vorderasien und Nordafrika kommen, abgesehen von den bereits erwähnten südamerikanischen Küstenzonen, für den Zusammenschluß zum Weltnetz als Gebiete mit schon entwickeltem Fernsprechwesen noch Japan, Südafrika und Ozeanien in Betracht.

Die Anzahl der Fernsprechanschlüsse in Japan beträgt etwa 700 000; fast ein Viertel davon entfällt auf die Hauptstadt Tokyo. Japan hat schon Fernkabellinien von beachtlicher Ausdehnung und ist eifrig bemüht, auch auf diesem Gebiet sich alle technischen Fortschritte zu eigen zu machen.

Die südafrikanische Union weist etwa 100 000 Fernsprechanschlüsse auf. Auch hier ist ein stetiges Wachstum zu verzeichnen. Sehr gut bestellt ist es um die Entwicklung des Fernsprechwesens auf dem australischen Festland und auf Neuseeland. Das Festland zählt etwa 450 000 Sprechstellen. Davon entfallen auf Melbourne fast 90 000 und auf Sydney 100 000. Auch Neuseeland braucht den Vergleich mit anderen Gebieten nicht zu scheuen; kommt doch dort auf je 10 Einwohner ein Fernsprechanschluß — bei uns in Deutschland erst auf etwa 20 bis 25. Die Gesamtzahl der Anschlüsse Neuseelands beläuft sich auf 150 000.

Damit habe ich Ihnen die wichtigsten Teile genannt, aus denen das Weltfernsprechnetz sich aufzubauen hat. Wie kommt nun dieser Aufbau zustande? Fragen wir uns zunächst einmal, ob technisch der Zusammenschluß aller Länder zu einem das ganze Erdenrund umfassenden Fernsprechnetz möglich ist, d. h. ob jeder Punkt des Erdenrunds mit jedem anderen verbunden werden kann. Diese Frage ist zu bejahen, vorausgesetzt, daß überall die richtigen Mittel, seien es Land- oder Seekabel, Freileitungen oder Funkverbindungen, angewendet werden. Ich brauche nur darauf hinzuweisen, daß schon Sprechverbindungen über 22 000 km mit Erfolg durchgeführt worden sind. Ein solches Gespräch verband Stockholm mit New York, wobei die Verbindung, um die Länge zu vergrößern, in verschiedenen Schleifen hin und her über den amerikanischen Kontinent geführt war. Im ganzen waren dabei 11 000 km Kabel, 6000 km Freileitung und 5000 km Funkstrecke zusammengeschaltet. Die Verständigung war so gut, daß sich die Sprechenden an der Stimme erkennen konnten.

Bei einem zweiten Gespräch, das sich sogar über 23 000 km erstreckte, war eine Verbindung zwischen Buenos Aires und Bandoeng auf Java auf dem Wege über Europa hergestellt. Die Funksprechverbindungen Buenos-Aires—Berlin und Bandoeng—Haag waren durch eine Fernkabelleitung Haag—Berlin aneinandergekettet. Auch bei diesem Gespräch wurde auf den ersten Anhieb eine befriedigende Verständigung erzielt.

Da der halbe Erdumfang am größten Kreise, d. h. am Äquator gemessen, 20 000 km beträgt, ist so der Nachweis erbracht, daß ein Sprechverkehr auf jede Entfernung, die auf unserem Planeten vorkommt, möglich ist.

Für die beiden Hauptfernsprechmassive Nordamerika und Europa nebst den beiderseits angegliederten Gebieten ist der Zusammenschluß durch die Funksprechverbindung London—New York bereits vollzogen. Diese besteht seit Januar 1927. Die Entfernung beträgt rd. 5000 km. Die Inanspruchnahme dieser Verbindung ist allerdings wider Erwarten gering. Sie betrug im ersten Betriebsjahr täglich durchschnittlich nur 6,5 Gespräche; im zweiten Betriebsjahr ist sie auf 28 gestiegen. Diese mäßige Belastung mag zum Teil auf die hohen Gebühren zurückzuführen sein. Auch das durch den Zeitunterschied herbeigeführte Zusammendrängen des Verkehrs auf wenige Stunden hemmt die Entwicklung. Es sprechen aber auch noch andere Gründe mit. Für einen lebhaften Verkehr würde die eine Verbindung bei weitem nicht ausreichen. Nun ist es eine alte Erfahrung, daß bei einem wenig aufnahmefähigen Verkehrsmittel die Benutzung in den Anfängen steckenbleibt besonders wenn noch mancherlei Unzulänglichkeiten dieses neuartigen Funkverkehrs, wie die Gefahr des Mithörens durch Unbefugte und atmosphärische Störungen, namentlich im Sommer, in den Kauf genommen werden müssen. Trotz dieses anfänglichen Stockens darf man die Entwicklung mit günstigen Augen ansehen. Schon steht ein zweiter Funkweg als Reserve zur Verfügung, zwei weitere sollen bald hinzukommen, so daß dann vier Gespräche gleichzeitig möglich sein werden. Aber damit nicht genug. In neuester Zeit beschäftigt man sich ernsthaft mit dem Plan eines transatlantischen Fernsprechkabels. Ich erwähne die grundlegenden Untersuchungen von Prof. K. W. Wagner in Berlin in Verbindung mit der Firma Felten & Guilleaume in Köln, die dargetan haben, daß ein solches Transozeankabel technisch und wirtschaftlich möglich ist. Auch wissen wir, daß zwischen der großen Fernsprechgesellschaft in den Vereinigten Staaten und dem englischen General Post Office bereits Verhandlungen über die Ausführung einer Kabelverbindung London—New York eingeleitet sind. Wir können überzeugt sein, daß die Verwirklichung nicht lange auf sich warten lassen wird. Diese Kabelverbindung wird dem Sprechverkehr zwischen Europa und Amerika neue Entwicklungsmöglichkeiten bieten und zusammen mit den transatlantischen Funksprechwegen das Rückgrat des Weltfernsprechverkehrs bilden, da durch sie fast 90 % aller Sprechstellen der Erde zu einem einheitlichen Netz zusammengeschlossen werden.

Die zweite bereits bestehende Stammlinie des Weltfernsprechverkehrs sind die Funkverbindungen zwischen Europa und Südamerika. Der erste Weg von Nauen, d. h. von Berlin nach Buenos Aires ist nach einem längeren Versuchsverkehr im Dezember 1928 für die Allgemeinheit eröffnet worden. Ein anderer Funkweg führt von Brüssel und ein weiterer von Paris nach Buenos Aires. Auch für die Verbindung zwischen Europa und Südamerika ist schon der Plan eines Fernsprechkabels, und zwar von Cadiz über die Capverdischen Inseln nach Rio de Janeiro erörtert worden. Die technischen Verhältnisse für eine Kabelanlage von Europa nach Südamerika sind ebenso günstig wie für eine solche nach den Vereinigten Staaten. Auch in wirtschaftlicher Hinsicht bestehen keine unüberwindlichen Schwierigkeiten, wenn man bedenkt, daß ein transatlantisches Fernsprechkabel nach den Ausführungen von Prof. Wagner außer dem Sprechstromkreis gleichzeitig 10 Telegraphierwege zur Verfügung stellen würde, von denen jeder einzelne so viel leistet wie eines der älteren Telegraphenkabel.

Die dritte unlängst eröffnete Stammlinie des Weltfernsprechverkehrs ist die Funkverbindung zwischen Holland und der Insel Java. Sie besteht seit Januar dieses Jahres und erfreut sich einer ziemlich regen Benutzung.

Die günstigen Erfolge mit den vorgenannten Funkverbindungen haben eine große Anzahl weiterer Pläne gezeitigt, die teilweise schon verwirklicht sind oder bald werden verwirklicht werden. So ist England im Begriff, sich Funksprechverbindungen nach den Hauptgebieten seines Kolonialreiches zu schaffen — abgesehen von Kanada, mit dem es ja schon in Sprechverkehr steht, also nach Britisch-Indien, nach der Südafrikanischen Union und nach Australien. Diese Linien stehen unmittelbar vor der Eröffnung. Frankreich hat einen einstweilen einseitigen Funksprechverkehr nach Indochina, und zwar von Paris nach Saigon, eingerichtet. Sobald die Sendestation in Saigon betriebsfertig sein wird, kann der Gegenseitigkeitsverkehr stattfinden.

Von Deutschland aus sind erfolgreiche Sprechversuche mit Siam und mit Australien durchgeführt worden, denen hoffentlich ein regelmäßiger Verkehr bald folgen wird. Sprechversuche zwischen Deutschland und Südafrika sowie zwischen Deutschland und Japan sind ebenfalls eingeleitet. Von den Vereinigten Staaten sind Funksprechverbindungen nach Argentinien sowie nach Japan und Australien geplant. Der Zeitpunkt der Eröffnung aller dieser Funklinien hängt lediglich von der Bereitstellung der Sender und von der Abschließung der Betriebs- und Tarifvereinbarungen zwischen den beteiligten Ländern ab.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß mit dem Beginn des neuen Jahrzehntes ein reich gegliedertes Funknetz die Lücken im Weltnetz geschlossen haben wird, die mit den Mitteln des Drahtverkehrs auf Freileitungen oder Kabeln nicht oder noch nicht zu überbrücken waren.

Damit ist der Zusammenschluß aller Kontinente zu einem Weltfernsprechnetz verwirklicht (Abb. 1). Gewiß werden noch manche Schwierigkeiten, hauptsächlich finanzieller und organisatorischer Art, zu überwinden sein, ehe der Weltfernsprechverkehr mit der selbstverständlichen Regelmäßigkeit und Sicherheit vor sich gehen wird, wie wir es am Überlandfernsprechverkehr in Europa und Amerika gewohnt sind. Meine Zeit ist zu knapp, um auf die Einzelprobleme, die mit dem jetzt beginnenden Weltfernsprechverkehr zusammenhängen, näher einzugehen. Es sei nur an die Aufgabe erinnert, die vielfach verzettelten

Planungen zu einer rationellen Ausnutzung zu vereinigen. Es sei hingewiesen auf die durch die Zeitunterschiede in ostwestlicher Richtung hervorgerufenen Schwierigkeiten. Es sei die in ihrer Bedeutung für den Weltfernsprechverkehr allerdings meist überschätzte Sprachverschiedenheit erwähnt. Alle diese Hindernisse werden überwunden werden.

Damit schließe ich meinen gedrängten Überblick über die Entwicklung des Weltfernsprechverkehrs. Die volle Bedeutung dieses Verkehrswerkes wird uns, weil es so schnell geschaffen worden ist und seine Möglichkeiten infolgedessen noch nicht ausgeschöpft werden, erst nach und nach zum Bewußtsein kommen.

Aber nicht die technische Leistung ist das wesentliche an diesen Errungenschaften, sondern ihr Wert für Wirtschaft und Kultur der Völker des Erdkreises. Der Weltkrieg mit seinen Folgen hat sie alle, Sieger und Besiegte, auf das schwerste erschüttert. Das im Golde schwimmende Nordamerika, das das Midasschicksal erlebt, ist davon nicht ausgenommen. Sie haben im guten und bösen einander viel besser kennen gelernt, als es im Frieden je möglich gewesen wäre. Der Weltkrieg hat ihnen die Überzeugung beigebracht, daß sie, mögen sie wollen oder nicht, auf Gedeih und Verderb miteinander verbunden sind, und daß es unser aller Aufgabe ist, die richtige Form für eine Gemeinschaftsarbeit zu finden, bei der es jedem Volk möglich ist, sein Eigenleben zu wahren und doch als ein tätiges Glied dem Ganzen zu nützen.

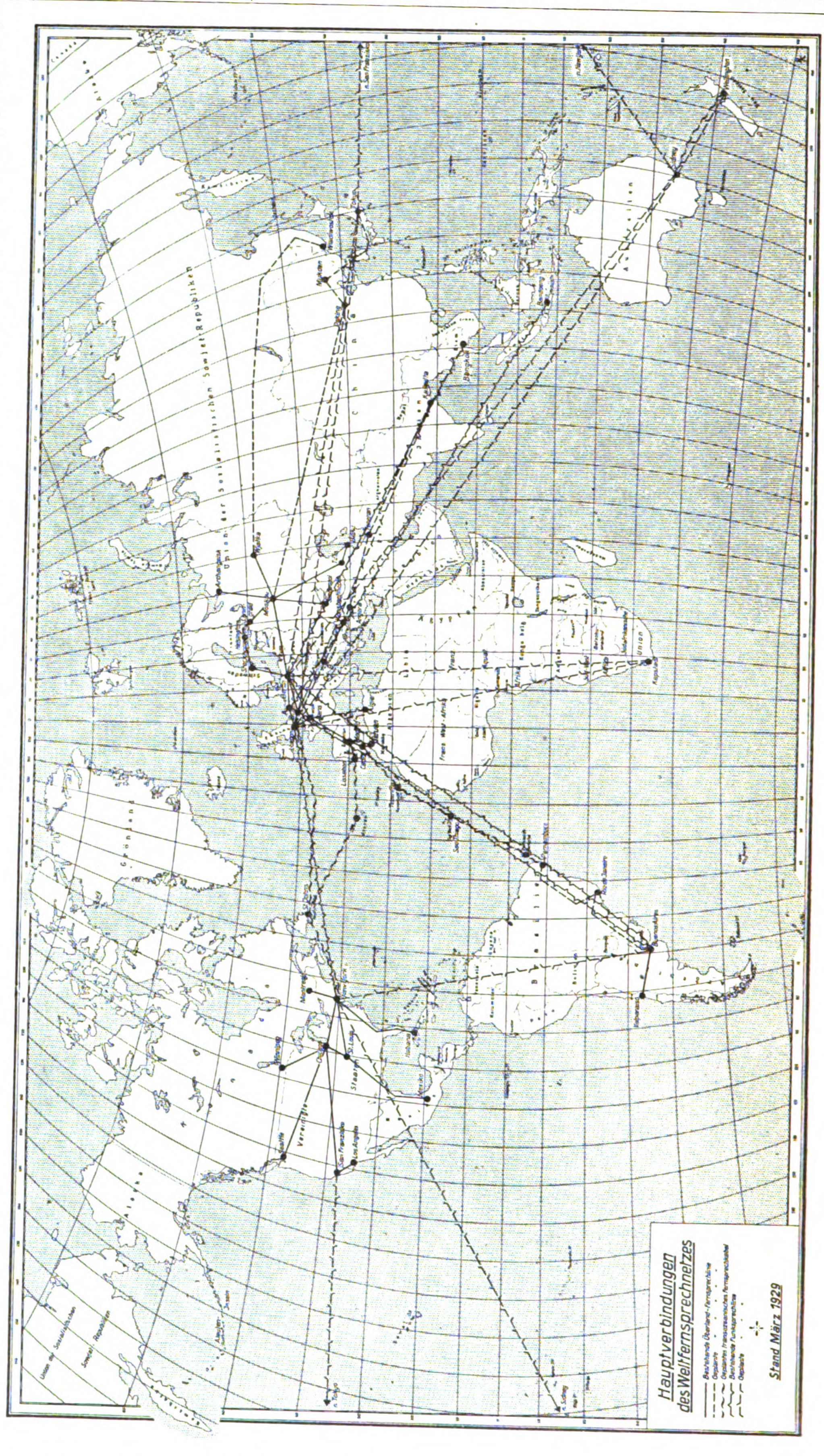


Abb. 1. Hauptverbindungen des Weltfernsprechnetzes.

Viele Kräfte auf allen Gebieten des politischen, wirtschaftlichen und geistigen Lebens bemühen sich in dieser Richtung. Außer den durch die wirtschaftliche Verknüpfung gebotenen geschäftlichen Zusammenschlüssen bilden sich Gesellschaften, Vereinigungen und Bünde aller Art, die die Gemeinschaftsarbeit auf ihre Fahne geschrieben haben. Der Völkerbund mit allen seinen Einrichtungen ist ebenfalls nur ein Ausdruck dieses Zielwillens. Die geplante Weltbank bezweckt Ähnliches auf finanziellem Gebiet.

Für die erfolgreiche Arbeit aller dieser Verbände in ihrer Vielgestaltigkeit und Buntheit ist aber das Vor-

handensein eines zum mündlichen Gedankenaustausch geeigneten Weltverkehrsnetzes eine unerläßliche Voraussetzung fruchtbringender Arbeit. Gewiß ist die persönliche Fühlungnahme in größerem und kleinerem Kreise unentbehrlich. Aber diese erfordert soviel Mühe und Zeit, daß sie sich für den einzelnen nicht häufen darf, wenn er seinem eigentlichen Wirkungskreise, aus dem er für die Gemeinschaftsarbeit Kraft schöpfen muß und dem er mit ihr zu nützen hat, nicht entfremdet werden soll. Gerade die führenden Köpfe auf allen Gebieten politischen, wirtschaftlichen und geistigen Lebens empfinden dies am allermeisten. Briefe und Telegramme sind nur ein unzulängliches Mittel des Gedankenaustausches, weil sie oft unter einem Zwang stehen oder zu Mißverständnissen führen, die nur durch das gesprochene Wort in Rede und Gegenrede vermieden werden.

Aber nicht nur diesen Einzelgedankenaustausch ermöglicht ein gut durchgebildetes Weltfernsprechnetz. Schon haben sich neue Formen der Benutzung angebahnt, bei denen eine Vielheit von Menschen an entfernten Orten miteinander in Verkehr tritt. Derartige Ferntagungen haben schon wiederholt stattgefunden. Ich erinnere an die Veranstaltungen des Elektrotechnischen Vereins im Jahre 1926 zwischen Berlin und Frankfurt a. O. sowie im Januar 1929 zwischen Berlin und Breslau. Auch über den Ozean hinweg ist bereits mit Erfolg eine Ferntagung durchgeführt worden. So schlossen sich im Februar 1928 die Institution of Electrical Engineers in London und das American Institute of Electrical Engineers in New York mit Hilfe der Funksprechverbindung London—New York zu einer gemeinsamen Sitzung zusammen. Ganz ähnlich war die Vorführung bei der Jubelfeier der Telefunkengesellschaft am 31. V. 1928 in den Krollschen Festsälen in Berlin. Jeder der 300 Teilnehmer hatte einen Fernhörer zur Hand, mit dem er die zwischen dem Festsaal und der gleichzeitig in Buenos Aires stattfindenden Versammlung gewechselten Reden mit anhören konnte. Auch in Australien hat in jüngster Zeit eine Ferntagung stattgefunden, indem zwei Versammlungen von Elektroingenieuren, die gleichzeitig in Sydney und Melbourne abgehalten wurden, durch eine Fernsprechverbindung mittels Trägerströmen in dauernder Verbindung standen.

Eins der bemerkenswertesten Beispiele dieser neuen Verkehrsform war wohl die Aufsichtsratsitzung der Deutschen Fernkabelgesellschaft im Dezember 1928. Die Mitglieder des Aufsichtsrates hatten sich in Bureauräumen in Berlin, Köln und München versammelt und erledigten eine umfangreiche Tagesordnung ohne jede Schwierigkeit genau in den gleichen Formen, wie wenn sie wie sonst in einem einzigen Raum vereinigt gewesen wären.

Unsere heutige Veranstaltung sollte ursprünglich auch auf die befreundeten Vereine in Zürich und Stockholm ausgedehnt werden. Leider hat sich dies nicht verwirklichen lassen, weil die Kollegen in diesen Ländern durch die Ferienzeit und durch eigene unverschiebbare Feiern verhindert waren. Aber auch in der Beschränkung auf die vier Versammlungsorte Aachen, Haag, Wien und Budapest ist sie das erste Beispiel eines Zusammenwirkens auf breiter internationaler Grundlage in der neuen Verkehrsform, noch erweitert durch die Einbeziehung einer großen Rundfunkhörerschar, die uns ihr Interesse entgegenbringt.

Derartige Ferntagungen zwischen wenigen Personen und zwischen mehr oder weniger umfangreichen Versammlungen werden bald alltäglich werden. Ich muß es Ihrer Phantasie überlassen, sich auszumalen, welche Förderung unseres wirtschaftlichen und welche Bereicherung unseres geistigen Lebens auf solche Weise herbeigeführt werden kann.

Für alle Völker, besonders für uns Deutsche, hat aber der Weltfernsprechverkehr noch eine besondere Bedeutung, auf die ich zum Schluß meiner Ausführungen noch kurz eingehen möchte. Kein Kulturvolk der Erde ist noch so seßhaft, daß es in seinen Sitzen und Grenzen bleibt. Jedes Volk ist darauf angewiesen, immer wieder wertvolle Kräfte vom heimatlichen Volkskern sich abspalten und in die Ferne ziehen zu lassen. Sie dem eigenen Volkstum zu erhalten und nicht im fremden Gastvolk aufgehen zu lassen, ist Pflicht des Stammvolkes. Das ganze Erdenrund ist übersät mit abgesprengten Familien- und Volksteilen. Was es da bedeutet, wenn ein Sprechverkehr möglich ist, bei dem die vertraute Stimme vom Mund zum Ohr geht und die Heimgebliebenen im unmittelbaren Gedankenaustausch an des Ausgewanderten Sorgen und Nöten, aber auch an seinen Freuden und Erfolgen teilnehmen können, bedarf keiner näheren Ausführung. Jedem, dem einmal über den weiten Ozean hinweg die vertraute Stimme ins Ohr geklungen ist, wird es ein unvergeßliches Erlebnis sein und er wird dem technischen Fortschritt danken, der ihm solches geschenkt hat. Diesen Gefühlswerten sind die wirtschaftlichen Werte eines über die ganze Welt möglichen Sprechverkehrs der Volksgenossen an die Seite zu stellen. Zusammen bewirken sie, daß die in ihrer Eigenart beruhenden Kräfte aller Völker erhalten bleiben und ihre Leistungen zum Wohl der ganzen Menschheit gesteigert werden.

Über die Bedeutung des Weltfernsprechverkehrs ließe sich noch vieles sagen. Ich habe mich, um Ihre Aufmerksamkeit nicht über Gebühr in Anspruch zu nehmen, auf wenige Beispiele beschränken müssen. Aber Sie werden daraus entnommen haben, daß es sich um ein Werk von höchster nicht nur wirtschaftlicher sondern auch ideeller Bedeutung handelt, an dem mitzuarbeiten den Elektrotechnikern aller Länder zur Freude und Ehre gereicht.

Der Zusammenschluß großer Netze im Lichte der Elektrizitätswirtschaft*.

Von Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. **Robert Frank,** Berlin.

Übersicht. **Die geschichtliche Entwicklung der Hochvoltnetze Deutschlands wird dargestellt, und es werden die Gründe und Bedingungen für die Fortsetzung dieser Entwicklung bis zum endgültigen Zusammenschluß dieser Netze für ganz Deutschland erörtert.**

Meine Herren, wir stehen heute vor der Tatsache, daß in ganz kurzer Zeit die Versorgungsgebiete der großen Elektrizitätswerke Deutschlands durch Hochspannungsleitungen zu einem gemeinsamen Netz zusammengeschlossen sein werden, zunächst zwar nur, um sich gegenseitig aushelfen und ausgleichen zu können, bis auch die letzten technischen Schwierigkeiten, die vorerst noch einem vollkommenen Gemeinschaftsbetrieb entgegenstehen, behoben sein werden. Es ist daher angebracht, einen kurzen geschichtlichen Rückblick auf die Entstehung dieser Netze zu werfen. Meinen Betrachtungen habe ich den Zustand in den Jahren 1910, 1920 und 1929 zugrunde gelegt und will Ihnen denselben an Hand einiger Bilder vor Augen führen. Von den in Frage kommenden Spannungen kann ich mich auf die Spannungen von 40, 60, 100 und 220 bzw. 380 kV beschränken, da diese für unsere Betrachtungen nur in Frage kommen.

Wenn man die Statistik der Elektrizitätswerke in Deutschland für 1910 durchblättert, so findet man als damals vorhandene größte Spannungen folgende:

Zahlentafel 1.

Werk	Spannung kV
1. Allgäuer El.-Ges. m. b. H., Lindenberg i. Schwaben-Neuburg	25
2. Kraftübertragungswerke, Rheinfelden	25
3. Siemens Elektrische Betriebs A.-G., Lübeck	30
4. Niederschles. E.- u. Kleinbahn A.-G., Waldenburg/Schles.	30
5. Sächs. Elektr.-Lieferungsgesellschaft, Obererzgebirge	30
6. Ruhrtalsperrengesellschaft, Aachen	34
7. Bayerische Überlandzentrale A.-G., Haldhof i. Oberpfalz	35
8. Überlandzentrale A.-G., Belgard	43*
9. Georg v. Giesches Erben, Janow	50**

* In Ausführung begriffen.
** Nur für eigenen Betrieb.

Mit der Eröffnung der Leitung von Lauchhammer nach Riesa am 24. I. 1912, der ersten 100 kV-Leitung in Deutschland, setzte der Bau von Hochspannungsleitungen in verstärktem Maß ein. Im Anschluß an diese Leitung kam die erste 60 kV-Leitung, nämlich die für den Zweckverband Gröba, in Betrieb. Es folgten die Pfalzwerke, die im Jahre 1913/14 eine 100 kV-Leitung bauten, die Elektrowerke, das Badenwerk, die Sächsischen Werke, und gleichzeitig setzte auch der Bau von 40 ... 60 kV-Leitungen der Überlandzentrale Pommern, des Märkischen E.W., der Preußischen Kraftwerke und des RWE ein, so daß man bereits im Jahre 1920 über eine stattliche Anzahl von Kilo-

* Vortrag der XXXIV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Aachen.



metern betriebsfertiger Hochspannungsleitungen verfügte (Abb. 1).

Die im Jahre 1920 vorhandenen bzw. im Bau begriffenen 100 kV-Fernleitungen sind in Zahlentafel 2 aufgeführt.

Zahlentafel 2*. Zusammenstellung der 100 kV-Fernleitungen in Deutschland im Jahre 1920.

Eigentümer bzw. Hauptbeteiligte	Bezeichnung der Strecke	Streckenlänge in km im Betrieb	im Ausbau od. Entwurf
Reich	Bitterfeld—Golpa—Berlin	145	—
	Großenheim—Lauta—Berlin	—	203
	Bitterfeld—Leipzig	—	60
	Golpa-Magdeburg	—	86
	Obertürkheim—Niederstotzingen	—	80
Sächs. Staat	Großenhain—Dresden—Hirschfelde	—	120
	Harlasgrün—Silberstraße	—	26
Bayer. Staat	Bayernring	—	935
Lauchhammer A.-G.	Lauchhammer—Riesa	50	—
RWE	Goldenbergwerk-Osterrath	86	—
	mit Anschlußleitungen	30	—
	Grevenbroich—Reisholz	20	—
Murg Kraftwerk A.-G.	Forbach—Karlsruhe—Mannheim	117	—
Pfalzwerke A.-G.	Mannheim—Homberg	100	—
	Gesamtlänge: Strecke	548	1605
	Einfachstrecke	879	3115

* Tröger, ETZ 1920, S. 905 u. 927.

Der Bau der Hochspannungsnetze hat sich also hauptsächlich in den letzten zehn Jahren abgespielt, und wir staunen heute rückblickend über die ungeheure Schnelligkeit der Entwicklung.

In Zahlentafel 3 habe ich nun die Längen der Leitungen für die verschiedenen Spannungen der hauptsächlichsten deutschen Elektrizitätswerke zusammengestellt. Das Ergebnis ist folgendes:

Zahlentafel 3. Längen der Hochspannungsleitungen in Kilometer.

Jahr		1910	1920	1929
40 ... 60 kV	einfache Länge in km	88	3 071	8 180
100 kV	einfache Länge in km	—	1 020	6 350
200 kV	einfache Länge in km	—	—	1 512
Auf diese Leitungen arbeiten Maschinenleistungen von	kW	104 000	936 000	4 050 000

Was die Zahlen der Jahre 1910 und 1920 anbelangt, so muß ich Ihnen leider sagen, daß es mir nicht möglich war, diese Zahlen vollständig zusammenzubekommen.

Wenn wir die Zahlentafel 3 betrachten und uns gleichzeitig die Lage der Hauptkraftzentren vergegenwärtigen, so sehen wir, daß sich der von Klingenberg besonders in den Vordergrund getragene Gedanke, nämlich die Kraftwerke dort zu errichten, wo die Rohstoffe vorhanden sind, überraschend schnell durchgesetzt hat. Wir sehen die kleinen Wasserkräfte Nord- und Mitteldeutschlands und die Riesenwasserkräfte Süddeutschlands

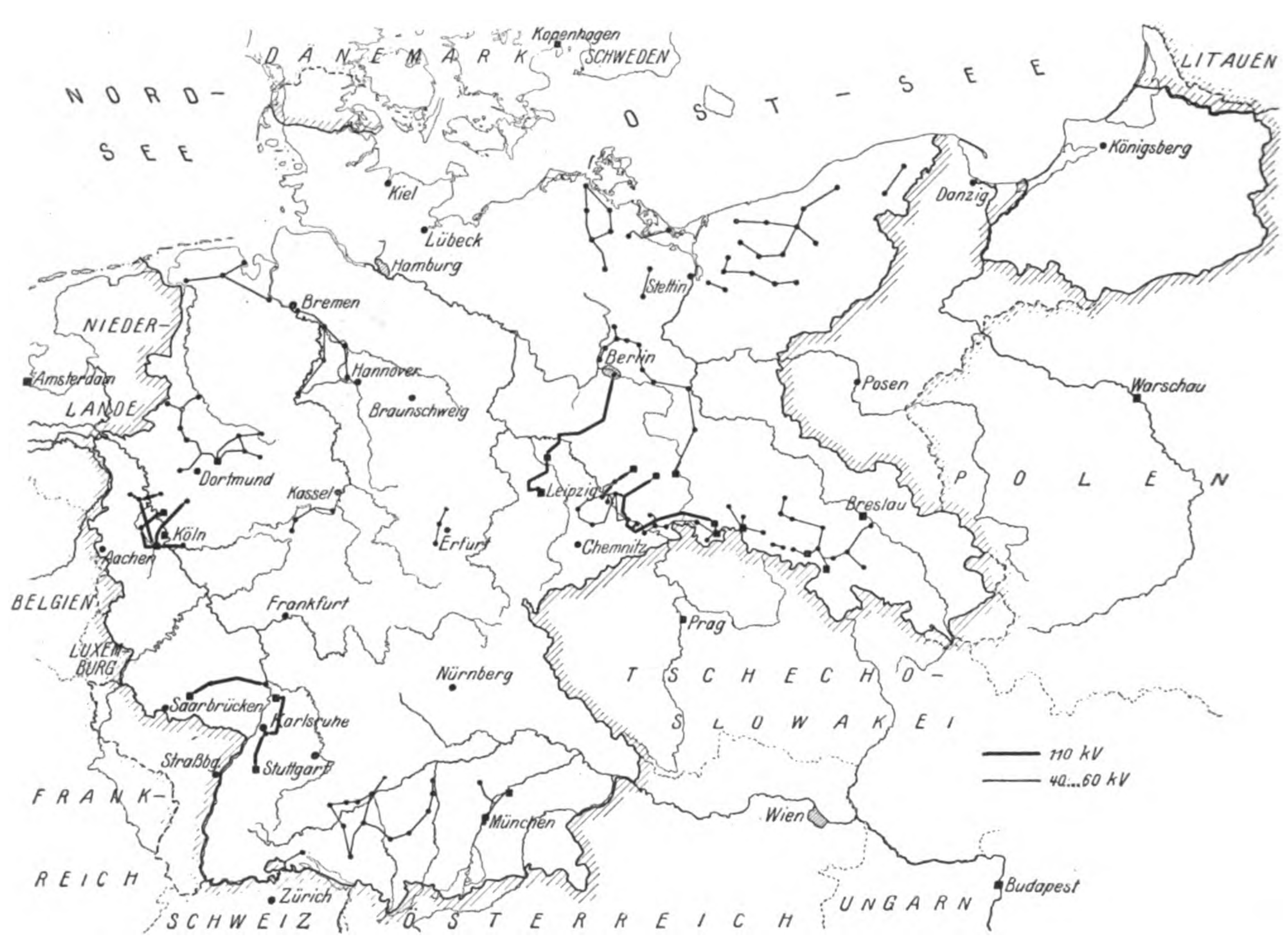


Abb. 1. 40...110 kV-Leitungen im Jahre 1920.

In dem letzten Jahrzehnt nahm der Ausbau der Netze noch größeren Umfang an, heute ist fast ganz Deutschland mit einem Netz von Hochspannungsleitungen überzogen. Es ist mir nicht mehr möglich, Ihnen in einem Bilde die Netze für 40 ... 60 kV und gleichzeitig die für die höheren Spannungen zu zeigen. Ich habe deshalb in Abb. 2 das Netz für die Spannungen von 40 ... 60 kV, in Abb. 3 dasjenige für die höheren Spannungen dargestellt. An den Berührungsstellen sind die Netze meist zusammengeschlossen, zum Teil erfolgt sogar eine dauernde Parallelarbeit.

gemeinsam in große Netze arbeiten. Wir sehen, wie in den Steinkohlengebieten große Werke entstanden sind, die vielfach von den Riesenwerken auf der Braunkohle noch übertroffen werden. Mit Hilfe des schon jetzt vorhandenen Hochspannungsnetzes sind wir heute bereits in der Lage, einen großen Teil der Abfallprodukte des Steinkohlen- und Braunkohlenbergbaues sowie der Hüttenindustrie unterzubringen, eine Tatsache, die noch einmal recht große Bedeutung erlangen wird.

Ich will mich nun den Zukunftsaufgaben zuwenden, die die Elektrizitätswirtschaft uns stellt und die die Ent-

wicklung der Leitungsnetze bestimmen werden. Die Stromerzeugung Deutschlands durch die öffentlichen Elektrizitätswerke betrug in den Jahren:

1910	1920	1927
etwa 1,5	6,1	12,4 Mrd kWh

und wird für das Jahr 1928 mit etwa 14,5 Mrd geschätzt. Die Erzeugung in den gewerblichen Elektrizitätsanlagen ist nach den Angaben des Statistischen Reichsamts etwa ebenso hoch, so daß wir im Jahre 1928 mit einer Elektrizitätserzeugung von etwa 30 Mrd kWh rechnen können.

Interessant ist die Tatsache, daß von der diesjährigen Stromerzeugung von 30 Mrd kWh auf die öffentlichen und gewerblichen Braunkohlen-Elektrizitätswerke[1] etwa ein Drittel oder 25 ... 30 Mill t Braunkohle gleich 15 ... 20 % der deutschen Braunkohlenförderung entfallen. Die sechs größten deutschen Braunkohlen-Elektrizitätskonzerne erzeugen etwa 6 Mrd kWh bei einem Verbrauch von 18 ... 20 Mill t Rohkohle. Die Maschinenanlagen dieser Gesellschaften haben eine Leistung von rd. 2 Mill kW.

Die jährliche Zunahme an erzeugten kWh betrug in den letzten beiden Jahren bis zu 30 % der Erzeugung des Vorjahres. Ob diese Zunahme anhalten wird, hängt von der Wirtschaftslage Deutschlands ab, voraussichtlich wird sie sich aber in dem Maße verringern, in welchem der Konsum mehr und mehr saturiert wird.

Die Eigenerzeugung von elektrischem Strom hat, wie oben kurz angedeutet wurde, ungefähr den gleichen Umfang wie diejenige der öffentlichen Werke. Es ist anzunehmen, daß die Eigenerzeuger immer mehr dazu übergehen werden, ihren Strom aus dem Netz der öffentlichen Elektrizitätswerke zu beziehen, so daß wir auch hier mit einer beträchtlichen Steigerung für die Zukunft rechnen können. Vor allem ist zu erwarten, daß die chemischen Industrien in der nächsten Zeit mit größerer Nachfrage nach Strom hervortreten werden. Sollte auch die Reichsbahn mehr und mehr zum elektrischen Betrieb übergehen, so wären hierfür etwa 3 ... 4 Mrd kWh erforderlich. Wir werden uns also auf erhebliche Steigerungen des Strombedarfes einstellen müssen.

[1] A. Peucker, Braunk. 1929, H. 26.

Ich bin zwar nicht der Ansicht, daß unsere Braunkohlenvorräte in etwa 50 Jahren, wie dies vielfach angenommen wird, erschöpft sein werden und wir deshalb genötigt sein sollten, uns nach anderen Energiequellen außerhalb Deutschlands umzusehen, denn erstens steht uns dann noch die Steinkohle zur Verfügung und zweitens wird der technische Fortschritt den Verbrauch für die Kilowattstunde noch ganz erheblich herabmindern. Wir können noch sehr gut auf die Zeit zurückblicken, wo wir die zwei- und dreifache Kohlenmenge zur Erzeugung von 1 kWh nötig hatten. Wenn wir trotzdem im Begriffe sind, über unsere Landesgrenzen hinauszugreifen und uns die Alpenwasserkräfte der Schweiz und Österreichs nutzbar zu machen, so ist dies nur dann richtig, wenn die Bedingungen des Strombezuges auch auf lange Sicht so sind, daß den Aussichten, die der technische Fortschritt in bezug auf die Verbilligung der Erzeugung auf heimatlicher Rohstoffbasis bietet, Rechnung getragen ist. Jedenfalls sollten wir bei der weiteren Planung unserer Leitungsnetze auf die Aufnahme dieser großen Wasserkräfte Rücksicht nehmen.

Sollen Kardinalfehler im Aufbau der deutschen Leitungsnetze vermieden werden, so ist es schon heute notwendig, die Hauptleitungen so anzulegen, daß sie später all diesen Forderungen gewachsen sind. Ich halte es für unerläßlich, daß sich die verantwortlichen Leiter der großen Elektrizitätskonzerne zusammensetzen, um über die weiteren Ausbauten, sowohl was die Erzeugung anbelangt als auch was die Großverteilung betrifft, gemeinschaftlich zu beraten. Insbesondere bedürfen die Trassierungen unserer Hauptleitungen, die eine Art Schnellzugslinien in dem elektrischen Beförderungssystem darstellen, einer gemeinschaftlichen Bearbeitung, damit auch wirklich allen Anforderungen Rechnung getragen werden kann. In der Aktiengesellschaft für deutsche Elektrizitätswirtschaft, auf die ich noch zurückkommen werde, hat sich das geeignete Organ hierfür bereits gebildet.

Wenn wir uns nun den Verteilungsnetzen zuwenden, die von den Höchstspannungsnetzen überdeckt werden, so erscheint mir, abgesehen von einigen rein ländlichen Bezirken, wo die Freileitungen für 15 ... 20 kV in absehbarer Zeit die günstigste Spannung für die Mittelspannungsnetze



Abb. 2. 40 ... 60 kV-Leitungen im Jahre 1929.

bleiben werden, die Mittelspannung von 30 kV gerechtfertigt. Der weitere Ausbau der 40 ... 60 kV-Netze ist meiner Meinung nach nicht mehr zweckmäßig und bringt erhebliche Betriebschwierigkeiten bei der Spannungsregelung. Es ist nicht angängig, wie vielfach früher vorgeschlagen wurde, die Spannungen in beliebiger Zahl senkrecht übereinander zu lagern, da sich die Spannungsverluste in den Leitungen und in den Transformatoren summieren und schon bei 3 ... 4 übereinanderliegenden Spannungen eine Spannungsregelung fast unmöglich machen. Wirtschaftlich ist die Spannung von 100 kV den genannten Spannungen weit überlegen.

Die zu übertragenden Leistungen sind für die verschiedenen Spannungen und Querschnitte bezogen auf $\cos\varphi = 1$ in Zahlentafel 4 zusammengestellt. Für die Spannungen von 60 ... 100 kV ist eine Doppelleitung von $2 \times 3 \times 120$ mm², für 220 kV eine solche von $2 \times 3 \times 210$ und $2 \times 3 \times 400$ und für 380 kV von $2 \times 3 \times 400$ mm² Querschnitt gewählt. Bei 220 kV stellt der Querschnitt von 210 mm², bei 380 kV der von 400 mm² den kleinsten verwendbaren Querschnitt wegen der Koronabildung dar.

Zahlentafel 4. Grenzwerte der Übertragungsfähigkeit einer Doppelleitung (nur Leitung ohne Transformatoren).

Spannung kV	Querschnitt mm²	Leistungsverlust 10% Entfernung km	Leistungsverlust 10% Leistung kW
60	2 × 3 × 120	100	48 000
110	,,	200	81 000
220	2 × 3 × 210	400	280 000
220	2 × 3 × 400	600	360 000
380	,,	800	800 000

Ich komme nun zu unserer derzeit höchsten Spannung, der Spannung von 220 kV. Die Leitung des RWE ist bereits bis nach der Schweiz fertiggestellt bzw. im Bau begriffen. Ebenso sind die Leitungen der Preußenelektra für dieselbe Spannung zwischen dem Umspannwerk Ahlten bei Hannover nach dem Westen zum Zusammenschluß mit dem Leitungsnetz der VEW und des RWE sowie nach dem Kraftwerk Helmstedt nach Osten und dem südlich gelegenen Kraftwerk Borken im Bau bzw. in der Trassierung. Die Verlängerung der Leitung Ahlten—Borken wird voraussichtlich später durch das Fulda-Kinzigtal nach Frankfurt geführt, um dort mit der RWE-Leitung zusammengeschlossen zu werden. Eine weitere Linie wird wahrscheinlich von Ahlten nach Hamburg geführt, um dort in eine 100 kV-Leitung nach Kiel überzugehen.

Auf dem Gebiete des Ausbaues höchstgespannter Leitungsnetze hat zweifellos das RWE eine hervorragende Pionierarbeit geleistet. Wer die Entwicklung miterlebt hat und all die Angriffe kennt, die insbesondere auch der Schöpfer des ersten 200 000 V-Leitungsnetzes in Deutschland, Herr Dr. K o e p p c h e n, hat über sich ergehen lassen müssen, der muß den Mut und die Tatkraft anerkennen, mit der Herr Koeppchen seine Ziele durchgesetzt hat. Es gab damals eine ganze Anzahl unter unseren ersten Fachleuten, die bedenklich den Kopf schüttelten, und doch muß heute zugegeben werden, daß der Bau dieser ersten 220 kV-Leitung nicht verfrüht, sondern daß es die höchste Zeit war. Es ist das Verdienst Dr. Koeppchens, dies rechtzeitig erkannt und mit dem Ausbau des deutschen 220 kV-Netzes begonnen zu haben, und es ist ein Verdienst unserer fabrizierenden Industrie, daß sie im Vertrauen auf ihre Leistungsfähigkeit ebenfalls energisch an die Sache herangegangen ist. Jedenfalls hat uns dieses Vorgehen in bezug auf den Ausbau unserer Leitungsnetze einen bedeutenden Schritt vorangebracht.

Auch auf dem Gebiet des Nachrichtenwesens, welches bei dem Zusammenschluß von Leitungsnetzen naturgemäß eine sehr große Rolle spielt, werden jetzt wichtige Versuche im RWE-Gebiet durchgeführt. Im allgemeinen haben wir in unseren Netzen die leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie eingeführt. In unserem mit dem Bayernwerk gekuppelten Netz haben wir hiermit gute Erfahrungen gemacht, und man kann wohl ruhig behaupten, daß für einen solchen Betrieb dieses Verständigungsmittel notwendig ist, damit man jede beliebige Station des Netzes von der Kommandostelle aus jederzeit erreichen kann.

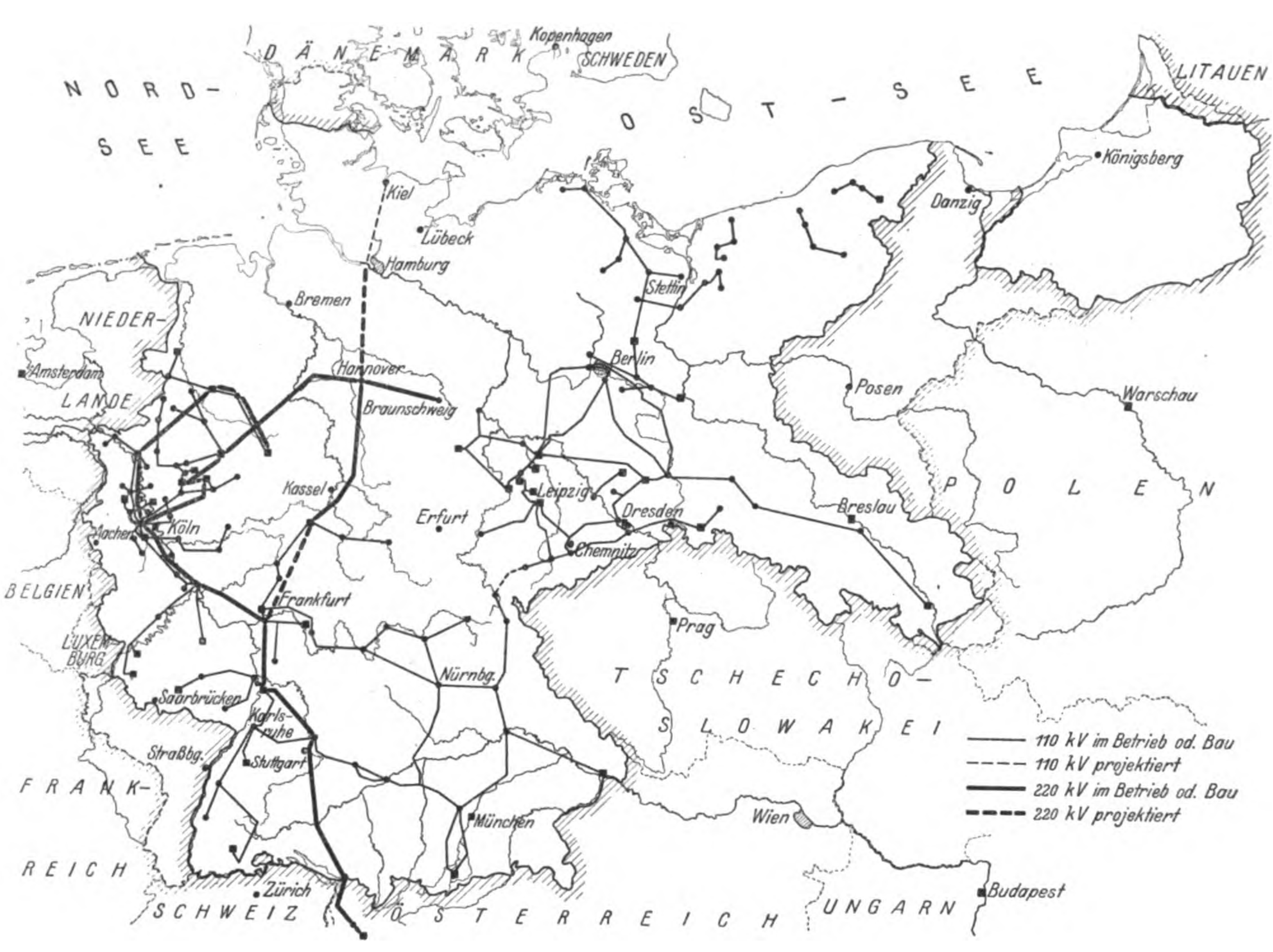


Abb. 3. 110 ... 220 kV-Leitungen im Jahre 1929.

Die neuerlichen Versuche werden nun auf dem Gebiete der Raumwellentelephonie vorgenommen. Wir haben uns innerhalb der großen Elektrizitätsunternehmungen darüber verständigt, daß nunmehr ein Versuch mit einer eigenen Sendestation von 200 W, die in Essen aufgestellt wird, vorgenommen wird. Empfangstationen werden Brauweiler und Scheibenhardt bei Karlsruhe sein. Die Verhältnisse in diesen Gebieten scheinen uns auch für Raumwellentelephonie besonders günstig zu liegen, weil dort ein langgestrecktes, ziemlich gerades Leitungsnetz liegt, welches als Träger dienen soll. Zu diesem Versuch wurden wir durch voraufgegangene Versuche mit der Reichspostverwaltung veranlaßt. Es wurde dort ein Sendeversuch unternommen vom Döberitzer Sender aus nach einer Reihe von Empfangstationen, die im südwestlichen

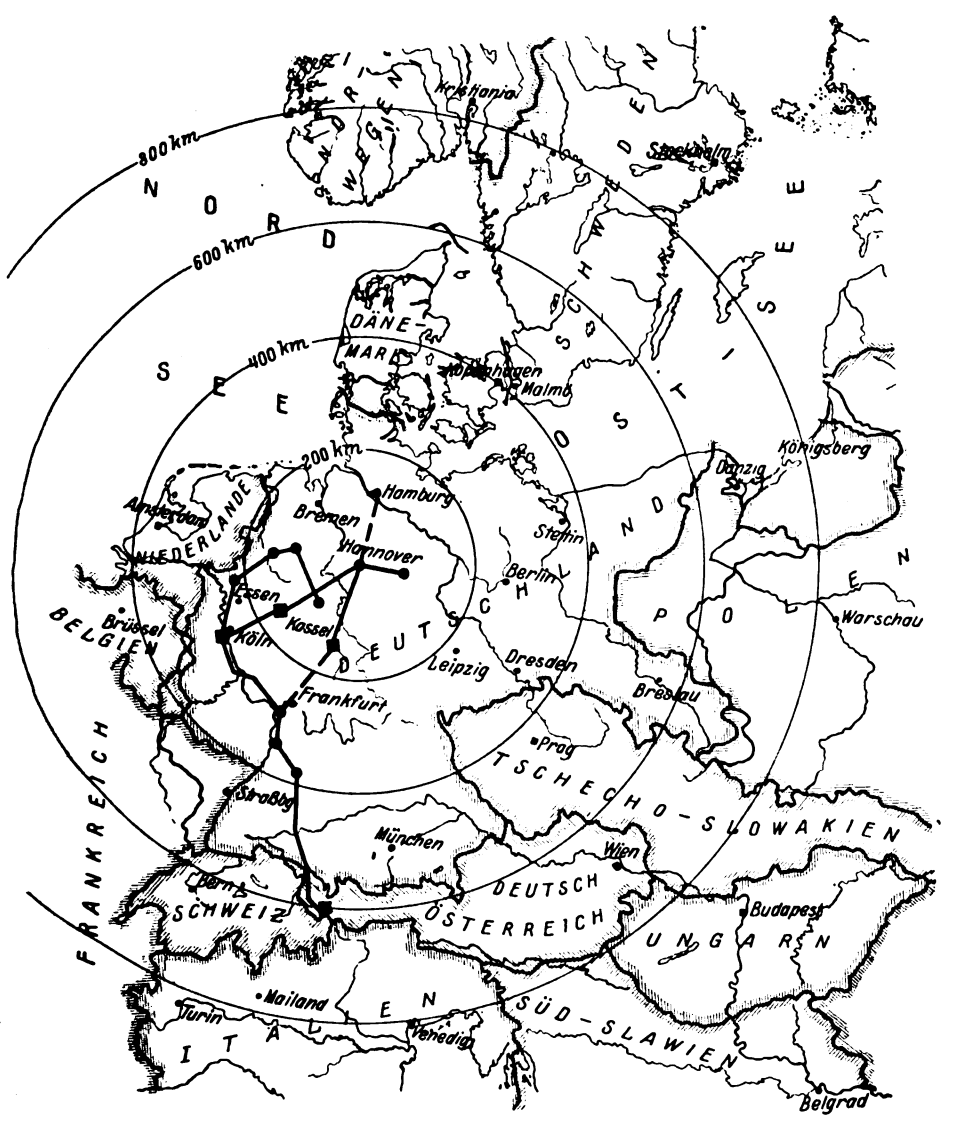


Abb. 4. 220 kV-Netz für die nächsten Jahre.

Deutschland liegen, Zschornewitz, Brauweiler bei Köln, Scheibenhardt bei Karlsruhe, Karlsfeld bei München und Dresden-Süd. Es ist unbedingt notwendig, daß vier Wellen im Bereiche von 50 ... 175 m für die Elektrizitätswerke freigegeben werden, wenn wir unser Ziel des Zusammenschlusses weiter fördern wollen. Die nötigen Schritte in dieser Beziehung sind eingeleitet, und wir hoffen recht sehr, daß wir Berücksichtigung finden. Man wird bestrebt sein müssen, das Nachrichtenwesen noch weiter auszudehnen. So sind z. B. die Vorteile, die die bildliche Übermittlung von Netzschaltungen bietet, leicht vorstellbar. Alle diese Dinge werden natürlich auf weitere Zusammenschlüsse nicht ohne Einfluß sein.

Wie sich das deutsche 220 kV-Netz endgültig gestalten wird, ist noch nicht vorauszusehen, wenn auch das Tempo, in welchem der Ausbau erfolgt, zunächst eher zuzunehmen als nachzulassen scheint. Für das südliche Bayern, für Österreich und für Ungarn liegt schon ein Entwurf vor[2].

[2] R. Hofbauer, Wasserwirtsch. Wien 1929, S. 181.

In Abb. 4 ist dieses 220 kV-Leitungsnetz mit den oben angeführten späteren Erweiterungen eingetragen, und gleichzeitig sind um Hannover als Mittelpunkt Kreise geschlagen, die die Entfernungen in der Luftlinie darstellen. Aus Zahlentafel 4 geht hervor, daß für absehbare Zeit die Spannung von 220 kV für die Versorgung Deutschlands genügen wird. Es steht aber nichts im Wege, bei weiterer Leistungssteigerung die entfernt liegenden Wasserkräfte durch 380 kV-Leitungen an das Versorgungszentrum heranzubringen.

Wenn man die Gründe erforschen will, die zu dieser beispiellosen Entwicklung auf dem Gebiete der Gemeinschaftsarbeit geführt haben, so muß man sich zunächst die charakteristischen wirtschaftlichen Merkmale der Elektrizitätswirtschaft vor Augen halten. Wenn auch vollkommene Statistiken nicht vorliegen, so wird man doch auf Grund des vorhandenen Materials annehmen dürfen, daß der Stromumsatz der Elektrizitätswerke, in Geld gemessen, erst in drei Jahren das Anlagekapital erreicht. **Das bedeutet, daß die Elektrizitätswirtschaft in besonders hohem Maße eine kapitalintensive Industrie darstellt mit allen Problemen, die bei einer solchen Industrie gegeben sind. Diese Probleme seien zunächst allgemein dahin charakterisiert, daß in der Elektrizitätswirtschaft in der Zusammensetzung der Kosten der Kapitaldienst, d. h. die für die Reproduktion (Abschreibungen) und die Verzinsung des Kapitals aufzuwendenden Beträge, einen besonders hohen Anteil darstellt. Es braucht daher hier nur einmal erwähnt zu werden, daß diese allgemein charakteristische Kostenzusammensetzung in der Elektrizitätswirtschaft von selbst zu dem Schlusse führt, daß die außerordentliche Steigerung der Kapitallast der deutschen Wirtschaft, die sich aus dem künstlich überhöhten Zinsniveau, das für die deutsche Wirtschaft heute gilt, ergibt, insbesondere für die deutsche Elektrizitätswirtschaft von außerordentlicher Bedeutung ist.**

Bekanntlich unterscheidet sich die Elektrizität von allen anderen Waren entscheidend dadurch, daß der elektrische Strom im Augenblick seines Verbrauchs erzeugt wird, ja, daß der Verbrauch und die Erzeugung in einem in sich zusammenhängenden technischen Vorgang verbunden sind. Es ist praktisch nicht möglich, zu erreichen, daß die Abnahme des elektrischen Stromes so gleichmäßig erfolgt, daß eine volle Ausnutzung der Anlage und daher auch der Anlagekosten möglich wäre. Es müssen im Gegenteil die Anlagen unter allen Umständen für die höchste Spitze ausgebaut sein, und ich möchte glauben, daß mit 50 % der gesamten Anlagekosten in der Elektrizitätswirtschaft 90 ... 95 % des gesamten Strombedarfs gedeckt werden könnten, während die restlichen 5 ... 10 % Spitzenstrom allein die Aufwendung von 50 % Kapital notwendig machen. Es ist also das Bestreben, die Spitzen nach Möglichkeit fortzuschaffen, vollkommen verständlich. Ein geeignetes Mittel hierzu ist die weitestmögliche Zusammenlegung von Konsumgebieten in einheitliche Netze, da die Spitzen sich um so mehr ausgleichen, je weiter man im Zusammenschluß der verschiedenartigsten Industrien in den verschiedenartigsten Gebieten geht. Es kommt noch hinzu, daß durch das Tempo, in welchem die technische Entwicklung fortschreitet, mit den Abschreibungsätzen, die früher angenommen wurden, nach den heutigen Auffassungen nicht mehr auszukommen ist, und daß wir an Stelle von

Abschreibungsätzen, die zwischen 2 ... 4 % liegen, heute wegen der schnelleren Überholung durch technische Neuerungen mindestens 3 ... 5 % als Durchschnittsabschreibung zugrunde legen müssen.

In der Tat ist es durch die Zusammenlegung von Leitungsnetzen allgemein gelungen, die Benutzungsstunden erheblich heraufzudrücken. Das ist auch der Grund, weshalb immer mehr nach der Kupplung von Leitungsnetzen gerufen wurde. Die Vorteile waren bekannt und lauten hauptsächlich:

verbesserte Ausnutzung der gesamten Anlagen, insbesondere durch Erhöhung der Benutzungsdauer,

Ersparnisse an Reserven durch gegenseitige Aushilfslieferung,

zweckmäßiger Lastausgleich usw.

von Leistung und Arbeit nach einheitlichen Gesichtspunkten erfolgt, über die von Zeit zu Zeit immer wieder erneute Verständigungen herbeigeführt werden müssen, ist ein glatter Betrieb möglich, kurz, es muß in allen Fällen ein Taktgeber geschaffen werden, der sowohl durch eine einzige überragende Stelle dargestellt werden kann als auch durch eine Gruppe von Beteiligten, die für die Durchführung eines Sinnes geworden sind. Im letzteren Falle wird natürlich immer etwas Selbstlosigkeit und Gemeinschaftssinn notwendig sein, um die Meinungen auf einen Nenner zu bringen und dauernd in einer einheitlichen Linie zu halten.

Bei Leitungsnetzen, die, wie ich mich mal ausdrücken will, nur lose gekuppelt sind, ist ein Zusammenarbeiten, wie die Praxis erwiesen hat, durchaus nicht schwierig und mittlerweile vollkommen normal geworden. Ich verstehe unter loser Kupplung solche Netzverbindungen, die lediglich den Zwecken dienen, sich vorübergehend gegenseitig auszuhelfen und zur Reserve zu stehen. Im Gegensatz hierzu möchte ich solche Netze, die dauernd parallel fahren, als starr gekuppelte Netze bezeichnen. Der Betrieb starr gekuppelter Netze erfordert unbedingte Unterordnung unter ein einheitliches Kommando. Dies ist eine Schwierigkeit, die außerordentlich schwer zu bewältigen ist. Die Dinge werden sich wohl so entwickeln, daß sich zunächst, wie dies ja auch bisher der Gang gewesen ist, Netze zu Gemeinschaftsgruppen zusammenschließen, und es werden dann eines Tages diese Gruppen wieder untereinander in Verbindung treten, um zum letzten Ende die gesamte deutsche Elektrizitätswirtschaft zu einem einheitlichen Netz zusammenzuschweißen. Nach der Entwicklung, wie sie augenblicklich im Zuge ist, glaube ich, daß sich zunächst in Deutschland drei oder auch vier Gruppen bilden werden, bis durch eine Weiterentwicklung, auch der technischen Hilfsmittel, für den vollkommenen Zusammenschluß auch die letzte Verbindung unter diesen Gruppen zustandegebracht werden kann.

Die Zahlen innerhalb der Kreise bedeuten Aktien- bzw. Gesellschaftskapital, i. allg. in Mill RM. Die Pfeile zeigen die Richtung der Beteiligung, die dabeistehenden Zahlen die Höhe in Prozent an. Maßgeben e Beteiligungen von anderer Seite sind rechtwinklig umrahmt.

Abb. 5. Beteiligung der Staaten an der Elektrizitätsversorgung Deutschlands.

Alle diese Faktoren sind geeignet, die Erzeugungs- und Verteilungskosten erheblich herabzusetzen, und stellen sozusagen die Aktivseite dieses stark finanziellen Wirtschaftsproblems dar, wohingegen die Passivseite eigentlich zunächst etwas in den Hintergrund trat und erst durch die Praxis recht deutlich und unangenehm bemerkbar wurde. Es sind dies die Nachteile, die der Zusammenschluß großer Netze mit sich bringt und die insbesondere in den Punkten Störungshäufigkeit, Kurzschluß- und Erdschlußstrom, Blindstromverteilung und Spannungsregelung in Erscheinung treten. Die Beseitigung dieser Übelstände kostet, wenn sie überhaupt restlos möglich ist, zum mindesten viel Geld und belastet auf der anderen Seite die Vorteile wieder, die durch die Zusammenschlüsse herbeigeführt werden. Gerade über diese Dinge werden nachfolgend die Herren Rüdenberg[4] und Piloty[5] eingehend sprechen.

Außer der Lösung dieser angedeuteten außerordentlich wichtigen technischen Aufgaben ist es aber notwendig, daß auch rein betrieblich eine ganz intime Gemeinschaftsarbeit erfolgt. Nur wenn bei zusammengeschlossenen Netzen dafür Sorge getragen wird, daß die Verteilung

Begünstigt wird dieser Zusammenschluß durch Konzentrationsbestrebungen aus anderen Gründen, die schon

[4] Rüdenberg, S. 970 dieses Heftes.
[5] Piloty, S. 985 dieses Heftes.



seit langem im Gange sind und die immer mehr zu einer Konsolidierung in der Elektrizitätswirtschaft geführt haben. Die Abb. 5 und 6 zeigen die bedeutendsten staatlichen und privaten Konzerne mit ihren Beteiligungen.

Die Organisation der Zusammenarbeit großer verwaltungsfremder Netze sollte eigentlich von unten herauf begonnen werden, d. h., es müßte zuerst dafür Sorge getragen werden, daß eine gewisse Unabhängigkeit gegenüber den Konsumenten erreicht wird dadurch, daß überall an den hierzu geeigneten Stellen die Spannung geregelt werden kann. Die Spannungsregelung spielt überhaupt bei dem Zusammenschluß großer Netze eine bedeutsame Rolle. Infolgedessen ist auch dem Regel-

Die bisherigen Erfahrungen auf diesem Gebiete haben jedenfalls erwiesen, daß auch Zusammenschlüsse größten Umfangs möglich sind und daß Übelstände, die zur Zeit vielleicht noch in dem einen oder anderen Falle bestehen mögen, beseitigt werden können. Diese Tatsache berechtigt unbedingt zu der Hoffnung, daß es in nicht allzu ferner Zeit gelingen wird, einen Zusammenschluß im größten Stil in Deutschland zustande zu bringen, der womöglich später noch Verbindungen mit anderen Ländern aufzunehmen geeignet ist. Die Vorteile, die hierdurch erreicht werden können, sind verlockend. Wenn man bedenkt, daß die Sonne im Osten des deutschen Reiches im Winter erheblich früher untergeht als

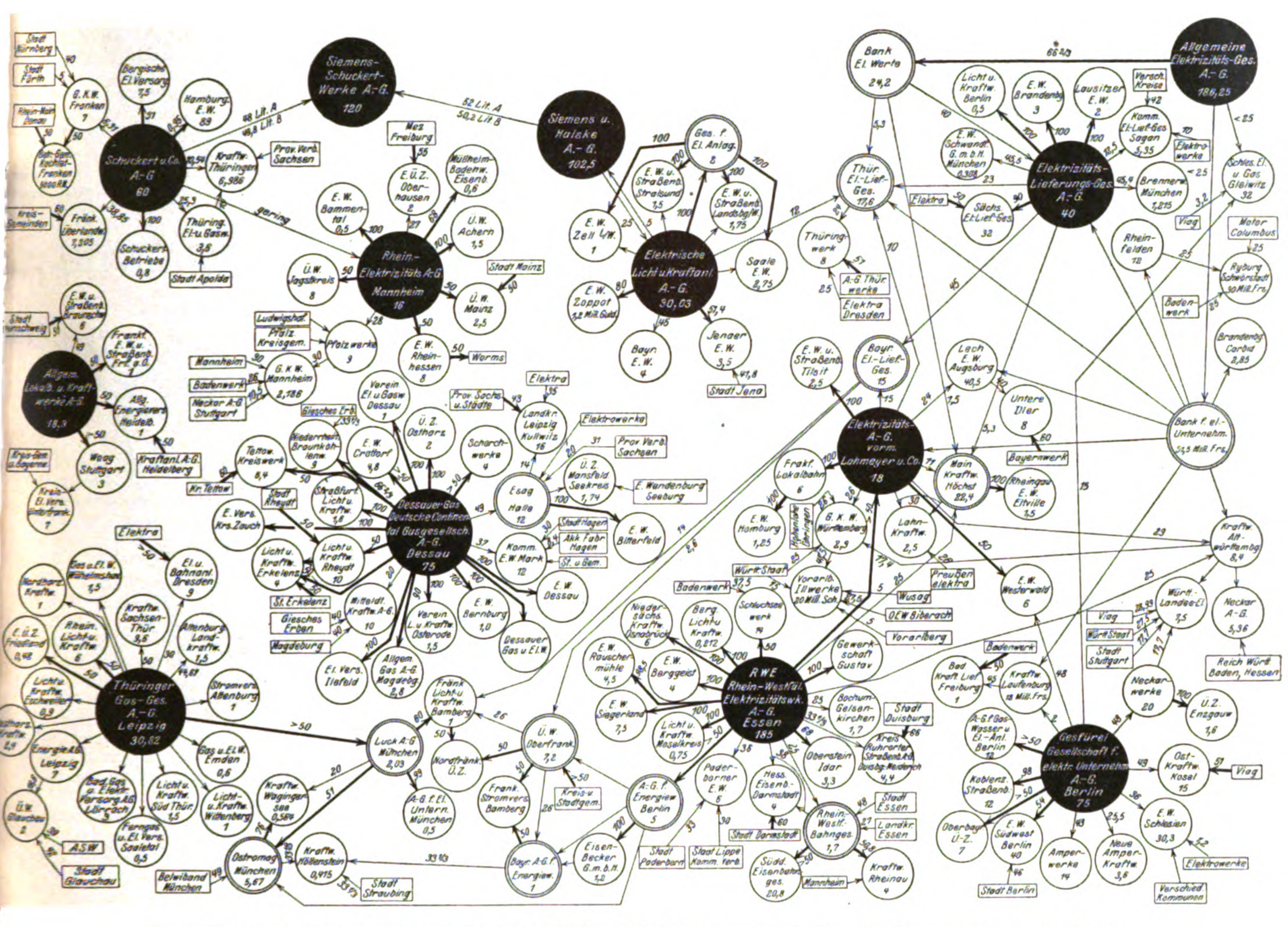


Abb. 6. Beteiligung privater und gemischtwirtschaftlicher Unternehmungen an der Elektrizitätsversorgung Deutschlands. (Bedeutung der verwendeten Zeichen wie bei Abb. 5.)

transformator ganz besondere Bedeutung beizumessen, wobei nicht vergessen werden darf, daß noch eine Reihe von anderen Einrichtungen getroffen werden müssen, um überhaupt eine richtige Organisation durchzuführen. Hierzu gehören Phasenschieber für die Blindstromverteilung, Kurzschlußstrombegrenzer, Isoliertransformatoren, Löscheinrichtungen zur Herabminderung des Erdschlußstromes usw. Über den Stand dieser Fragen wird, wie bereits oben gesagt, nachfolgend durch die Herren Rüdenberg und Piloty berichtet.

Voraussetzung für eine gute Zusammenarbeit zwischen Netzen, die unter verschiedener Verwaltung stehen, sind naturgemäß vernünftige Stromaustauschverträge. Diese Verträge sollen grundsätzlich Bestimmungen über beiderseitige Höchstleistungen enthalten. Sie sind zweckmäßig so zu gestalten, daß bei allen Bestimmungen eine gewisse Bewegungsfreiheit zugelassen bleibt, die es ermöglicht, nach den Besonderheiten jedes einzelnen Netzes betrieblich zu variieren. Nachteile, die der einen oder anderen Seite durch den praktischen Betrieb entstehen, können durch Preisfestsetzungen vollkommen ausgeglichen werden, nachdem uns Mittel zur genauen Messung aller Vorgänge in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen.

im Westen, so ist schon auf diese Entfernung eine wesentliche Spitzenverschiebung zu erwarten. Wieweit sich diese Verschiebung auswirkt, wenn ein Zusammenschluß auch über andere Länder hinweg möglich wird, läßt sich noch gar nicht übersehen. Würde eine solche europäische Zusammenarbeit erreicht werden, so müßte Deutschland infolge seiner zentralen Lage ganz ohne Zweifel den Mittelpunkt dieses Systems bilden und es würde unserem Vaterland hierdurch eine bedeutsame Rolle in der europäischen Elektrizitätswirtschaft zugewiesen sein.

Erst neuerdings haben sich die führenden deutschen Elektrizitätsunternehmungen, die für die Fortleitung des Stromes im Großen hauptsächlich in Frage kommen, in der Aktiengesellschaft für deutsche Elektrizitätswirtschaft zusammengeschlossen. Diese Gesellschaft, in der die Fachleute unserer Großunternehmungen zu gemeinsamer Beratung vereinigt sind, wird berufen sein, die großen Fragen der deutschen Elektrizitätswirtschaft zur Lösung zu bringen. Sie wird um so eher hierzu in der Lage sein, als sie nach den Prinzipien der freien Selbstverwaltung geleitet wird und durch ihr Zustandekommen ganz ohne Zweifel jeder gesetzliche Eingriff überflüssig geworden ist. Ich bin überzeugt, daß auch seitens der gesetzgebenden Körperschaften dieser Schritt zur

Vereinheitlichung der deutschen Elektrizitätswirtschaft begrüßt wird, da es sich hier um eine Materie handelt, deren Regelung durch gesetzliche Maßnahmen ohne bedenkliche Störungen im Wirtschaftsleben unmöglich ist. Nachdem es aber nunmehr gelungen ist, die maßgebenden Faktoren dieses Wirtschaftsbereichs freiwillig unter einen Hut zu bringen, dürfen wir überzeugt sein, daß die elektrowirtschaftlichen Fragen in Deutschland durch diese auf freier Selbtsverwaltung beruhende Körperschaft so gelöst werden, daß wir unsere führende Rolle auf diesem Gebiet innerhalb Europas so leicht nicht verlieren werden.

Das Verhalten elektrischer Kraftwerke und Netze beim Zusammenschluß*.

Von **Reinhold Rüdenberg,** Berlin.

Übersicht. Ausbildung von Wirkströmen und Blindströmen in Kupplungsleitungen. Einfluß auf die Kraftwerksspannungen. Verteilung in vermaschten Netzen. Beeinflussung durch Zusatztransformatoren. Synchronisierende Kräfte zwischen gekuppelten Kraftwerken. Stabilität des Zusammenarbeitens. Einfluß von Laststößen. Entfernungsgrenzen für die Leistungsübertragung. Wellenausbreitung auf langen Fernleitungen. Natürliche Leistungsübertragung Gleichgewicht der Blindleistungen. Künstliche Kompensierung der Blindleistung. Abhängigkeit von der Belastung. Regelung der Spannung langer Fernleitungen. Blindleistungs-Kompensationsrelais. Ausgleich des Ohmschen Spannungsabfalls. Störungen durch Entlastungsstöße. Wirkung von Erdschlüssen und Kurzschlüssen auf die Stabilität. Hilfsmittel zur Verbesserung des Fernbetriebes.

Um einen guten Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie zu erhalten und um bei Störungen an den Leitungen oder Maschinenanlagen eine rasch einspringende Betriebsreserve zu erlangen, pflegt man elektrische Kraftwerke und Netze über immer größere Entfernungen zusammenzuschließen. Dabei treten eine Reihe elektrischer und mechanischer Erscheinungen auf, die bei Leistungsübertragungen über sehr große Entfernungen eine entscheidende Rolle spielen. Über diese Probleme soll im folgenden eine Übersicht gegeben werden.

1. Wirkstrom- und Blindstromverteilung in Leitungsnetzen[1].

Wenn wir entsprechend Abb. 1 zwei Kraftwerke *1* und *2* miteinander durch eine Fernleitung verbinden, so können wir in ihr nicht ganz beliebige Leistungen übertragen

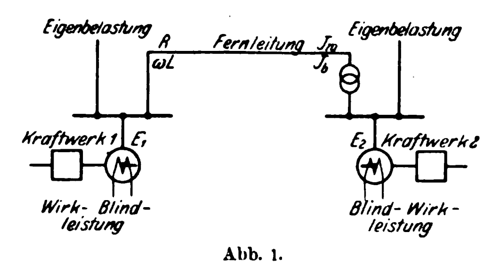


Abb. 1.

sondern es bestehen zwischen den Eigenschaften der Leitung, insbesondere dem Widerstand und der Selbstinduktion, der übertragenen Wirk- und Blindleistung und schließlich der Sammelschienenspannung der Kraftwerke an den Enden der Fernleitung ganz bestimmte Beziehungen, die wir beachten müssen, wenn wir keine Betriebsschwierigkeiten erhalten wollen. Diese Beziehungen sind aus dem Vektordiagramm der Spannungen nach Abb. 2 leicht abzulesen. Um einen Strom J mit seiner Wirkkomponente J_w und seiner Blindkomponente J_b in der Leitung fließen zu lassen, ist eine vektorielle Spannungsdifferenz zwischen den Stationen *1* und *2* erforderlich, deren Größe sich nach der Ohmschen Spannung RJ in Phase mit dem Strom und nach der induktiven Spannung $\omega L J$ phasensenkrecht zum Strom richtet. Von der Kapazität der Fernleitung und ihrer Wirkung auf den Strom sehen wir vorerst ab.

Für die Anschauung ist es bequem, mit der Spannungsdifferenz beider Kraftwerke nach Größe und Phase zu rechnen. Wie aus der Ähnlichkeit der rechtwinkligen Dreiecke in Abb. 2 hervorgeht, ist die Größendifferenz der Spannungen, gemessen in Richtung der Verbraucherspannung E_2,

$$\Delta E = RJ_w + \omega LJ_b \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

und die Phasendifferenz, gemessen senkrecht zur Verbraucherspannung E_2,

$$\delta E = \omega LJ_w - RJ_b. \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

Zur Größendifferenz der Spannungen trägt also der Ohmsche Widerstand nur nach Maßgabe des Wirkstromes, die Induktanz nur nach Maßgabe des Blindstromes in der Übertragungsleitung bei, während die umgekehrten Verhältnisse für die Phasendifferenz zwischen den beiden Kraftwerksspannungen gelten. Man erkennt aus diesen Gleichungen sofort, daß eine völlig unabhängige Regelung der Spannungen E_1 und E_2 der beiden Kraftwerke nach ihrem Zusammenschluß nicht mehr möglich ist, daß sich dabei vielmehr auch die Wirk- und Blindleistungen in der Übertragungsleitung gemäß Gl. (1) ändern und dadurch weiterhin der Phasenwinkel zwischen den beiden Kraftwerken gemäß Gl. (2).

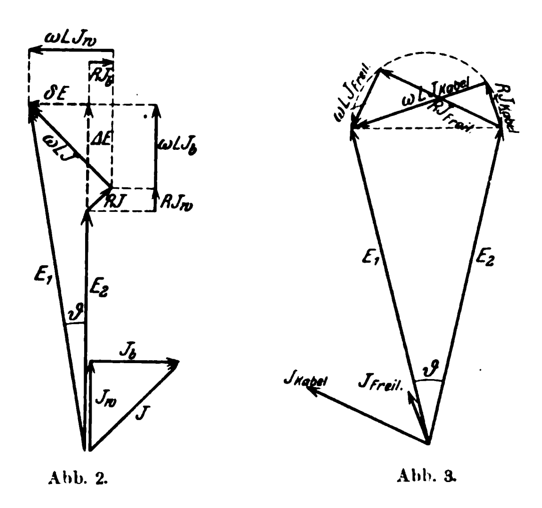


Abb. 2. Abb. 3.

Sehr häufig wünscht man die Kraftwerkspannungen untereinander gleich zu halten. Sieht man von dem relativ geringen Unterschied der Spannung E_1 und ihrer Projektion auf die Richtung E_2 ab, so bedeutet dies, daß $\Delta E = 0$ ist. Daraus ergibt sich für die Fernleitung die Bedingung

$$J_b = -\frac{R}{\omega L} J_w. \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Man muß also zur Übertragung eines bestimmten Wirkstromes bei konstanter Spannung gleichzeitig auch einen voreilenden Blindstrom mit übertragen, der dem Wirkstrom proportional ist mit einem Faktor entsprechend dem Verhältnis von Widerstand zu Induktanz der Fernleitung. Nun pflegt dieses Verhältnis

$$\text{bei Freileitungen } \frac{R}{\omega L} = 0{,}1 \text{ bis } 0{,}5 \text{ bis } 1,$$

$$\text{bei Kabeln } \frac{R}{\omega L} = 1 \text{ bis } 5 \text{ bis } 10$$

zu betragen, wobei die kleineren Werte für starke, die größeren Werte für schwache Leitungen gelten. Während man daher bei Freileitungen mit einem mäßigen zusätzlichen Blindstrom in der Fernleitung auskommt, muß man bei Kabeln einen sehr starken Blindstrom zwischen den Stationen zirkulieren lassen, wenn man ihre Spannungsgleichheit aufrechterhalten will. In Abb. 3 sind diese Verhältnisse im Vektordiagramm dargestellt.

Für den Fall der Spannungsgleichheit berechnet sich die Phasendifferenz der Spannungen durch Einsetzen von Gl. (3) in Gl. (2) zu

$$\delta E_{\Delta E = 0} = \omega LJ_w \left[1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2\right]. \quad \ldots\ldots (4)$$

---

* Vortrag der XXXIV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Aachen.

[1] Literaturübersicht bei R. Rüdenberg, Siemens-Z. Bd. 2, S. 1.

Für Freileitungen ist der Phasenwinkel zwischen den Kraftwerken daher im wesentlichen durch das Produkt aus Wirkstrom und Induktanz der Leitung bestimmt. Für Kabel dagegen wird er durch den Einfluß des überwiegenden Ohmschen Widerstandes außerordentlich vergrößert und kann so beträchtlich werden, daß die Spannungen beider Kraftwerke ganz auseinanderklappen.

Wünscht man ein unnützes Zirkulieren von Blindleistung zwischen den beiden Kraftwerken zu vermeiden, so muß man entweder durch vorgeschaltete Drosselspulen oder durch Widerstandsverminderung mit mehreren parallelen Kabeln den Quotienten in der Klammer von Gl. (4) vermindern, oder man muß eine Verschiedenheit der Spannungsvektoren E_1 und E_2 an den Enden der Übertragungsleitung zulassen. Dann kann man auf eine Übertragung von Blindstrom ganz verzichten, so daß nur die ersten Glieder der Gl. (1) und (2) auftreten. Man schaltet zu diesem Zweck einen regelbaren Zusatztransformator vor die Fernleitung, der die Differenzspannung liefert, und kann alsdann in allen Fällen unter Fortfall unnützer Blindströme die Spannungen der Kraftwerke unabhängig voneinander regeln und trotzdem stets die gewünschte Leistungsübertragung durch die Fernleitung erhalten.

Wenn man den Phasenwinkel zwischen den Stationen und damit die Spannung $\delta E = 0$ machen will, so muß man nach Gl. (2) den Blindstrom auf den Wert

$$J_b = \frac{\omega L}{R} J_w \quad \text{. . . . . (5)}$$

einregeln. Damit ist natürlich ein Größenunterschied der Spannungen verknüpft, der sich durch Einsetzen in Gl. (1) ergibt zu

$$\Delta E_{\delta E = 0} = R J_w \left[1 + \left(\frac{\omega L}{R}\right)^2\right] \quad \text{. . . (6)}$$

Für Freileitungen mit ihrer überwiegenden Induktanz würde dies sehr große Zusatzspannungen erfordern, was praktisch nicht durchführbar ist. Man hat daher immer mit einem erheblichen Phasenwinkel zwischen den zusammengeschlossenen Kraftwerken zu rechnen.

In den Kraftwerken selbst lassen sich die Wirkströme durch alleinige Verstellung der mechanischen Leistungszufuhr zu den Kraftmaschinen einstellen und regeln. Die Blindströme richten sich im wesentlichen nach der Einstellung der Erregung der elektrischen Maschinen. Da die erforderliche Erregung bei konstanter Klemmenspannung jedoch nicht nur von den Blindströmen sondern auch etwas von den Wirkströmen abhängt, so ist die Vorausbestimmung für deren genaue Einstellung nur über die magnetische Charakteristik der Maschinen möglich.

Da jedes der beiden Kraftwerke nach Abb. 1 im allgemeinen eine Eigenbelastung hat und daneben noch die Kupplungsleitung speist oder von ihr gespeist wird, so sind diese Eigenleistungen bei der eben besprochenen Einstellung der Wirk- und Blindströme in der Übertragungsleitung durch die Leistungsregler der Kraftmaschine und die Erregungsregler der elektrischen Maschine natürlich additiv mit zu berücksichtigen. Man erkennt schon hier, daß sich ein gutes Reguliersystem ganz zwanglos dadurch ergibt, daß man die Sammelschienenspannungen der Kraftwerke durch die Spannungsregler der Maschinen selbsttätig konstant hält, daß man die durch die Kupplungsleitung zu übertragende Leistung durch Zusatztransformatoren einstellt, und daß man die Leistungsregler der Kraftmaschinen in üblicher Weise auf das Gleichgewicht der Drehzahl arbeiten läßt.

Sehr häufig sind entsprechend Abb. 4a mehrere Kraftwerke untereinander durch längere Ausgleichsleitungen verbunden. Wir wollen dabei die Eigenbelastung der Kraftwerke nicht mit in Betracht ziehen, sondern denken sie uns von vornherein von der gesamten Lastverteilung in Abzug gebracht und betrachten nur die zwischen den Kraftwerken strömenden Wirk- und Blindleistungen. Für jede Kupplungsleitung gilt dann das Vektordiagramm der Abb. 2 und die daraus folgenden Gl. (1) und (2). Da die Widerstände und Selbstinduktionen aller Kupplungsleitungen bekannt sind, wenn sie auch unter sich ganz verschieden sein können, so kann man für jede gewünschte Wirk- und Blindstromverteilung in den Leitungen, wie sie z. B. in Abb. 4b und 4c dargestellt ist, die Spannungsunterschiede ΔE und δE bestimmen. Dies ist in Abb. 4d und e gemäß den Gl. (1) und (2) durchgeführt. Dadurch erhält man die unterschiedlichen Größen- und Phasendifferenzen der Spannungen in den einzelnen Kraftwerken, die dieser angenommenen Strom- oder Leistungsverteilung entsprechen. Die Wirk- und Blindleistung jedes Kraftwerks selbst, abgesehen von der Eigenbelastung seines Verbrauchsnetzes, ergibt sich stets als Differenz der Leistungen in den benachbarten Kupplungsleitungen, die in jedem Kraftwerk zusammenlaufen. Dabei ist natürlich auf die selbstverständliche Bedingung zu achten, daß die Summe der gesamten Wirkströme J_W und der gesamten Blindströme J_B aller Kraftwerke, soweit sie in die Kupplungsleitungen fließen, je für sich Null ergeben muß, also

$$\sum J_W = 0, \qquad \sum J_B = 0. \quad \text{. . . . . (7)}$$

Auch hier wird man sehr vorteilhaft mit Zusatztransformatoren arbeiten, wenn man die aus den Diagrammen oder den Gl. (1) und (2) sich ergebenden Spannungsunterschiede der miteinander gekuppelten Kraftwerke vermeiden will. Hierauf sei ausdrücklich hingewiesen, weil die Ansicht vielfach verbreitet ist, man könnte Wirk- und Blindleistung in derart zusammengeschlossenen Netzwerken nur durch Regelung der Kraftzufuhr und der Erregung beliebig verteilen. Dies gilt, wie Abb. 4 zeigt, nur dann, wenn man die Spannungen der Stationen frei schwanken läßt. Dies ist aber im allgemeinen unerwünscht, es sei denn, daß man Zusatztransformatoren vor die Eigenbelastung jeder Station schaltet, um die Schwankungen an dieser Stelle auszugleichen.

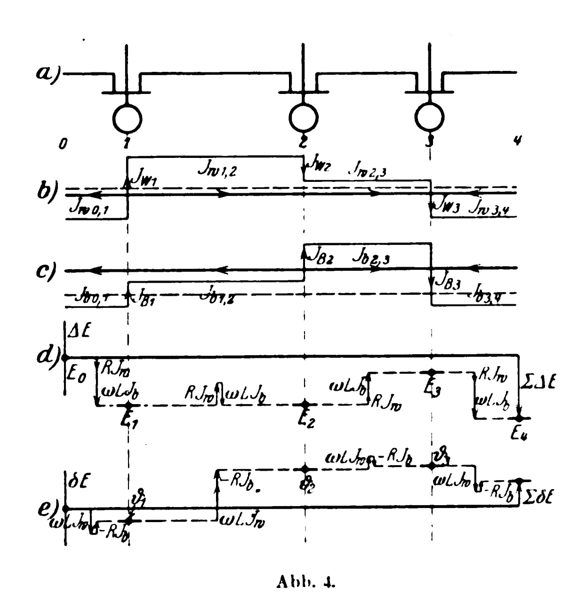


Abb. 4.

Wählt man die Blindströme zwischen den Stationen nicht frei, sondern macht man sie nach Gl. (3) stets negativ proportional den Wirkströmen in den Leitungen, so stellt sich allerdings, wie schon oben ausgeführt, die gleiche Spannung in allen Stationen ein, da alsdann ΔE nach Gl. (1) Null wird. Hierauf soll später noch näher eingegangen werden.

Manchmal liegt die Aufgabe so, daß die Spannungen E der verschiedenen Stationen mit Rücksicht auf deren eigenen Betrieb gegeben sind und außerdem die Wirkströme in den Kupplungsleitungen, die einen bestimmten Lastausgleich ergeben sollen. Dann kann man die Blindströme J_b nicht mehr beliebig wählen, sondern sie ergeben sich zwangläufig aus Gl. (1). Damit liegen dann auch die Stationsblindströme J_B als Differenz der Leitungsströme J_b fest, und man muß die Erregung der Kraftwerke so einstellen, daß diese wirklich fließen.

Schließt man die rechte und linke Kupplungsleitung von Abb. 4 kurz zusammen, so erhält man ein Ringnetz, das von drei Kraftwerken gespeist wird. Da jedoch die Spannungen am Zusammenschlußpunkt nicht die gleichen wären, so rufen die resultierenden Differenzspannungen $\Sigma \Delta E$ und $\Sigma \delta E$, wie sie in Abb. 4 dargestellt sind, überlagerte Wirk- und Blindströme hervor, die sich als Ringströme im Leitungsnetz selbst schließen und durch dessen gesamte Widerstände und Induktanzen bestimmt werden.

Löst man die Gl. (1) und (2) nach den Wirk- und Blindströmen auf, so erhält man

$$J_w = \frac{\delta E + \frac{R}{\omega L}\Delta E}{\omega L\left[1+\left(\frac{R}{\omega L}\right)^2\right]} \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

und

$$J_b = \frac{\Delta E - \frac{R}{\omega L}\delta E}{\omega L\left[1+\left(\frac{R}{\omega L}\right)^2\right]} \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

Man erkennt daraus, daß in Freileitungsnetzen mit überwiegender Induktanz der überlagerte zirkulierende Blindstrom vor allem durch die Größendifferenz $\Sigma\Delta E$, der überlagerte Wirkstrom vor allem durch die Phasendifferenz $\Sigma\,\delta E$ gegeben ist. Diese Ströme fließen an den Kraftwerksmaschinen vorbei und verschieben daher lediglich die Nullinien der Stromdiagramme in Abb. 4, die dadurch die gestrichelte Lage erhalten. Die Kraftwerksströme selbst bleiben durch den Zusammenschluß zum Ring dagegen zunächst unverändert. Erst die Änderung der Spannung in den Stationen kann durch Rückwirkung auf die Maschinen sekundär eine Änderung von deren Stromabgabe bewirken.

Da die überlagerten Ringströme meist unnütze Energieverluste im Leitungsnetz hervorrufen, so wird man danach trachten, sie zu vermeiden. Dazu stehen zwei verschiedene Wege offen. Die erste Möglichkeit besteht darin, die eben besprochenen Differenzspannungen am Zusammenschlußpunkt zum Verschwinden zu bringen. Dafür müssen die Spannungssummen von Gl. (1) und (2) im ganzen Ring zu Null werden. Es muß also sein

$$\left.\begin{aligned}\sum (R\,J_w + \omega\,L\,J_b) = 0\\ \sum (\omega\,L\,J_w - R\,J_b) = 0\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

Zeichnet man das Diagramm der Leitungsströme nicht wie in Abb. 4 über der Streckenlänge auf, sondern stellt man für die erste Gl. (10) die Wirkströme über dem Widerstand, die Blindströme über der Induktanz der Kupplungsleitungen dar, und für die zweite Gl. (10) entgegengesetzt, so müssen die über- und unterschießenden Flächen der Diagramme jeweils Null ergeben. Dies erfordert also eine ganz bestimmte Einstellung der Ströme in den Leitungen und damit auch der Spannungen an allen Leitungsenden oder Sammelschienen, die man nicht immer wird erreichen können.

Der zweite Weg besteht darin, die Differenzspannungen beim Zusammenschluß durch einen Zusatztransformator zu kompensieren, indem man die beiden aufeinander senkrecht stehenden resultierenden Spannungen ΔE und δE künstlich einführt. Zerteilt man diesen Zusatztransformator nach Abb. 5 auf alle drei Kraftwerke, so kann man den Ausgleich der Spannungen nicht nur insgesamt, sondern bereits bei jeder Kupplungsleitung für sich erzielen und wird nach dem früher Gesagten weitgehend unabhängig in der selbständigen Spannungsregelung der drei Kraftwerks-Sammelschienen für sich.

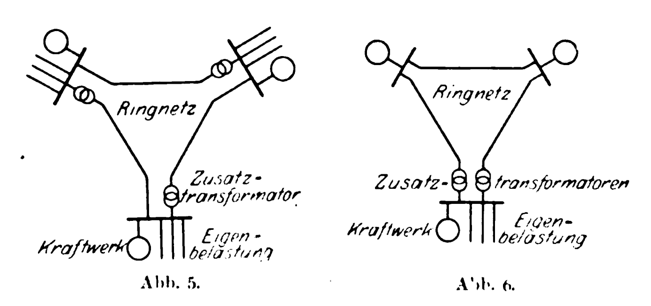


Abb. 5. Abb. 6.

Wünscht man die Regelung der Wirk- und Blindleistung in den Ausgleichsleitungen vor allem für ein bestimmtes Kraftwerk durchzuführen, so genügt es unter Umständen, entsprechend Abb. 6 nur zwei Zusatztransformatoren in diesem vorzusehen, von denen jeder die halbe Differenzspannung von Abb. 4 aufzunehmen hat. Da die Sammelschiene dieser Station in der Mitte beider Regeltransformatoren angeschlossen ist, so wird deren Spannung sich beim Regeln nicht erheblich ändern. Es wird vielmehr nur der Fluß der Wirk- und Blindleistungen von der einen auf die andere Leitung willkürlich herübergeschoben, ohne daß sich dadurch die Leistungs- und Blindleistungserzeugung in den drei Stationen selbst erheblich ändert.

Die Verteilung der Wirk- und Blindleistung auf die drei Kraftwerke selbst richtet sich wieder nach der Einstellung von deren Kraftmaschinen- und Erregerstromreglern, immer unter der wichtigen Bedingung der Gl. (7), daß die Summe aller Wirkströme und Blindströme für sich Null ergeben muß, weil im Kupplungsleitungsnetz keine Energie verbraucht wird, wenn man von Verlusten, Ladeströmen und ähnlichen parasitären Erscheinungen zunächst absieht.

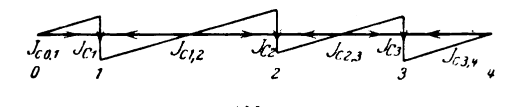


Abb. 7.

Will man die Ladeströme des Leitungsnetzes mit berücksichtigen, was bei längeren Hochspannungsleitungen notwendig ist, so kann man sich ihre Verteilung auf die Leitungen nach Abb. 7 ganz getrennt aufzeichnen. Der gesamte Ladestrom ist bei einigermaßen konstanter Spannung im Netz fest gegeben, man kann ihn jedoch ganz willkürlich auf die verschiedenen Kraftwerke verteilen. Für die Verluste ergibt sich die günstigste Verteilung, wenn jedes Kraftwerk die ihm anliegende Hälfte aller Kupplungsleitungen auflädt, so daß die Ladeströme in der Mitte der Leitungen Null sind und nach rechts und links auf die Kraftwerke zu linear zunehmen. Sind einzelne Kraftwerksmaschinen nicht imstande, einen entsprechenden Ladestrom herzugeben, so muß man eine ungünstigere Verteilung mit vermehrten Verlusten in Kauf nehmen. Auf alle Fälle braucht man nur diese Ladestromverteilung nach Abb. 7 der Blindstromverteilung nach Abb. 6 zu überlagern, um die Gesamtverteilung der Ströme zu erhalten.

Ganz entsprechend diesen Überlegungen hat man auch bei komplizierter vermaschten Netzen zu verfahren. Man wird stets die Leistungen, die jedes Kraftwerk in sein eigenes Belastungsnetz speist, absondern von derjenigen, die es ins gekuppelte Netz speist oder von ihm erhält. Die Summe der letzteren nach Wirk- und Blindstrom muß notwendig Null ergeben, die beabsichtigte Verteilung richtet sich nach den gewünschten wirtschaftlichen Effekten des Lastausgleichs. Schaltet man in jede Kupplungsleitung oder auch vor jede Abnahmestelle der Belastung einen Regeltransformator, so ist hierdurch der sicherste Weg gegeben, durch jede Leitung den gewollten Wirkstrom- und Blindstromausgleich zu erzielen und dabei die Spannung jedes Kraftwerksnetzes unabhängig zu regeln oder konstant halten zu können.

2. Stabilität von Maschinen und Kraftwerken[2].

Wir sahen schon früher, daß bei sehr ungünstigen Lagen des Spannungsabfall-Dreiecks, z. B. in Abb. 3, keine geregelte Leistungsübertragung durch die Kupplungsleitung möglich ist, insbesondere wenn man die Größe der Kraftwerksspannungen ganz oder nahezu konstant halten will. Zahlenmäßig ist die von der Station *1* auf die Station *2* übertragene Wirkleistung

$$W = E_2 J_w = \frac{E_2}{\omega L}(\delta E + R\,J_b), \quad \ldots \quad (11)$$

wobei der Wert des Wirkstromes aus Gl. (2) eingesetzt ist. Wir können nun den Winkel ϑ zwischen den Kraftwerksspannungen nach Abb. 2 einführen, entweder durch die Beziehung

$$\delta E = E_1 \sin\vartheta, \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

oder durch

$$\Delta E + E_2 = E_1 \cos\vartheta. \quad \ldots\ldots \quad (13)$$

Setzen wir den Wert der Gl. (12) in (11) ein und beschränken wir uns außerdem auf ungefähr größengleiche Kraftwerksspannungen, so daß wir Gl. (3) in (11) einsetzen dürfen, so erhalten wir für die auf Kraftwerk *2* übertragene Leistung die Beziehung

$$W = \frac{E^2}{\omega L}\cdot\frac{\sin\vartheta}{1+\left(\frac{R}{\omega L}\right)^2} \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

Die Kupplungsleistung hängt also nicht nur von Widerstand und Induktanz der Leitung und vom Qua-

[2] Literatur vor allem im J. Am. Inst. El. Engs. seit 1920; ferner W. Peters, ETZ 1926, S. 917.

drat der Spannung ab, sondern sie ist auch dem Sinus des Phasenwinkels zwischen den Spannungsvektoren der beiden Stationen proportional. Erzwingen wir also durch entsprechende Einstellung der Leistungsregler an den Kraftmaschinen den Durchtritt einer bestimmten Leistung, so stellt sich je nach Widerstand, Induktanz und Spannungshöhe ein ganz bestimmtes Vektordiagramm entsprechend Abb. 3 ein, mit einem Winkel, der sich aus Gl. (14) nunmehr leicht berechnen läßt.

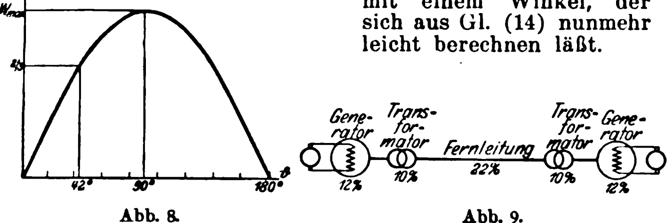


Abb. 8. Abb. 9.

In Abb. 8 ist der Zusammenhang der übertragenen Wirkleistung mit diesem Winkel dargestellt. Dabei ist zu beachten, daß die Wirkleistung im allgemeinen die primäre Tatsache ist und der Winkel sich danach einstellt. Anfangs nimmt er proportional mit der Leistung zu, schließlich aber wächst er sehr viel schneller, und mehr als eine maximale Leistung

$$W_{max} = \frac{E^2}{\omega L \left[1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2\right]} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (15)$$

ist überhaupt nicht übertragbar. Der Winkel zwischen den Spannungsvektoren und damit auch zwischen den Maschinen in den beiden Kraftwerken wächst daher bei Erreichung dieser Grenzlast rapide an, die Kraftwerke fallen außer Tritt und ihre Maschinen laufen mit ihren Spannungsphasen durcheinander hindurch.

Wir sehen also, daß wir durch jede Leitung nur eine bestimmte maximale Leistung übertragen können, die bei Hochspannungsleitungen mit relativ geringem Widerstand in erster Linie vom Quadrat der Spannung und der Induktanz der Leitung abhängt. Je länger die Leitung ist, um so geringer ist die übertragbare Leistung, wenn man nicht die Spannung entsprechend erhöht. Man wird dabei praktisch natürlich nicht bis an den Grenzwert von Gl. (15) herangehen können, damit nicht bei jeder leisen Lastschwankung die Kraftwerke außer Tritt fallen. Rechnet man für den wirklichen Betrieb mit einem höchsten Winkel von $\vartheta = 42°$, so erhält man ein $\sin \vartheta = 0{,}67$, so daß eine derartige Leitung nach Abb. 8 noch eine um 50 % höhere Grenzleistung besitzt.

Unter Vernachlässigung des Widerstandsgliedes ergibt sich der zulässige induktive Spannungsabfall des Wirkstromes der Leitung im Verhältnis zur Netzspannung aus Gl. (14) zu

$$\frac{\omega L J_w}{E} = \frac{E^2 \sin \vartheta}{W} \cdot \frac{J_w}{E} = \sin \vartheta \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (16)$$

Im allgemeinen wird man einen Leistungsfaktor von 100 % anstreben. Man darf dann bei einem Winkel von $\vartheta = 42°$ mit nicht mehr als höchstens 66 % induktivem Abfall arbeiten. Bedenkt man nun, daß gemäß Abb. 9 solche Fernleitungen an ihren Enden im allgemeinen Transformatoren mit erheblicher Streuspannung, vielleicht von 10 %, besitzen, so kommt man auf einen Betrag für die Leitung allein von knapp 50 %.

Nun ist es aber nicht möglich, die Spannung an den Sammelschienen derartiger Großleistungsübertragungen so schnell zu regeln, daß sie während starker Lastschwankungen oder Pendelungen absolut konstant bleibt. Ganz ohne Spannungsregelung würde der Erregerstrom der Generatoren konstant bleiben, so daß man die gesamte Streuung und Ankerrückwirkung der Maschinen mit in die induktive Spannung hineinrechnen müßte. Da diese für jeden Generator weit mehr als 25 % betragen, so bliebe für die Fernleitung fast nichts mehr übrig. Mit guten heutigen Spannungsreglern kann man es aber erreichen, daß zwar nicht die Klemmenspannung der Maschinen, aber doch wenigstens ihr Luftspaltfeld einigermaßen konstant bleibt, so daß als schwankender Teil nur die Streuspannung der Statorwicklung zu betrachten ist, die eine Größe von etwa 12 % besitzt. Berücksichtigt man dies, so bleibt für die Fernleitung noch ein zulässiger Rest von etwa 22 % induktivem Spannungsabfall des Wirkstromes übrig. Dies entspricht einem Winkel ϑ, für die Leitung allein gerechnet, von nur etwa 12 bis 15°. Bei üblichen Drehstrom-Freileitungen mit einer Betriebsinduktivität von 0,4 Ω/km führt das nach Gl. (14) beispielsweise bei Übertragung von 100 MW Leistung mit 200 kV Spannung auf eine Leitungslänge von 220 km. Ohne besondere Hilfsmittel ist es daher nicht möglich, eine derartige elektrische Leistung über größere Entfernungen stabil zu übertragen. Für andere Spannungen und Leistungen ist die maximale Entfernung für eine stabile Kraftübertragung in Zahlentafel 1 ausgerechnet, wobei für jede Station mit 22 % Streuung von Generator und Transformator gerechnet ist.

Zahlentafel 1. Drehstrom-Freileitungslängen zwischen stabilen Kraftwerken in Kilometer.

E in kV	Übertragene Leistung in MW						
	10	20	50	100	200	500	1000
30	50	25	10	—	—	—	—
50	140	70	28	14	—	—	—
100	550	280	110	55	28	11	—
150	1250	630	250	125	63	25	12
200	2200	1100	450	220	110	45	22
300	5000	2500	1000	500	250	100	50
400	9000	4500	1800	900	450	180	90

Die Beziehungen (14) und (15) sind die gleichen, die man auch aus der Theorie der pendelnden Synchronmaschine kennt. Sie gelten aber tatsächlich viel allgemeiner, z. B. auch für asynchrone Generatoren, Motoren usw. Bei Synchrongeneratoren, wie sie in unseren Kraftwerken vorwiegend angewandt werden, stellen die Spannungsvektoren gleichzeitig die räumliche Lage der rotierenden Polräder zueinander dar, wenn man die innere Induktanz mit in ωL einbezieht.

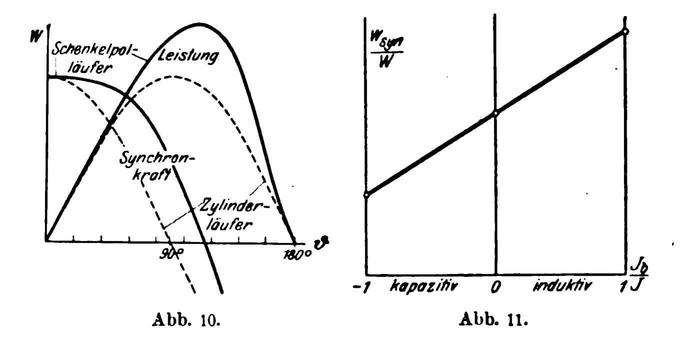


Abb. 10. Abb. 11.

Nun wissen wir aber, daß insbesondere Schenkelpolgeneratoren unterschiedliche Ankerreaktanz in der Längs- und Querrichtung des Hauptflusses besitzen, und daher ist die Abhängigkeit der Leistung vom Voreilungs- oder Pendelwinkel ϑ bei ihnen nicht mehr durch eine reine Sinuskurve gegeben. In Abb. 10 ist der Unterschied für Zylinderläufer von Turbogeneratoren und Schenkelpolläufer von Kolben- oder Wasserkraftmaschinen dargestellt. Gleichzeitig ist dort auch die Kurve der synchronisierenden Kräfte solcher Maschinen eingetragen, die sich durch Differentiation der Leistungskurve ergibt und die direkt die mechanischen Kräfte oder Drehmomente darstellt, die auf die Polräder von parallellaufenden Synchronmaschinen wirken, um sie im Takt zu halten. Bei Turbogeneratoren ist bereits bei 90° Phasenwinkel keinerlei synchronisierende oder takthaltende Kraft vorhanden, bei Schenkelpolgeneratoren erreicht die Kurve erst 10 bis 20° später ihren Nullwert, so daß man in der Belastungsgrenze bei diesen Maschinen etwas weiter gehen kann.

Jeder Belastung eines Synchrongenerators, sei es nun positive oder negative Wirklast, voreilende oder nacheilende Blindlast, entspricht ein bestimmtes Vektordiagramm der Maschine und damit eine bestimmte synchronisierende Leistung. Die genaue Theorie und ebenso eine Reihe von Versuchen zeigen, daß diese takthaltende Kraft fast nur abhängig ist von der relativen Streuspannung E_s/E der Statorwicklung, von der Streuspannung E_q/E des Ankerquerfeldes, beide bezogen auf den Nennstrom, und von dem relativen Blindstrom J_b/J, den die Maschine liefert, während der Wirkstrom nur recht geringen Einfluß besitzt. Das Verhältnis von synchronisierender Leistung zur tatsächlichen Wirkleistung ist sehr nahezu

$$\frac{W_{syn}}{W} = \frac{1}{\frac{E_s}{E} + \frac{E_q}{E}} + \frac{J_b}{J} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (17)$$

In Abb. 11 ist dies Verhältnis abhängig von der Blindbelastung aufgetragen, und man erkennt, daß die synchronisierenden Kräfte bei Leerlauf oder Wirkbelastung der Maschinen den normalen Wert besitzen, daß sie bei Abgabe von induktivem Strom und dementsprechender Übererregung der Maschine stark anwachsen, daß sie jedoch bei Abgabe kapazitiven Stromes und Untererregung des Feldes auf sehr geringe Werte herabsinken. Da nun lange Kupplungsleitungen mit ihren hohen Spannungen starke kapazitive Ströme besitzen, die von den Generatoren in den Kraftwerken gedeckt werden müssen, so sieht man, daß deren takthaltende Kräfte durch diese Verhältnisse stark reduziert werden.

Bisher haben wir nur elektromechanische Gleichgewichtszustände der Leitungen und Maschinen betrachtet. Es treten aber durch Ab- und Zuschalten von Lasten und zahlreiche andere Betriebserscheinungen häufig Gleichgewichtsstörungen auf, die wir näher verfolgen wollen. Wenn wir eine Übertragungsleitung entsprechend Abb. 8 mit ⅔ ihrer jeweils maximal möglichen Leistung belasten, so wird eine langsame Zunahme der Belastung bis dicht unter den Grenzwert gerade noch zulässig sein. Erfolgt diese Zunahme aber stoßweise, so kann sich das Polrad der Synchronmaschine nicht sofort auf den neuen Zustand einstellen, seine Geschwindigkeit wird vielmehr unter dem Einfluß des Laststoßes vergrößert oder verkleinert, bis zu dem Augenblick, wo es den Gleichgewichtswinkel durchschreitet. Liegt dieser beim Kulminationspunkt der Synchronisiercharakteristik von Abb. 8, so hat die Maschine eine falsche Geschwindigkeit in dem Augenblick, wo die synchronisierenden Kräfte in Fortfall gekommen sind, und daher überschlägt sich das Polrad und kommt außer Tritt.

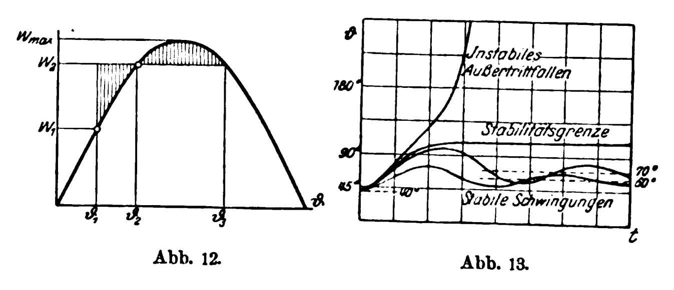


Abb. 12. Abb. 13.

Es ist daher nur zulässig, dynamisch einen kleineren Stoß auf die Synchronmaschine zu geben, als man nach der rein statischen Betrachtung erwarten würde. In Abb. 12 ist der höchste Grenzwert des Belastungsstoßes ermittelt. Die Maschine fährt zunächst bei der Belastung W_1 mit dem Winkel ϑ_1. Tritt nun stoßweise eine Zusatzlast bis auf den Wert W_2 ein, so schwingt das Polrad bis zum Gleichgewichtswinkel ϑ_2 unter allmählicher Steigerung seiner elektromechanischen Leistung entsprechend der Sinuskurve. Die schraffierte Fläche stellt die Differenz zwischen der Stoßbelastung und der von der Maschine umgesetzten Leistung, also die in der Polradschwungmasse aufgespeicherte Arbeit dar. Beim Überschwingen über den Gleichgewichtswinkel ϑ_2 wird diese vom Polrad zurückgegeben, jedoch ist dies nur dann möglich, wenn die schraffierte Fläche oberhalb der neuen Belastungslinie W_2 größer ist als unter derselben. Andernfalls kehrt das Polrad nicht mehr zurück, sondern fällt außer Tritt.

Es ergibt sich durch zahlenmäßige Auswertung etlicher Fälle, daß die dynamische Stoßbelastung über irgendeine Vorbelastung hinaus nur etwa 70 % der statisch möglich erscheinenden Belastungssteigerung ist. Je größer die Vorbelastung war, um so geringer ist natürlich der zulässige Belastungsstoß im gleichen Sinne. Bei Dauerbelastung mit 42 ° Phasenwinkel und ⅔ der Grenzleistung ist also eine allmähliche Leistungssteigerung um höchstens 50 %, dagegen eine stoßweise Mehrbelastung von nur 35 % bis zur Erreichung der Stabilitätsgrenze möglich. Praktisch muß man natürlich noch darunter bleiben.

Besitzt die Synchronmaschine eine Dämpferwicklung, was bei Turbogeneratoren immer, bei Schenkelpolgeneratoren häufig der Fall ist, so wird die Überschußenergie in den schraffierten Flächen der Abb. 12 schon vorzeitig aufgezehrt. Das Polrad schwingt daher weniger stark über die Gleichgewichtslage hinaus und man kann einen stärkeren Belastungsstoß zulassen, der sich für praktische Verhältnisse zu etwa 80% der statischen Belastungssteigerung bestimmen läßt. Abb. 13 stellt aus einer eingehenderen Untersuchung[3] einige Kurven dar, die das zeitliche Einschwingen des Polrades beim Auftreten geringerer Belastungsstöße zeigen, während bei größeren Belastungsstößen der Kulminationspunkt und schließlich Außertrittfallen erreicht wird.

Umgekehrt wie die Dämpferwicklung im Läufer wirkt der Widerstand im Statorkreis der Synchronmaschinen auf eine Anfachung der Schwingungen hin. Theoretisch und durch Versuche wurde ermittelt, daß angefachte Schwingungen auftreten, wenn das Verhältnis

$$\left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2 \frac{R}{\omega L} \geqq 0{,}06 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

ist, wobei sich R und ωL auf die gesamte Leitungsbahn beziehen.

Weiterhin können angefachte Schwingungen auch leicht durch die Einwirkung der Kraftmaschinenregler hervorgerufen werden. Diese Geschwindigkeitsregler arbeiten keineswegs momentan, sondern ihre Wirkung eilt der anregenden Ursache um eine bestimmte Zeit nach, die praktisch manchmal in der Größenordnung einer halben Sekunde liegt. Da nun die elektromechanischen Eigenschwingungen des Polrades fast durchweg in der Größenordnung einer Sekunde liegen, so kann es vorkommen, daß der Kraftmaschinenregler jede Beeinflussung gerade eine halbe Periode der elektrischen Eigenschwingung zu spät vornimmt und das Polrad daher zu verstärktem Schwingen anfacht.

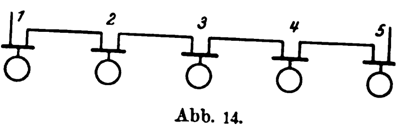


Abb. 14.

Alle diese Erscheinungen bewirken, daß der oben berechnete Grenzwert der Entfernung nach Zahlentafel 1, auf den sich elektrische Energie stabil übertragen läßt, erheblich reduziert werden muß, wenn man schwere Gleichgewichtsstörungen der Kraftwerke erwartet. Hat man jedoch eine Reihe von Zwischenstationen nach Abb. 14 zur Verfügung, oder ordnet man nach dem Vorschlag von Baum[4] im Zuge einer sehr langen Leitung derartige Zwischenstationen künstlich in Entfernungen an, die kleiner sind als nach Zahlentafel 1, und rüstet sie mit derart gut geregelten Maschinen aus, daß ihre Spannungsvektoren nach Abb. 15 ihre Größe auch unter ungünstigen Umständen möglichst aufrecht erhalten, so zerteilt man hierdurch die gesamte induktive und Ohmsche Spannung längs der Leitung in zahlreiche Einzelteile, verringert dadurch den Winkel zwischen den unmittelbar parallel arbeitenden elektrischen Maschinen auf einen Bruchteil und kann nunmehr die Energie auf jede beliebige Gesamtentfernung übertragen.

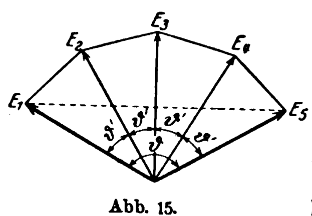


Abb. 15.

Während sich bei einer sehr langen Leitung ohne Zwischenstationen ein sehr großer Winkel ϑ ergeben würde, der völlig unstabil wäre, hat man jetzt zwischen je zwei benachbarten Stationen mit selbständig gehaltener Spannung den viel kleineren Winkel ϑ', den man durch eine angemessen große Zahl von Zwischenstationen stets innerhalb der Stabilitätsgrenze halten kann. Die Leistungsfähigkeit der Maschinen in den Zwischenstationen braucht an sich nicht groß zu sein, sie müssen nur so starr gebaut sein und so schnell geregelt werden, daß sie die Spannung bei allen Wechselfällen unbedingt aufrecht erhalten. Dazu genügt im allgemeinen eine Maschinengröße von ⅓ bis ½ der übertragenen Leistung in der Fernleitung. Wirkleistung brauchen diese Maschinen überhaupt nicht abzugeben, jedoch läßt man sie zweckmäßigerweise Blindleistung aufnehmen oder abgeben, um die mit wechselnder Belastung sich ändernden kapazitiven und induktiven Leistungen der Leitung zu kompensieren und dadurch sowohl diese wie die Endstationen von Blindleistung zu entlasten.

[3] F. Ollendorff u. W. Peters, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 5, S. 7
[4] F. S. Baum, Transact. Am. Inst. El. Engs. Bd. 40, S. 1017.

3. Kraftübertragung durch lange Fernleitungen[5].

Wenn wir erhebliche Energiemengen auf große Entfernung übertragen wollen, wozu nach Gl. (14) hohe Spannung erforderlich ist, so ist es nicht mehr zulässig, die Kapazität der Fernleitung zu vernachlässigen. Wir wissen nun, daß das gemeinsame Vorhandensein von Selbstinduktion und Kapazität der Leitungen bewirkt, daß sich **Wellen auf denselben ausbreiten** können, die in Luft mit der Lichtgeschwindigkeit

$$v = \pm \frac{1}{\sqrt{l\,c}}, \qquad (19)$$

in dichteren Mengen entsprechend langsamer verlaufen, wobei l und c die Selbstinduktion und Kapazität der Fernleitung für die Längeneinheit bezeichnen. Für Freileitungen ist diese Geschwindigkeit rd. 300 000 km/s, für Kabel etwa 150 000 km/s, in beiden Fällen also außerordentlich groß.

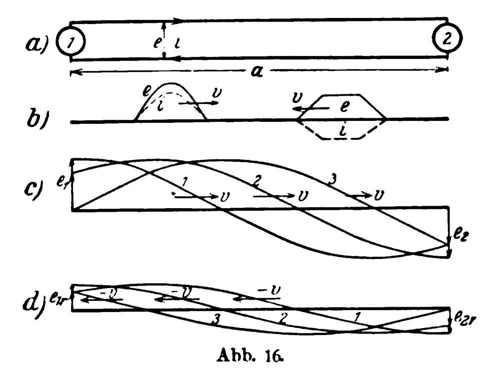


Abb. 16.

Die räumliche Form der Wellen kann allgemein genommen sehr verschiedenartig sein. Da die Geschwindigkeit jedes Wellenteiles jedoch dieselbe ist, so **stimmt der räumliche Verlauf** eines bestimmten Wellensystems längs der Leitung stets **genau mit dem zeitlichen Verlauf** an irgendeinem Punkt, z. B. am Anfang der Leitung, überein. Die Wellen können im Prinzip in jeder Richtung der Leitungserstreckung verlaufen, was durch die beiden Vorzeichen der Gl. (19) angedeutet ist. Für jede **Laufrichtung** ergibt sich aus den elektromagnetischen Grundgleichungen, daß **Spannung und Strom** an jeder Stelle und zu jeder Zeit **einander proportional** sind, und daß ihr Quotient ist

$$\frac{e}{i} = \pm \sqrt{\frac{l}{c}} = \pm Z. \qquad (20)$$

Durch die Wurzel aus dem Verhältnis von Selbstinduktion und Kapazität der Leitung wird also eine feste Größe bestimmt, die man kurz als **Wellenwiderstand der Fernleitung** bezeichnet. Für oberirdische Leitungsschleifen liegt sein Wert in der Größenordnung von 750 Ω, für Kabel von 75 Ω. Der Betriebswellenwiderstand für Drehstromleitungen hat den halben Wert dieser Zahlen.

Welches Vorzeichen das Verhältnis von Spannung zu Strom nach Gl. (20) besitzt, hängt von der Laufrichtung der Wellen nach Gl. (19) ab. In Abb. 16 b ist für je eine ganz willkürlich herausgegriffene vorwärtslaufende und rückwärtslaufende Wellenform auf der Fernleitung ein Moment herausgezeichnet. Da Strom und Spannung für die vorwärts- und rückwärtslaufenden Wellen je für sich stets proportional sind, so sind sie notwendig gleichphasig, d. h., **jede Welle überträgt lediglich Wirkleistung**, deren Wert sich bestimmt zu

$$W = e\,i = \pm i^2 Z = \pm \frac{e^2}{Z}. \qquad (21)$$

Der Ohmsche **Widerstand** der Fernleitung bewirkt, daß jeder einzelne Punkt der Wellen während seines Laufes über die Leitungserstreckung x exponentiell gedämpft wird nach der Beziehung

$$\frac{e}{e_0} = \frac{i}{i_0} = \varepsilon^{-\frac{r}{2Z}x}, \qquad (22)$$

also entsprechend dem Verhältnis des Leitungswiderstandes zum Wellenwiderstand. Dies ergibt bei einer Leitung mit 0,15 Ω/km Widerstand erst nach 1000 km Freileitung oder 100 km Kabellänge einen Spannungs- und Stromverlust von rd. 10 %. Wir wollen unsere folgenden Betrachtungen daher zunächst unter Vernachlässigung dieser Verluste durchführen und können die Wirkung des tatsächlich vorhandenen Widerstandes jederzeit durch eine Korrektur nach Gl. (22) berücksichtigen.

Wenn wir in Abb. 16 die Spannung an der Erzeugerstation *1* zeitlich sinusförmig variieren lassen, so pflanzt sich jeder augenblickliche Zustand mit Lichtgeschwindigkeit über die Leitung fort, so daß sich auf dieser **räumliche Sinuswellen** ausbilden, wie es in Abb. 16 c für drei aufeinanderfolgende Momente dargestellt ist. Durch Übereinanderlagerung von vorwärts- und rückwärtslaufenden Strom-Spannungswellen können wir nun jeden beliebigen elektromagnetischen Zustand auf der Fernleitung darstellen. Wir können z. B. zu den vorwärtslaufenden Sinuswellen der Abb. 16 c noch **rückwärtslaufende Wellen** nach Abb. 16 d hinzufügen. Da die Spannungen und Ströme dieser verschiedenen Wellensysteme zwar sinusförmig aber keineswegs gleichphasig sind, so können wir damit in jedem Punkt der Leitung **beliebige Wirk- und Blindleistungen** zur Darstellung bringen. Die gesamten Ströme und Spannungen setzen sich dabei natürlich aus den Teilwerten aller vorwärts- und rückwärtslaufenden Wellen zusammen:

$$\left.\begin{aligned} e &= e_v + e_r \\ i &= i_v + i_r \end{aligned}\right\} \qquad (23)$$

Da wir bei jeder Fernleitung eine bestimmte Leistung, und zwar im allgemeinen eine gewisse Wirkleistung, möglichst wirtschaftlich vom einen bis zum anderen Ende übertragen wollen, so sehen wir, **daß es zweckmäßig ist, nur das vorwärtslaufende Wellensystem zwischen der energieerzeugenden Station *1* und der energieverbrauchenden Station *2* zu benutzen.** Jedes außerdem vorhandene rücklaufende Wellensystem wird nach Gl. (23) einerseits die Ströme in der Leitung und damit die Ohmschen Stromwärmeverluste, anderseits die Spannung auf der Leitung und damit die Isolationsbeanspruchung ganz unnötig vergrößern. Da nun im vorwärtslaufenden sinusförmigen Wellensystem nach Abb. 16 c Strom und Spannung über die ganze Leitungserstreckung und daher auch an den Endpunkten der Leitung genau in Phase sind, so sehen wir, daß die **Forderung möglichst großer Wirtschaftlichkeit der Übertragung die Bedingung zur Folge hat, die Leistung nur als Wirkleistung**, also mit dem Leistungsfaktor 1 **zu übertragen.** Wir müssen daher **Strom und Spannung in den Endstationen** so einregeln, daß sie dort **in Phase sind.** Dann vermeiden wir unnütze Reflexionen der Wellen an den Enden mit ihrer überflüssigen Beanspruchung der Leitung.

Eine zweite Bedingung, die wir den Endstationen auferlegen müssen, besteht darin, daß sie **das richtige Strom- und Spannungsverhältnis** von Gl. (20) besitzen müssen, das für den einseitigen Verlauf der Wellen erforderlich ist. Schreiben wir dies jetzt in Effektivwerten E und J des sinusförmigen Stromes für vorwärtslaufende Leistungswellen nochmals an, so muß sowohl in den Endstationen als auch auf der ganzen Leitungserstreckung sein

$$\frac{E}{J} = Z = \sqrt{\frac{l}{c}}. \qquad (24)$$

Die übertragene Leistung wird damit

$$W_n = J^2 Z = \frac{E^2}{Z}. \qquad (25)$$

Wir wollen diesen Betrag die **natürliche Leistung der Fernleitung** nennen, weil hierbei die einfachsten und natürlichsten Verhältnisse hinsichtlich des Leistungsfaktors, der Fortpflanzungsrichtung, der Energie und der Wellenreflexion an den Enden vorliegen.

Da die Wellenwiderstände aller Freileitungen unter sich und aller Kabel unter sich nicht allzu sehr verschieden sind, so hängt diese natürliche Leistung **fast nur von der Betriebsspannung** ab. In Zahlentafel 2

Zahlentafel 2. Natürliche Leistungen von Fernleitungen in MW.

E in kV	Freileitung		Kabel	
	1 phasig	3 phasig	1 phasig	3 phasig
30	1,2	2,4	12	24
50	3,3	6,6	33	66
100	14	27	140	270
150	30	60	300	600
200	55	110	550	1100
300	120	240	—	—
400	210	430	—	—

[5] Literatur und Methodik bei R. Rüdenberg, Elektrische Schaltvorgänge. Kap. 34, Verlag Julius Springer, Berlin 1926; ferner O. Burger, Berechnung von Drehstrom-Kraftübertragungen, Verlag Julius Springer, Berlin 1927.

ist für eine Reihe normaler Spannungen die natürliche Leistung von Freileitungen mit 750 Ω und Kabeln mit 75 Ω Wellenwiderstand auf Grund der Gl. (25) für Ein- und Dreiphasenstrom ausgerechnet. Da nur diese so berechneten Leistungen eine volle Ausnutzung des Leitungskupfers und der Leitungsisolation gewährleisten, so sieht man, daß zur Übertragung von größeren Leistungen von mehreren 100 000 kW über einen Leitungsstrang bei Freileitungen Spannungen von mehreren 100 kV erforderlich sind, während sich bei Kabeln die Spannung noch unter 100 kV hält. Dies ist ein offenbarer Vorteil von Kabelleitungen zur Fernübertragung.

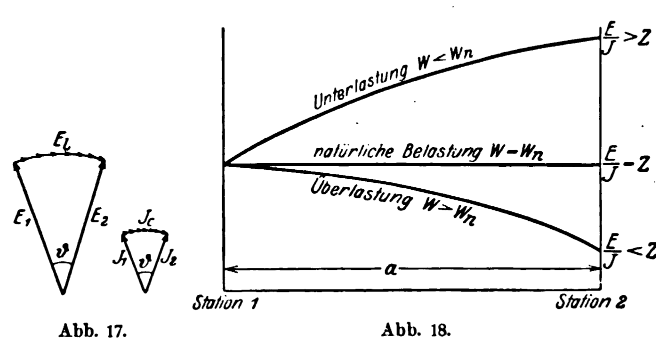


Abb. 17. Abb. 18.

Wenn man mit diesen natürlichen Leistungen der Kraftübertragung arbeitet, so bleiben die Strom- und Spannungswerte längs der Leitung konstant, wie es in Abb. 16 c dargestellt ist. Die Empfangsstation 2 erhält Strom und Spannung mit demselben Betrage, den die Sendestation in die Leitung hineinschickt. Kapazitive Ladeströme und induktive Spannungsabfälle vermögen den Zahlenwert der Ströme und Spannungen nicht zu ändern. Diese kommen nur um die Laufzeit auf der Leitung später am Leitungsende an, die sich berechnet als Quotient von Leitungslänge a und Laufgeschwindigkeit v. Wegen dieser Verzögerungszeit besitzen die Spannungen und Ströme am Leitungsende eine Phasenverzögerung ϑ gegenüber ihren Werten am Leitungsanfang, die in Abb. 17 dargestellt ist. Ihr Wert berechnet sich als Produkt von Kreisfrequenz und Verzögerungszeit zu

$$\vartheta = \frac{\omega a}{v} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (26)$$

Dieser Phasenunterschied ist demnach direkt proportional der Länge der Fernleitung a und außerdem abhängig von der Frequenz ω, die fast immer gegeben ist, und der Geschwindigkeit v, die nur für Kabel und Freileitungen unterschiedlich ist. In Zahlentafel 3 ist der Wert der

Zahlentafel 3. Phasenwinkel, relative Ladeströme und induktive Spannungen für 50 Per/s.

Freileitung . . . . a =	10	100	200	400	600	800	1000 km
Kabel . . . . a =	5	50	100	200	300	400	500 km
$\frac{\omega a}{v}$ . . . . =	0,01	0,105	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05
ϑ . . . . =	0,6	6	12	24	36	48	60 Grad

Gl. (26) sowohl im Bogenmaß als auch in Winkelgraden für verschiedene Leitungslängen ausgerechnet.

Die allmähliche Drehung der Strom- und Spannungsvektoren längs der Leitung nach Abb. 17 wird durch die induktiven Spannungen E_l und die kapazitiven Ströme J_c bewirkt. Dabei steht in jedem Punkt der Leitung, wie man aus dem Diagramm der Abb. 17 ersieht, der Ladestrom genau senkrecht auf dem dort herrschenden Leitungsstrom und die induktive Spannung genau senkrecht auf der dort herrschenden Leitungsspannung.

Die Größe des gesamten Ladestromes für die Leitungslänge a ist

$$J_c = \omega c a E. \quad \ldots \ldots \ldots \quad (27)$$

Ersetzt man die Spannung hierin durch ihren Wert aus Gl. (24) für die natürliche Leistungsübertragung und führt die Laufgeschwindigkeit nach Gl. (19) ein, so erhält man

$$J_{cn} = \omega c a J_n \sqrt{\frac{l}{c}} = \frac{\omega a}{v} J_n. \quad \ldots \ldots \quad (28)$$

Der totale Ladestrom der Fernleitung bei ihrer natürlichen Belastung läßt sich daher aus dem natürlichen Belastungsstrom durch Multiplikation mit dem schon bekannten Quotienten $\omega a/v$ berechnen, und wir sehen aus Zahlentafel 3, daß der Ladestrom für 50 Per/s bei Freileitungen von 500 km bereits die Hälfte, bei solchen von 1000 km Länge den vollen Wert des natürlichen Belastungsstromes der Fernleitung ausmacht.

Die induktive Spannung längs der Leitung läßt sich ganz entsprechend berechnen zu

$$E_l = \omega l a J, \quad \ldots \ldots \ldots \quad (29)$$

und das läßt sich durch Einführen des Stromes der natürlichen Belastung von Gl. (24) umformen in

$$E_{ln} = \omega l a E_n \sqrt{\frac{c}{l}} = \frac{\omega a}{v} E_n. \quad \ldots \ldots \quad (30)$$

Das Verhältnis der induktiven Spannung bei natürlicher Belastung zur Betriebsspannung ist also wiederum durch das gleiche Verhältnis $\omega a/v$ gegeben, die induktive Spannung beträgt bei 500 km Freileitung die Hälfte, bei 1000 km Länge den vollen Wert der Arbeitsspannung der Übertragung.

Wir sehen also, daß bei langen Fernleitungen sowohl die induktiven Spannungen wie die Kapazitätsströme ganz gewaltige Beträge im Vergleich zu den Werten der übertragenen Leistung ausmachen, daß sie jedoch im natürlichen Betrieb der Leitung weiter nicht schädlich sind und nur die Wirkung besitzen, daß die Phasenwinkel der Spannungen und Ströme am Leitungsende denen am Leitungsanfang um den Betrag ϑ nacheilen, der bei 500 km Freileitungslänge 30 °, bei 1000 km 60 ° beträgt.

Wenn wir nun von der natürlichen Leistung dieser Fernleitung abweichen und beispielsweise bei gegebener Spannung am Erzeugerende den Strom vermindern, so treten entsprechend der verminderten Leistung nunmehr auch rücklaufende Strom- und Spannungswellen nach Abb. 16 d auf, die das einfache Diagramm in Abb. 17 komplizierter gestalten. Die induktive Spannung nach Gl. (29) wird weitgehend vermindert, dagegen bleibt der kapazitive Ladestrom nach Gl. (27) bestehen und erzeugt in der Induktanz der Leitung eine Spannungserhöhung, die z. B. bei 1000 km Leitungslänge, wo der Ladestrom die Größe des Belastungsstromes erreicht, den vollen Betrag der Spannung am Erzeugerende annimmt. Durch diese Spannungserhöhung steigt der Ladestrom weiter und kann somit in Wechselwirkung die Spannung auf sehr erhebliche Beträge steigern, was als Ferranti-Effekt bekannt ist.

Vermehrt man anderseits die Belastung der Leitung über ihren natürlichen Wert, so wird die induktive Spannung nach Gl. (29) erheblich vergrößert. Während sich bei der natürlichen Belastung die Wirkungen des Ladestromes und der induktiven Spannung gerade das Gleichgewicht hielten, überwiegt jetzt die letztere und bewirkt einen starken Abfall der Leitungsspannung gegen das Verbraucherende hin. In Abb. 18 sind diese Verhältnisse dargestellt. Bei Freileitungen von 500 km Länge würde bei doppelter natürlicher Belastung die induktive Spannung, die nach Zahlentafel 3 etwa 50 % beträgt, verdoppelt, und bei 1000 km Leitungslänge würde sogar der volle Betrag der Betriebsspannung als Abfall auftreten.

Die hierdurch bedingten Spannungserhöhungen und Spannungsabsenkungen nach Abb. 18 sind für größere Leitungslängen nach Zahlentafel 3 so bedeutend, daß man diese nicht ohne besondere Hilfsmittel anwenden kann, wenn man auf einen Betrieb mit konstanter Spannung in den Endstationen Wert legt, auf den wir heute technisch eingespielt sind. Man wird über 100 bis 200 km Leitungslänge mit ihren 10 bis 20 % induktiver Spannung und kapazitivem Strom nicht hinausgehen dürfen, wenn man die Spannungsschwankungen und Ladeströme in erträglichen Grenzen halten will. Wünscht man größere Entfernungen zu überbrücken, so muß man daher die Leitungen in einzelne Abschnitte von 100 bis 200 km Länge unterteilen und Zwischenstationen mit besonderen spannungshaltenden Einrichtungen vorsehen.

Diese hier errechneten maximalen Entfernungen für durchlaufende Leitungen stehen in Übereinstimmung mit den im vorigen Abschnitt berechneten. In der Tat spielt der Phasenwinkel ϑ zwischen Erzeuger- und Verbraucherspannung nach Abb. 17 auch für die Stabilität der Maschinen eine ausschlaggebende Rolle. Er liegt bei 200 km langen Leitungen nach Zahlentafel 3 genau bei den noch zulässigen 12 °, und daher können so lange Leitungen gerade noch mit ihrer natürlichen Belastung stabil ar-



beiten. Arbeitet man mit wesentlich verminderter Frequenz, so kann man natürlich alle Entfernungen umgekehrt proportional der Frequenz heraufsetzen.

4. Kompensation der Blindleistung von Hochspannungsleitungen.

Man kann das Problem der Fernleitung elektrischer Leistung auf sehr große Entfernung noch von einer anderen Seite betrachten. Wir hatten gesehen, daß die Energieübertragung mit nur vorwärtslaufenden Wellen immer dann ohne Reflexion und unter günstigsten Umständen verläuft, wenn der Quotient aus Spannung und Strom nach Gl. (24) gleich dem Wellenwiderstand der Leitung ist. Die Übertragung dieser natürlichen Leistung nach Gl. (25) kann auf beliebig große Entfernungen erfolgen, nur bei Unter- und Überschreitung der Leistung treten Schwierigkeiten auf der Leitung auf. Wir wollen deshalb die Forderung aufstellen, auch bei Veränderungen der übertragenen Leistung die Bedingungsgleichung (24) oder (25) stets aufrecht zu erhalten. Ein Weg hierfür wäre, das Verhältnis E/J an den Leitungsenden auch bei variabler Leistung konstant zu halten. Das führt aber zu einer Arbeitsweise mit veränderlicher Spannung, die dabei wie die Wurzel aus der Leistung variieren müßte, was für die heutige Form der elektrischen Kraftverteilung unzweckmäßig ist. Man wird vielmehr auch bei Großübertragungen zur Esparnis unnötiger Zwischenmaschinen wünschen, die Spannung am Energieerzeuger und -verbraucher konstant zu halten. Bei dieser Forderung kann man die Bedingungsgleichung (25) bei variabler Größe der Leistung und konstanter Spannung nur dadurch erfüllen, daß man den Wellenwiderstand Z der Leitung verändert und ihn stets der jeweils übertragenen Leistung anpaßt.

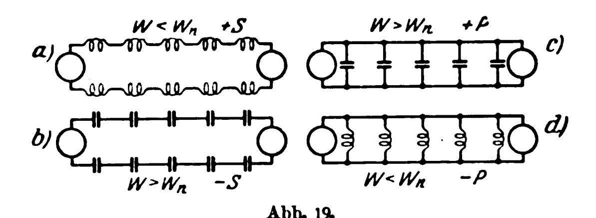


Abb. 19.

Man kann dafür zur Selbstinduktion l für die Längeneinheit der Leitung Zusatzinduktanzen in Serie hinzufügen, die nach Abb. 19 a und b als Drosselspulen oder Kapazitäten oder auch als Blindstrommaschinen irgendwelcher Art ausgeführt sein können. Dann wird die Leitung eine totale Selbstinduktion

$$\Lambda = l + S \qquad (31)$$

besitzen, die je nach der Art der Zusatzinduktanz S größer oder kleiner als die eigene Selbstinduktion l der Leitung sein kann. Ebenso kann man auch zur eigenen Kapazität c der Leitung Zusatzeinrichtungen in Parallele hinzufügen, die nach Abb. 19 c und d aus Kapazitäten oder Drosselspulen oder auch aus maschinellen Blindstromerzeugern bestehen können. Die totale Kapazität der Leitung ist dann

$$K = c + P. \qquad (32)$$

Man kann sie größer oder kleiner als ihre Eigenkapazität c machen. Hiermit wird der resultierende Wellenwiderstand der gesamten Leitungsanordnung

$$Z = \frac{E}{J} = \frac{E^2}{W} = \sqrt{\frac{\Lambda}{K}}, \qquad (33)$$

und es ist nunmehr möglich, bei veränderlicher Übertragungsleistung W entweder Λ oder K stets so einzustellen, daß diese Bedingungsgleichung befriedigt wird.

Eigentlich müßte man diese Kompensierungseinrichtungen S oder P stetig auf die Leitungslänge verteilen, jedoch genügt es praktisch, sie an einigen Punkten längs der Leitung zu konzentrieren. Diese dürfen aber nach Zahlentafel 3 keine allzu große Entfernung besitzen, wenn man nicht innerhalb der einzelnen Abschnitte bereits zu große Schwankungen und Abweichungen vom idealen Verhalten bekommen will. Man erkennt die Analogie dieser Schaltungen zu denen nach Abb. 14 und 15.

Die Regelung der Kompensierungsapparate muß nun folgendermaßen vorgenommen werden: Überträgt man die natürliche Leistung W_n nach Gl. (25) über die Fernleitung, so kann man von allen Zusatzapparaten S und P in Serie oder parallel zur Leitung absehen. Sinkt die Leistung W auf kleinere Werte herab, so muß man nach Gl. (33) die resultierende Selbstinduktion Λ vergrößern, z. B. durch Einschalten von Serien-Drosselspulen nach Abb. 19 a, oder man muß die resultierende Kapazität K verkleinern, z. B. durch Einschalten von Parallel-Drosselspulen nach Abb. 19 b. Im letzteren Falle schreibt man die Gl. (32) bequemer

$$K = c - \frac{1}{\omega^2 L}, \qquad (34)$$

wobei L die zur Leitung parallel liegende Selbstinduktion für die Längeneinheit ist.

Umgekehrt muß man bei Steigerung der Leistung W über die natürliche Leistung der Fernleitung entweder die resultierende Selbstinduktion Λ verkleinern, etwa durch Einschalten von Kapazitäten in Serie zur Leitung nach Abb. 19 b. Man schreibt dann an Stelle von Gl. (31) bequemer

$$\Lambda = l - \frac{1}{\omega^2 C}, \qquad (35)$$

worin C die zusätzliche Serienkapazität der Längeneinheit bezeichnet. Oder man muß die resultierende Kapazität K vergrößern, was nach Abb. 19 c durch Parallelschaltung von Kapazitäten geschehen kann.

Um jeder Leistungsänderung folgen zu können, muß man diese zusätzlichen Kapazitäten oder Selbstinduktionen natürlich regelbar machen. Das kann man entweder durch Schaltapparate direkt bewerkstelligen, oder aber man verwendet synchrone oder asynchrone Blindleistungsmaschinen, bei denen man die Regelung durch Einstellung der Erregung auf sehr bequeme Weise handhaben kann.

Man kann nach der energetischen Bedeutung dieser künstlichen Mittel fragen, durch die es gelingt, die gesamte Leistungsübertragung auch bei Abweichung von den natürlichen Verhältnissen der Leitung selbst wieder auf das einfache Schema der vorwärtslaufenden Strom- und Spannungswellen nach Abb. 16 c zu bringen. Dazu schreiben wir unsere Hauptgleichung (33) in folgender Form:

$$\omega K E^2 = \omega \Lambda J^2, \qquad (36)$$

wobei wir auf beiden Seiten die Frequenz ω hinzufügen. Diese Beziehung sagt ganz allgemein aus, daß die von der Spannung E abhängige Blindleistung quer zur Leitung gleich der vom Strom J abhängigen Blindleistung längs der Leitung ist. Diese beiden Blindleistungen halten sich also gerade das Gleichgewicht, die Leitung ist auf Blindleistung voll kompensiert.

Diese Bedingung stimmt vorzüglich überein mit der früher gefundenen, daß beim günstigsten Zustand der Kraftübertragung die vorwärtslaufenden Strom- und Spannungswellen nur Wirkleistung übertragen. Die Blindleistungen sind also lediglich im gesamten Leitungsgebilde aufgespeichert und kommen für die Sende- und Empfangsstationen der Energie nicht zur Wirkung. Bei Übertragung der natürlichen Leistung kompensieren sich die Blindleistungen der Selbstinduktion l und Kapazität c der Leitung gegenseitig von selbst, bei größeren oder kleineren Leistungen muß man nach Gl. (36) eine künstliche Kompensation der Blindleistungen eintreten lassen, wenn man gleichgünstige Übertragungsverhältnisse erzielen will. Mit diesen Mitteln kann man im Prinzip elektrische Leistung jeder gewünschten Größe auf jede beliebige Entfernung übertragen.

Es fragt sich nun, welche Größe und Leistungsfähigkeit die Kompensierungsmittel haben müssen, um diese vorteilhafte Wirkung auszuüben. Für die natürliche Leistung der Leitung ist nach Gl. (25)

$$W_n = E^2 \sqrt{\frac{c}{l}}. \qquad (37)$$

Für die kompensierte Leitung ist die jeweilige Leistung nach Gl. (33)

$$W = E^2 \sqrt{\frac{K}{\Lambda}}. \qquad (38)$$

Das Verhältnis beider ist also

$$\frac{W}{W_n} = \sqrt{\frac{l}{c} \cdot \frac{K}{\Lambda}}. \qquad (39)$$

Betrachten wir zunächst die Parallelkompensation nach Abb. 19c und d und setzen K aus Gl. (32) ein, während $\Lambda = l$ wird, so erhalten wir

$$1 + \frac{P}{c} = \left(\frac{W}{W_n}\right)^2. \qquad (40)$$

Da wir mit konstanter Spannung arbeiten, so ist das Verhältnis der Zusatzkompensationsleistung W_P zur natürlichen Kompensationsleistung W_c direkt gegeben durch

$$\frac{W_P}{W_c} = \frac{P}{c}. \qquad (41)$$

Diese Kapazitätsleistung W_c steht aber nach Gl. (28) in einem bestimmten Verhältnis zur übertragenen natürlichen Leistung, nämlich

$$\frac{W_c}{W_n} = \frac{J_c}{J_n} = \frac{\omega a}{v}, \qquad (42)$$

und daher erhält man durch Kombination der letzten drei Gleichungen für die künstlich aufzuwendende Kompensationsleistung die Beziehung

$$\frac{W_P}{W_n} = \frac{\omega a}{v}\left[\left(\frac{W}{W_n}\right)^2 - 1\right]. \qquad (43)$$

Da wir diese Leistung in Gl. (41) mit der Kapazitätsleistung verglichen haben, so stellt dieser letzte Ausdruck bei positivem Wert kapazitive, bei negativem Wert induktive Zusatzleistung dar. Wir sehen, daß dieselbe nur von zwei Faktoren abhängt, nämlich vom Quotienten $\omega a/v$, der der Leitungslänge proportional ist und in Zahlentafel 3 ausgewertet ist, und vom Quadrat der jeweils übertragenen Leistung W im Verhältnis zur natürlichen Leistung W_n. Dieses Klammerglied der Gl. (43) ist in Abb. 20 aufgetragen.

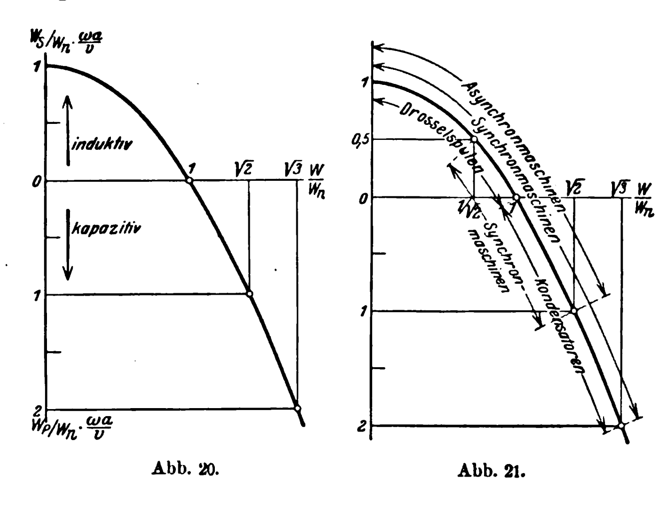


Abb. 20. Abb. 21.

Ganz ähnlich können wir die Kompensationsleistung bei der Serienschaltung der Abb. 19a und 19b berechnen. Hierbei ist in Gl. (39) Λ nach Gl. (31) einzusetzen, während $K = c$ ist. Wir erhalten daher

$$\frac{1}{1 + \frac{S}{l}} = \left(\frac{W}{W_n}\right)^2, \qquad (44)$$

und wenn wir diesen Ausdruck in ähnlicher Weise umformen, so entsteht für die Serienkompensationsleistung im Verhältnis zur natürlichen Leistung:

$$\frac{W_S}{W_n} = \frac{\omega a}{v}\left[1 - \left(\frac{W}{W_n}\right)^2\right]. \qquad (45)$$

Bei diesem Ausdruck entsprechen positive Werte der Zusatzkompensationsleistung W_S induktiver Blindleistung, und daher ist der Verlauf dieser Größe identisch mit dem nach Gl. (43) oder Abb. 20.

Wir sehen hieraus, daß es für den Bedarf an Kompensationsleistung an sich gleichgültig ist, ob wir die Fernleitung durch Parallelschaltung oder Serienschaltung von Blindleistungseinrichtungen kompensieren und dadurch zur Übertragung beliebiger Leistung befähigen. Beide Methoden haben jedoch anderweitige besondere Vorteile und Nachteile.

Aus den Beziehungen (43) und (45) und der Abb. 20 erkennen wir nun, daß man unabhängig vom speziellen Kompensierungssystem bei Leerlauf der Leitung stets induktiv kompensieren muß mit einem Leistungsbetrage, der durch die natürliche Leistung W_n nach Zahlentafel 2 und den Quotienten $\omega a/v$ nach Zahlentafel 3 gegeben ist. Praktisch gesprochen müssen wir die Kapazitäts-Blindleistung voll durch induktive Zusatzblindleistung kompensieren. Mit wachsender Leistungsübertragung muß die induktive Kompensationsleistung mehr und mehr vermindert werden und beim Erreichen der natürlichen Leistungsübertragung den Nullwert durchschreiten. Beim weiteren Anwachsen der zu übertragenden Leistung muß die zusätzliche Kompensationsleistung stets kapazitiv sein und entsprechend dem parabolischen Verlauf der Kurve in Abb. 20 rapide anwachsen.

Wünscht man die übertragene Leistung nur auf das $\sqrt{2}$-fache der natürlichen Leistung zu steigern, so braucht man schon eine gleichgroße Kapazitätsleistung, wie sie bei Leerlauf induktiv erforderlich war. Bei Steigerung der Leistung auf das $\sqrt{3}$-fache der natürlichen Leistung benötigt man sogar das Zweifache des eben genannten Wertes, und will man das Doppelte der natürlichen Leistung auf der Leitung übertragen, so ist der dreifache Betrag der Leerlauf-Kapazitätsleistung künstlich hinzuzufügen. Praktisch sind daher der Leistungsübertragung starke Grenzen gesetzt, wenn man keinen übermäßigen Aufwand an Kompensationsleistung treiben will.

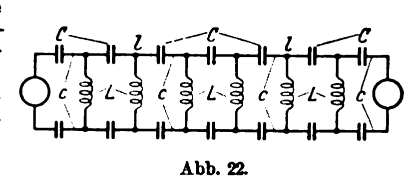
Es ist bei diesen Verhältnissen daher praktisch nicht durchführbar, bei gegebener Spannung über eine einzige Leitung beliebige Energiemengen auf große Entfernungen zu übertragen. Man kann vielmehr nur etwa 50 % über die natürlichen Leistungen nach Zahlentafel 2 hinausgehen. Wünscht man größere Leistungen zu übertragen, so muß man mehrere derartige Leitungen in Parallele benutzen.

Die verschiedenen Kompensationsmittel verhalten sich nun in ihrem Regelbereich sehr verschieden gegenüber der Regelcharakteristik von Abb. 20. In Abb. 21 sind ihre zweckmäßigen Anwendungsbereiche eingetragen. Drosselspulen sind natürlich nur zur induktiven Kompensierung, also unterhalb der natürlichen Leistungsübertragung brauchbar. Hier stellen sie jedoch das preiswerteste Mittel dar. Sie werden z. B. für die große 200 kV-Fernleitung vom Rheinland bis zu den Alpen angewandt, bei der die natürliche Leistung vorerst nicht überschritten wird. Statische Kondensatoren sind nur im kapazitiven Bereich, also zur Leistungsübertragung oberhalb des natürlichen Maßes verwendbar, sie sind vorläufig noch sehr teuer.

Synchronmaschinen sind sehr bequem im Erregerstromkreise regelbar, und zwar sowohl nach der kapazitiven wie nach der induktiven Seite. Sie halten sich im Preise auf einer mittleren Linie. Damit sie in ihrem Felde durch Herabregeln der Erregung nicht zu schwank und instabil werden, kann man sie im allgemeinen bei induktivem Arbeiten nur halb so stark belasten wie bei kapazitivem. Will man sie daher bis zur Leerlaufregelung herab benutzen, so muß man ihre Modellgröße etwa gleich der doppelten Kapazitätsleistung des Netzes ausführen. Man kann dann aber auch eine zweifache kapazitive Kompensation erzielen und die Leistungsübertragung bis zum $\sqrt{3}$-fachen Wert der natürlichen Leistung steigern. Führt man die Synchronmaschine nur mit einfacher Modelleistung aus, so genügt sie nach Abb. 21 zur Regelung zwischen den Kompensationsleistungen + 0,5 und — 1; man ergänzt sie dann für schwache Belastung zweckmäßigerweise durch zusätzliche Drosselspulen. Asynchrone Drehfeldmaschinen mit Kommutatorerregung können volle induktive und kapazitive Leistung abgeben und haben dabei den Vorteil, nicht zum Pendeln zu neigen.

Eine besonders günstige Anordnung für lange Fernleitungen ergibt sich, wenn man Parallel- und Serienkompensation gemeinsam anwendet, und zwar derart, daß man durch feste Zusatzinduktanzen nach Gl. (34) die resultierende Querkapazität der Leitung vollständig zu Null macht und gleichzeitig durch feste Serienkapazitäten nach Gl. (35) die resultierende Längsinduktanz der Leitung vollständig zum Verschwinden bringt. Die Schaltung einer solchen Fernleitung ist in Abb. 22 dargestellt. Für die Betriebsfrequenz ω ist dann für jede Belastung der Leitung sowohl der Ladestrom als auch die induktive Spannung vollständig kompensiert, der Wellenwiderstand Z nach Gl. (33) wird 0/0, also unbestimmt, das Verhältnis E/J kann jeden beliebigen Wert annehmen, so daß die Fernleitung ohne künstliche Nachregelung in beliebigen Leistungsbereichen stets blindstromfrei bleibt. Alle der Wechselstromüber-

tragung spezifischen schädlichen Nebenwirkungen sind kompensiert, sie verhält sich daher wie eine Gleichstromübertragung, deren Betriebseigenschaften lediglich durch den geringfügigen Ohmschen Widerstand bestimmt werden. Eine solche Leitung braucht natürlich doppelten Materialaufwand, nämlich volle Kompensationsleistung sowohl für die Quer- wie für die Längskompensierung. Dafür sind aber alle Stromstärken, Spannungen und Phasenwinkel bei dieser Leitung nivelliert. Wenn es gelingt, den Preis unserer Kondensatoren auf ein wirtschaftlich erträgliches Maß zu reduzieren, so dürften solche nivellierten Leitungen für die Fernübertragung noch eine große Rolle zu spielen berufen sein.


Abb. 22.

5. Spannungsregelung der Fernübertragung.

Mit Ausnahme der zuletzt beschriebenen nivellierten Fernleitungen erfordern alle kompensierten Kraftübertragungen eine Regelung der Kompensierungsapparate oder -maschinen, die in den einzelnen Unterstationen aufgestellt sind. Gemäß den Regelkurven der Abb. 20 und 21 muß man bei veränderlicher Belastung der Fernleitung Drosselspulen oder Kapazitäten stufenweise zu- oder abschalten, oder auch Synchron- oder Asynchronmaschinen in ihrer Erregung herauf- oder herunterregeln. Wird lediglich zwischen der Anfangs- und Endstation Wirkleistung im einen oder anderen Sinne übertragen, so muß die Blindleistung aller Zwischenstationen im gleichen Takte auf- und abgeregelt werden. Wenn man dagegen auch in den Zwischenstationen Energie aus der Fernleitung entnimmt oder in sie hineinschickt, so wie es praktisch bei Leitungen über sehr große Entfernungen meistens der Fall ist, so muß man zur Bestimmung der Regelung die Leitung abschnittweise betrachten, ähnlich wie es früher an Hand von Abb. 4 geschah, und erhält dann entsprechend den Teilbelastungen der einzelnen Leitungsabschnitte eine individuelle Regelung aller Zwischenstationen.

Es fragt sich nun, an welchem Kriterium man erkennen kann, ob in jeder Zwischenstation die zweckmäßigste Kompensierungsstärke der Blindleistung eingestellt ist. Da wir an Hand von Abb. 15 bis 18 gesehen haben, daß die günstigste Leistungsübertragung bei konstanter Spannung auf der Leitung erfolgt, so ist es am einfachsten, in jeder Station einen Spannungsindikator anzubringen und denselben bei Abweichungen der Spannung vom Sollwert auf eine Verstärkung oder Abschwächung der Blindleistung einwirken zu lassen. In Abb. 23 ist das Regelungsschema für eine solche Station

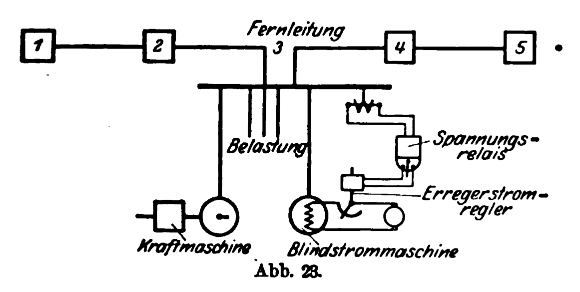


Abb. 23.

etwas ausführlicher dargestellt. Die Sammelschienenspannung wirkt über einen Wandler auf ein Spannungsrelais, das den Regelmotor für den Erregerstromregler der Blindstrommaschine betätigt, die ihre in die Leitung entsandte induktive oder kapazitive Blindleistung so lange verändert, bis die Sollspannung wieder erreicht ist. Außer dieser Blindstrommaschine kann in der Station natürlich noch ein großes Netz mit eigenen Generatoren und eigenen Belastungen an die Fernleitung angeschlossen sein. Auch dessen variable Blindstromentnahme aus der Leitung wird durch diese Regelung selbsttätig mit ausgeglichen.

Dieser einfachen Regelungsart haften aber einige Nachteile an. Einerseits braucht man ein sehr empfindliches Spannungssystem, weil die Spannung sich erst beim Hineinpumpen erheblicher Blindstrommengen in die Fernleitung merklich ändert, und diese könnten sonst so groß werden, daß sie ganz unnötige Stromwärmeverluste hervorrufen. Anderseits benötigt man eine erhebliche Unempfindlichkeit des Spannungsindikators, weil man sonst bei der endlichen Stufengröße und endlichen Regelgeschwindigkeit des Blindstromreglers und bei den erheblichen Zeitkonstanten der Wechselstrommaschinen und ihrer Erreger ein Pumpen der gesamten Regelung vermeiden muß.

Schließlich wird diese Regelungsart dadurch sehr behindert, daß der Überschuß oder das Manko von Blindleistung in einer Station nicht nur die Spannung dieser Station selbst beeinflußt sondern auch die Spannung aller anderen Stationen mit verändert, insbesondere der unmittelbaren Nachbarn, so daß auch deren Regelung mit zum Ansprechen kommt. Die Blindstromregelung erfolgt daher nicht nur in der betroffenen Station sondern auch in den Nachbarstationen mit, und diese Überregelung muß alsdann erst wieder zurückgeführt werden. Die Spannungsregelungen aller Stationen der Fernübertragung sind also miteinander ziemlich eng gekoppelt, und dieses führt zu überflüssigen Schwingungen der Stationen gegeneinander, die unter ungünstigen Umständen gar nicht mehr zur Ruhe kommen.

Es ist daher zweckmäßiger, einen Indikator zu benutzen, der die richtige Kompensierung der Leitung nicht auf dem Umweg über die Spannung anzeigt, sondern sie auf direktem Wege bewirkt. Dabei wird man dem Indikator jeder Station am besten nur die ihm anliegenden Leitungsabschnitte zur Überwachung zuweisen, so daß die verschiedenen Zwischen- und Endstationen in ihrer Regelung nicht miteinander gekoppelt sind, sondern möglichst unabhängig voneinander arbeiten. Damit fällt von vornherein jede Neigung zu Kopplungsschwingungen oder zum Pumpen der Regelanordnung vollständig fort.

Wir hatten schon früher in Gl. (36) gesehen, daß die Fernleitung bei jeder Belastung ihren günstigsten Zustand annimmt, wenn die gesamte spannungsabhängige Blindleistung quer zur Leitung der gesamten stromabhängigen Blindleistung längs der Leitung das Gleichgewicht hält. Dies gilt nicht nur für die gesamte Leitungserstreckung, wenn die Leistung ganz vom einen zum anderen Ende übertragen wird, sondern es gilt auch für jeden einzelnen Leitungsabschnitt, wenn unterwegs Leistung zu- oder abgeführt wird.

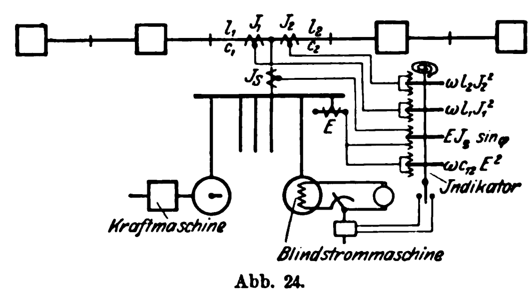


Abb. 24.

Wir wollen nun gemäß Abb. 24 jeder Station zum Zwecke der Kompensierung einen rechten und linken Teil der Fernleitung zuordnen, der etwa bis zur jeweiligen Streckenmitte reichen möge. Dann besteht die Querblindleistung auf diesem Leitungsabschnitt einerseits aus der Kapazitätsleistung der beiden Teile der Fernleitung, anderseits aus der Kompensations-Blindleistung der Station. Die linke Seite von Gl. (36) ist also

$$\omega K E^2 = \omega c_{12} E^2 - E J_S \sin\varphi, \quad \ldots \quad (46)$$

wenn mit c_{12} die Kapazität der Leitungsteile links und rechts von der Station bezeichnet wird, und mit $J_S \sin\varphi$ der gesamte Blindstrom, den die Station in die Leitung hineinspeist. Derselbe ist mit dem Minuszeichen angesetzt, sodaß er positiven Sinn besitzt, wenn er den Kapazitätsstrom der Leitung kompensiert. Die Längsblindleistung nach der rechten Seite der Gl. (36) ist durch die induktiven Leistungen auf den Leitungsabschnitten *1* und *2* gegeben zu

$$\omega \Lambda J^2 = \omega l_1 J_1^2 + \omega l_2 J_2^2. \quad \ldots \quad (47)$$

Dabei werden im allgemeinen sowohl die Selbstinduktionen l_1 und l_2 als auch die Ströme J_1 und J_2 in den beiden Leitungsteilen ganz verschiedene Werte besitzen. Würde man die Leitung nach dem Schema der Abb. 19a und b auch durch Serienkompensation beeinflussen, so würde ein entsprechendes Glied noch zur rechten Seite von Gl. (47) hinzutreten. Wir wollen jetzt aber nur den Fall der Parallelkompensation weiter verfolgen.

Das Gleichgewicht der Blindleistungen auf den Streckenabschnitten *1* und *2* erfordert nun nach Gl. (36)

die Gleichheit der Ausdrücke (46) und (47). Die Bedingungsgleichung für vollständige Kompensierung ist daher

$$\omega\, c_{12}\, E^2 - E\, J_S \sin\varphi - \omega\, l_1\, J_1{}^2 - \omega\, l_2\, J_2{}^2 = 0. \quad . \quad . \quad (48)$$

Hiernach kann man für jede Spannung und Frequenz und für jeden Belastungsstrom der Station, der nach rechts oder links in die Fernleitung übertritt, errechnen, welchen Blindstrom $J_S \sin\varphi$ die Station an die Leitung abgeben muß.

Man überträgt nun diese Berechnung am zweckmäßigsten einem Indikator, den man aus vier Relaiselementen aufbaut, von denen eines als E^2-Glied, zwei andere als J^2-Glieder und das letzte als $E\,J \sin\varphi$- oder Leistungsglied geschaltet sind. In Abb. 24 ist eine solche Anordnung im Prinzip dargestellt. Die Drehmomente der verschiedenen auf eine Achse wirkenden Systeme werden dabei entsprechend den für jede Station bekannten konstanten Faktoren der Gl. (48) eingestellt. Nur wenn die Leitung sich im Blindstrom-Gleichgewicht nach Gl. (48) befindet und daher in ihrem Sollzustand arbeitet, bleibt dieser Indikator in Ruhe. Andernfalls bewegt er sich bei Überkompensation nach der einen, bei Unterkompensation nach der anderen Seite, was zur Verstärkung oder Schwächung des von der Station der Leitung zugeführten Blindstromes benutzt werden kann. In Abb. 24 ist z. B. dargestellt, wie dieser Indikator den Motor auf Rechtslauf oder Linkslauf schaltet, der den Erreger einer Blindstrommaschine regelt.

Einige Regelvorgänge mögen im einzelnen betrachtet werden. Wächst die durch die Fernleitung strömende Leistung, so ändern sich die Ströme J_1 und J_2 in den Leitungsabschnitten der Station und erzeugen vergrößerten induktiven Spannungsabfall. Sofort spricht der Indikator durch seine J^2-Elemente an, setzt den Erregerstromregler in Tätigkeit und verkleinert die Blindleistung der Maschine soweit, bis der gesamte Blindstrom $J_S \sin\varphi$ der Station sich um dasjenige Maß vermindert hat, wie es die Zunahme der J^2-Glieder nach Gl. (48) erfordert. Ändert sich anderseits die Nutzlast des an die Station angeschlossenen Belastungsnetzes und werden die Wirkstromänderungen von der Fernleitung gedeckt, so ändern sich die Ströme J_1 und J_2 ebenfalls und es tritt die gleiche Wirkung auf den Indikator ein wie eben. Ändert sich die Blindstromentnahme des Belastungsnetzes aus der Fernleitung durch irgendwelche Umstände, so ändert sich die Wirkung des zweiten Gliedes der Gl. (48) im Indikator. Dadurch wird ebenfalls die Erregung der Blindstrommaschine geändert und der gesamte Stationsblindstrom auf den früheren Wert zurückgeführt. Ändert sich schließlich die Spannung der Fernleitung, so daß der Kapazitätsstrom der Leitung sich ändert, so macht sich auch dieser Einfluß vornehmlich durch das erste Glied der Gl. (48) im E^2-Element des Indikators geltend und wird durch Betätigung desselben sofort wieder ausgeglichen.

Man kann daher bei diesem Regelsystem mit ganz beliebigen Spannungen, Wirk- und Blindströmen auf der Fernleitung und im angeschlossenen Netz jeder Station arbeiten und hält immer durch die selbsttätige Regelung des Blindleistungs-Kompensationsrelais die günstigsten Bedingungen für Leitung und Station ein. Die Regelung der Kompensierung erfolgt hierbei in jedem Leitungsabschnitt mit seiner zugehörigen Station für sich, so daß die verschiedenen Zwischen- und Endstationen alle vollständig unabhängig voneinander sind. Alle die schädlichen Nebenwirkungen, die wir oben bei der spannungsabhängigen Regelung besprachen, treten daher hier nicht mehr auf.

Da die Anordnung bei jeder beliebigen Spannung richtig arbeitet, so kann man die genaue Höhe der Übertragungsspannung noch nach anderen Gesichtspunkten bestimmen. Man kann sie beispielsweise durch den üblichen Spannungsregler irgendeiner an die Fernleitung angeschlossenen Station festlegen lassen. Es ist aber auch möglich, im Indikator auf eine bestimmte Spannung hinzuwirken, wenn man z. B. das E^2-Element entsprechend dem ersten Glied der Gl. (48) durch eine konstante Kraft ersetzt.

Da wir die der Fernleitung zugeführte Blindleistung nicht, wie es eigentlich erforderlich wäre, gleichmäßig verteilt zugeführt haben, sondern sie entsprechend Abb. 24 auf einzelne Stationen konzentriert haben, so wird die Spannung auf der Leitung nicht exakt konstant bleiben, wie es für den voll kompensierten Zustand entsprechend Abb. 16c wünschenswert wäre. Die größte äußere Blindleistungszufuhr ist nach Abb. 20 im allgemeinen bei Leerlauf notwendig und dabei sind die Spannungsänderungen längs der Leitung natürlich am stärksten. Da wir die Fernleitung nach Abb. 24 abschnittsweise kompensieren, so breitet sich der Blindstrom jeder Station nach rechts und links in die zugehörigen Leitungsteile aus und nimmt bis zum Ende des Abschnittes linear bis auf Null ab. Er stellt gleichzeitig den Kapazitätsstrom dar, der gleichmäßig quer zur Leitung heraustritt. Seine Verteilung längs der Leitung ist in Abb. 25b dargestellt, seine Größe bestimmt sich z. B. für das schraffierte Dreieck abhängig von der Leitungserstreckung x zu

$$J_c = \omega\, c\, x\, E. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (49)$$

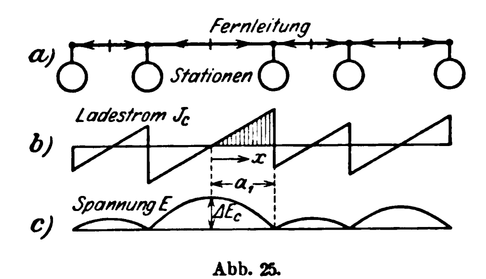


Abb. 25.

Dieser Blindstrom in der Leitung erzeugt eine induktive Spannung, deren Verlauf in Abb. 25c dargestellt ist und deren Größe sich berechnet zu

$$\Delta E_c = \int \omega\, l\, \mathrm{d}x\, J_c. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

Setzen wir hierin J_c nach Gl. (49) ein und integrieren über die Leitungslänge a_1, deren Kompensation die Station übernimmt, so erhalten wir

$$\Delta E_c = \omega^2 c\, l\, E \int_0^{a_1} x\, \mathrm{d}x = \frac{1}{2}\left(\frac{\omega\, a_1}{v}\right)^2 E. \quad . \quad . \quad (51)$$

Darin ist der Wert der Wellengeschwindigkeit v nach Gl. (19) eingeführt, und wir sehen, daß der Höchstwert der relativen Spannungsänderung bei Leerlauf nur durch das Quadrat der charakteristischen Größe $\omega a/v$ bestimmt ist, die wir in Zahlentafel 3 bereits ausgerechnet haben. Für Stationsentfernungen von 200 km, denen eine halbe Länge a_1 von 100 km entspricht, beträgt die Spannungsänderung daher nur ½ %. Da sie dem Quadrat der Stationsentfernung proportional ist, so wäre sie bei 400 km Abstand auch nur 2 %. Zwischen den Stationen verläuft die Spannung im übrigen parabolisch. Man erkennt hieraus, daß die Unterschiede der stetig verteilten oder der in diskreten Stationen konzentrierten Kompensatoren bei derartigen Abständen nur geringfügig sind.

Wir haben in diesem Abschnitt die Wirkung des Ohmschen Leitungswiderstandes zunächst vernachlässigt. In Wirklichkeit wird in ihm aber durch den Wirkstrom ein Spannungsabfall nach Gl. (1) verursacht, der zu der eben besprochenen induktiven Änderung noch hinzukommt. Dieser Abfall wird bei steigender Belastung der Leitung mehr und mehr fühlbar. Wir können nun aber nach den früheren Untersuchungen, insbesondere nach Abb. 2, diesen Wirkstrom-Spannungsabfall vollständig aufheben, wenn wir in der Leitung das Fließen eines Blindstromes erzwingen, der der Größe des Wirkstromes nach Gl. (3) negativ proportional ist. Da der Proportionalitätsfaktor als Verhältnis vom Widerstand zur Induktanz für große Fernleitungen nur in der Größenordnung von 10 % liegt, so bringt ein solcher überlagerter Blindstrom nur zusätzliche Stromwärmeverluste hervor, die etwa 1 % von denen des Wirkstromes betragen und daher unerheblich sind.

In Abb. 26b ist eine beliebig angenommene Verteilung des Wirkstromes in der Fernleitung und ihren Stationen dargestellt und darunter in Abb. 26c die Blindstromverteilung, die zur vollen Kompensation der Ohmschen Spannungsabfälle nötig wäre. Ebenso wie sich nun die Wirkströme J_w in jeder Station als Differenz der Leitungswirkströme J_w ergeben, so setzen sich auch die Blindströme J_B der Stationen aus der Differenz der benachbarten Leitungsblindströme J_b zusammen. Um die richtige Verteilung der Blindströme auf dem ganzen Verlauf der Fernleitung zu erzwingen, muß man daher

in jeder Station einen Blindstrom zuführen, dessen Größe

$$J_B = J_{b1} - J_{b2} = -\frac{R}{\omega L}(J_{w1} - J_{w2}) = -\frac{R}{\omega L} J_W \quad (52)$$

ist, der also lediglich proportional dem Wirkstrom der Station selbst ist. Seine Größe und Verteilung auf die verschiedenen Zwischen- und Endstationen ist in Abb. 26 d dargestellt. Man sieht, daß die Wirkleistung abnehmenden Zwischenstationen induktiven Blindstrom in die Leitung entsenden müssen, während die Wirkleistung speisenden Endstationen induktiven Blindstrom entnehmen müssen, oder was dasselbe ist, kapazitiven Blindstrom in die Leitung hineinspeisen müssen.

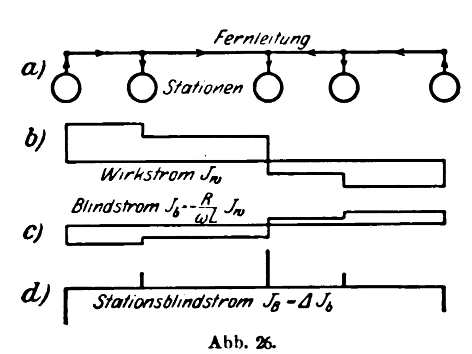


Abb. 26.

Schickt man in jeder Station durch Regelung der sowieso vorhandenen Blindstromeinrichtungen dieses Maß von Blindstrom in die Fernleitung hinein, und zwar natürlich zusätzlich zu den früher behandelten Blindströmen, die zur Kompensierung der Induktivitäten und Kapazitäten der Fernleitung nötig waren, so gleicht man dadurch auch den Ohmschen Spannungsabfall vollständig aus und die Spannung aller Stationen bleibt nunmehr vollständig konstant, unabhängig von der Größe der irgendwie zwischen den Stationen übertragenen Wirkleistung. Es ist bemerkenswert, daß der Proportionalitätsfaktor $R/\omega L$ eine absolute Konstante der Fernleitung ist und daher nur ein für allemal bestimmt zu werden braucht. Natürlich kann man durch angemessene Verstärkung oder Schwächung dieses Faktors in Gl. (52) eine Über- oder Unterkompensierung des Ohmschen Spannungsabfalles erzielen.

Es ist auf sehr einfache Weise möglich, diesen zusätzlichen Blindstrom selbsttätig einzuregeln, wenn man den vorhin beschriebenen Blindstromindikator benutzt. Man braucht seiner Gleichgewichtsbedingung nach Gl. (48) nur noch die zusätzliche Leistung von Gl. (52) hinzuzufügen und erhält als vollständige Indikatorbedingung

$$\omega c_1 E^2 - E J_S \sin\varphi - \frac{R}{\omega L} E J_S \cos\varphi - \omega l_1 J_1^2 - \\ - \omega l_2 J_2^2 = 0. \quad (53)$$

Entweder fügt man also dem Indikator noch ein fünftes System hinzu, das auf den richtigen Bruchteil der Wirkleistung der Station anspricht, oder man vereinigt das zweite und dritte Glied von Gl. (53) zu

$$E J_S \sqrt{1 + \left(\frac{R}{\omega L}\right)^2} \sin\left(\varphi + \operatorname{arc\,tg} \frac{R}{\omega L}\right), \quad . . . (54)$$

und braucht nunmehr nur dem sowieso vorhandenen $EJ \sin\varphi$-Element des Relais eine Phasenverschiebung von wenigen Grad entsprechend dem kleinen Verhältnis $R/\omega L$ zu erteilen. Jedes Blindstrom-Kompensationsrelais regelt dann die Kompensierungseinrichtung seiner Station stets derart, daß nicht nur die natürlichen Blindleistungen der Fernleitung sondern auch ihre Ohmschen Spannungsabfälle nach außen hin vollständig zum Verschwinden gebracht werden.

Durch solche Kompensierungs- und Regelungseinrichtungen kann man elektrische Fernleitungen zur Übertragung sehr hoher Leistungen auf beliebige Entfernungen geeignet machen. Dies setzt allerdings voraus, daß die Regelung sauber und schnell erfolgt, da sich sonst im ersten Moment nach einer Laständerung ja trotzdem die früher besprochenen schädlichen Erscheinungen einstellen würden. Wenn man daher Synchron- oder Asynchronmaschinen zum Kompensieren verwendet, so ist es erforderlich, sie durch Schnellerregungsmethoden zu regeln. Man muß dazu die Erregermaschinen sehr viel größer ausführen, als es zur stationären Erregung nötig wäre, um bei der großen Zeitkonstante der Magnetfelder eine hoch getriebene Erregerspannung während der Regelperiode zur Verfügung zu haben. Die Erregermaschine selbst wird man mit vollständig lamelliertem Eisenkreis ausführen, um verzögernde Wirbelstrombildungen hintan zu halten. Man wird sie häufig getrennt von den Hauptmaschinen antreiben, um die Tatsache auszunutzen, daß schnellaufende Erregermaschinen eine viel geringere Zeitkonstante als Langsamläufer besitzen. Abb. 27 stellt eine derartige in Amerika[6] gebräuchliche Schnellerregungsschaltung dar, bei der die Erregermaschine die drei- bis fünffache Leistung des sonst üblichen besitzt.

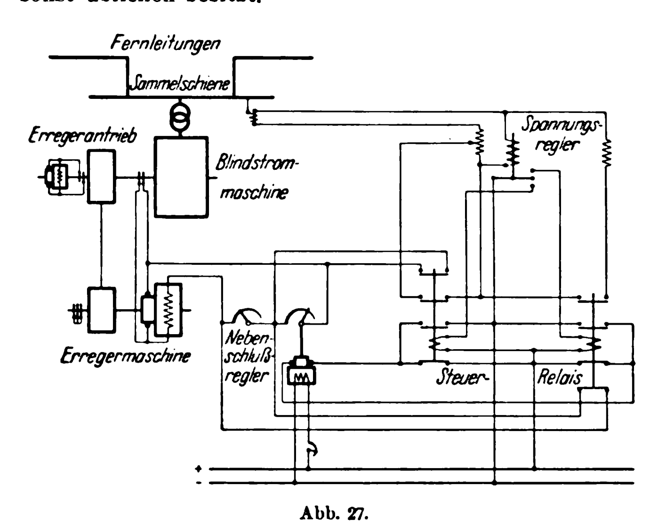


Abb. 27.

Verwendet man zur Kompensierung zwischen Leerlauf und der natürlichen Leistung der Fernleitung Drosselspulen in den Stationen, so kann man sie zur Regelung ihrer Selbstinduktion entweder mit variablem Luftspalt ihres Eisenweges ausführen, oder man schaltet stufenweise einzelne Spulen ein und aus, um sie den veränderlichen Zuständen auf der Leitung anzupassen. Diese Zu- und Abschaltung muß dann mit möglichster Geschwindigkeit erfolgen, wozu vor allem Schützensteuerungen geeignet sind. In Abb. 28 ist ein solches Prinzipschaltbild dargestellt, wie es für die oben genannte große deutsche Fernleitung verwendet wird. Die gesamte in den Drosselspulen untergebrachte Kompensierungsleistung dieser Anlage beträgt über 200 000 kVA und wird durch die beschriebenen Blindleistungs-Kompensationsrelais ohne Eingreifen von Hand völlig selbsttätig geregelt. Abb. 29 zeigt ein Bild dieses Relais. Unterteilt man die Drosselspulen sehr stark, so kann man sich jedem Zustande in der Fernleitung und auch jedem Zustande in den Stationen mit ihren eigenen Erzeugungs- und Belastungsnetzen sehr genau anpassen. Verwendet man grobe Stufen, so muß man dem Relais natürlich eine angemessene Unempfindlichkeit erteilen, damit dasselbe beim Einschalten oder Ausschalten einer Spule nicht sofort darauf im entgegengesetzten Sinne anspricht.

6. Störungen bei der Kraftübertragung[7].

Störungen und Fehler in elektrischen Anlagen können sowohl in der Erzeugungsanlage, also vor allem in den Kraftwerken, oder in der Verteilungsanlage, also in den Fernleitungen und dem Verteilungsnetz, als auch beim Verbraucher auftreten. Wir wollen hier nur die Störungen in der Fernleitungsanlage untersuchen, die dem Problem der Kraftübertragung auf weite Strecken eigentümlich sind.

Wir betrachten hierfür zwei Kraftwerke, von denen jedes mehrere Generatoren besitzt, die nach Abb. 30 durch eine lange Kupplungsleitung verbunden sind. Kraftwerk *1* möge seine volle Leistung auf das Kraftwerk *2* übertragen. Wenn dann durch einen unglücklichen Umstand der Leitungsschalter im Kraftwerk *2* fällt, so daß die Leistungsübertragung unterbrochen wird, so geht die Fernleitung plötzlich vom Belastungszustand auf den Leerlaufzustand über. Die Wirkströme und ihre Span-

[6] C. A. Powell, El. World Bd. 89, S. 1061.
[7] Literatur vor allem im J. Am. Inst. El. Engs. seit 1920.

nungsabfälle fallen plötzlich fort, die Kapazitätsströme und ihre Spannungserhöhungen bleiben bestehen und infolge davon wird die Spannung längs der Fernleitung entsprechend der oberen Kurve der Abb. 18 gewaltig ansteigen. Die Kapazitätsströme in der Leitung fließen aber auch durch die Selbstinduktion der Transformatoren und Generatoren des speisenden Kraftwerks *1* und erzeugen auch dort an Stelle der vorher vorhandenen induktiven Abfälle sofort beträchtliche Spannungssteigerungen. Die gesamte plötzliche Spannungserhöhung am geöffneten Leitungsende beim Kraftwerk *2* kann je nach der Länge der Fernleitung leicht bis auf 100 % und mehr der regulären Spannung steigen. Da nun die Kapazitätsströme auch das Feld der Generatoren zu verstärken suchen, wozu allerdings wegen der magnetischen Trägheit der Maschinen eine gewisse Zeit notwendig ist, so *folgt dieser ersten plötzlichen Spannungssteigerung noch ein allmählich sich entwickelnder weiterer Anstieg nach*, der bei Maschinen mit starker Ankerrückwirkung nochmals die gleiche Größenordnung besitzen kann.

Abb. 28.

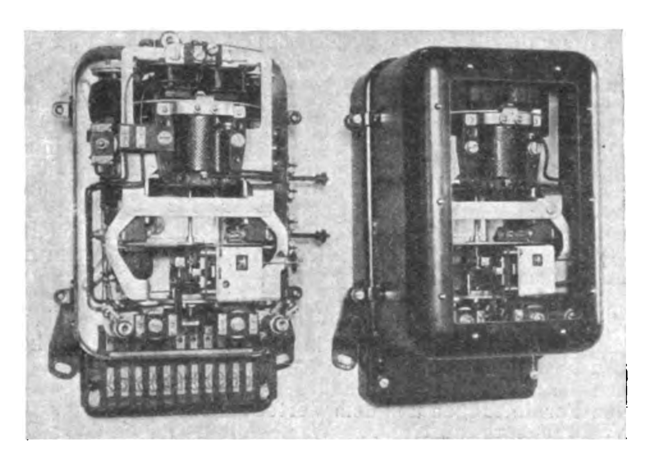


Abb. 29.

Zur Vermeidung dieser Erscheinungen ist es erforderlich, die oben beschriebene Blindstromkompensation für veränderlichen Lastzustand der Fernleitungen mit denkbar größter Geschwindigkeit zu betätigen, oder aber noch besser *ein besonderes Gefahrrelais* für den Fall *starker Spannungssteigerung* vorzusehen, das alle vorhandenen induktiven Kompensationsmittel außerhalb der gewöhnlichen Reihenfolge sofort an die Leitung schaltet. Man darf damit ruhig übers Ziel hinausschießen und eine Spannungssenkung hervorrufen, die ja alsdann durch die normale Regelungstätigkeit doch wieder ausgeglichen wird.

Fällt der Fernleitungsschalter nicht an der Verbrauchersondern an der Erzeugerstation und unterbricht dort die Energieübertragung, so wird die Fernleitung ebenfalls vom Wirkstrom entlastet und es bleibt nur der Kapazitätsstrom übrig. Sie wird also die gleiche Spannungssteigerung nach Abb. 18 erleiden. In den Transformatoren und Generatoren des Kraftwerks *2* liegen die Verhältnisse insofern etwas günstiger, als durch den Wegfall des Belastungsstromes keine Spannungserhöhung sondern eine gewisse Spannungssenkung eintritt, die von der kapazitiven Erhöhung nach dem Öffnen der Leitung in Abzug kommt.

Außer diesen elektrischen Vorgängen wirken die Be- oder Entlastungsstöße auch *dynamisch auf die Kraftwerksmaschinen* ein. Wenn die Generatoren jedes Kraftwerks unter sich gleichartig sind und gleich belastet waren, so bekommen sie alle den gleichen Anteil des Stoßes, ohne daß Besonderheiten eintreten. *Sind die Maschinen jedoch ungleich*, entweder in ihrer Größe oder ihrer Reaktanz oder in der Drehzahl, im Schwungmoment, in der Art des Spannungs- und Geschwindigkeitsreglers, oder in der Vorbelastung usw., *so reagieren sie im allgemeinen verschieden schnell* auf alle Laststöße. Haben wir beispielsweise einen Dampfturbogenerator mit etwa 10 s mechanischer Zeitkonstante seiner Schwungmassen und großer Leistung parallel mit einem Schenkelpolgenerator mit etwa 3 s Zeitkonstante und kleiner Leistung am gleichen Ende der Fernleitung arbeiten, so wird die letztere Maschine auf jeden Laststoß schneller reagieren und daher der ersten vor- oder nacheilen. Gleichzeitig beeinflußt aber die große Leistung des Turbogenerators den kleinen Schenkelpolgenerator, so daß er eine sehr starke Winkelverschiebung bekommen kann und unter ungünstigen Umständen außer Tritt fällt.

Ähnliche Verhältnisse liegen beim Betriebe langer Fernleitungen vor, wenn *die beiderseitigen Kraftwerke sehr ungleichartig sind*, oder wenn ein Leistungsstoß stark unsymmetrisch auf die Kraftwerke wirkt, etwa dadurch, daß eine Zwischenstation in der Nähe eines Leitungsendes einen Laststoß liefert oder gar herausfällt. Dann wird sich der Stoß im ersten Augenblick im wesentlichen entsprechend den Induktanzen der Stromzweige vom Ort des Leistungsstoßes bis in alle Generatoren verteilen. Dadurch treten Differenzen im Voreilwinkel ϑ der verschiedenen Generatoren ein, die bei ausreichend starken Stößen und ausreichender Ungleichheit der Maschinen oder Kraftwerke untereinander zum Überschwingen des Stabilitätswinkels führen können. Die Kraftwerke fallen natürlich um so leichter außer Tritt, *je größer ihre Vorbelastung* war, da dann nach Abb. 12 nur relativ kleine Zusatzstöße ausgehalten werden können.

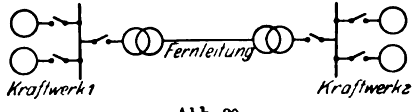


Abb. 30.

Fällt in einem der Kraftwerke durch irgendeinen Zufall *ein großer Generator heraus*, so wird die resultierende Induktanz des Kraftwerks größer und dadurch verkleinert sich nach Gl. (14) und (15) die Kupplungsleistung der Fernleitung. Sie ist in Abb. 31 in Abhängigkeit vom Phasenwinkel ϑ dargestellt und sinkt durch die Störung von Kurve *1* auf Kurve *2* herab. Es kann vorkommen, daß die Leistung, die nunmehr von den übrigbleibenden Generatoren übernommen werden muß, *im neuen Zustand nicht mehr stabil übertragen wird*, insbesondere wenn man beachtet, daß durch den auftretenden Stoß ein zeitweises Überschwingen des neuen Gleichgewichtszustandes erfolgen muß.

Ähnlich liegen die Verhältnisse, wenn man die Leistung durch *Doppelleitungen* nach Abb. 32 überträgt und eine *Teilstrecke herausfällt*. Auch dann sinkt die Kurve der Kupplungsleistung durch die Induktanzvermehrung entsprechend Abb. 31 plötzlich herunter. Die volle vorherige Leistung würde vielleicht im Beharrungszustande noch übertragen werden, dennoch können die Kraftwerke instabil auseinanderfallen, wenn der beschleunigend auf die Polräder wirkende Arbeitsüberschuß der Fläche f_1, wie in Abb. 31, größer ist als die ver-

zögernd wirkende Arbeit der Fläche f_2. An Hand eines solchen Diagramms ist es jederzeit leicht möglich, die verschiedenen Störungsfälle zu prüfen und zu sehen, ob die Leistungsübertragung dabei stabil bleibt.

Bei zahlreichen Störungen, insbesondere bei Kurz- und Erdschlüssen, sinkt die Spannung der Generatoren stark herab. Dadurch nehmen die synchronisierenden Kräfte zwischen den elektrisch gekuppelten Generatoren nach Gl. (14) und (15) quadratisch ab. Die Grenze E_{min} der Klemmenspannung, bei der die Maschinen außer Tritt fallen können, wenn sie nicht sofort von ihrer mechanischen Antriebsleistung entlastet werden, ergibt sich daraus bei Vernachlässigung des Ohmschen Widerstandes zu

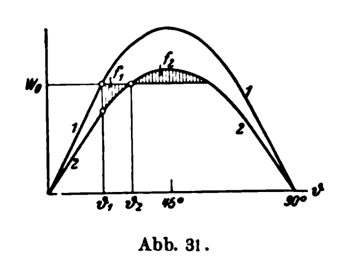


Abb. 31.

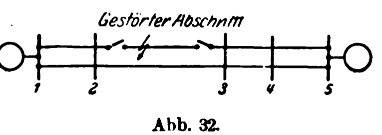
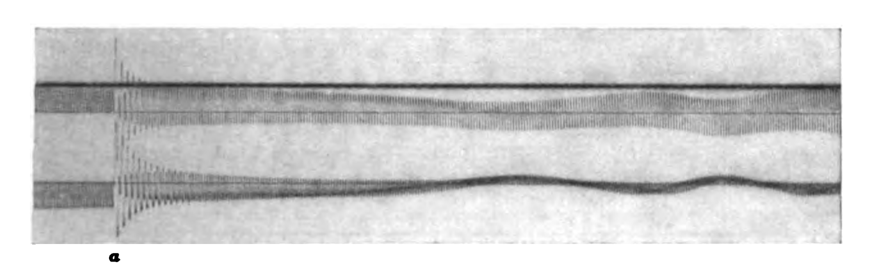


Abb. 32.

$$E_{min} = \sqrt{\frac{\omega L W}{\sin \vartheta}} = \sqrt{\frac{\omega L E J_w}{\sin \vartheta}} \quad \ldots \ldots (55)$$

oder im Verhältnis zur normalen Klemmenspannung

$$\frac{E_{min}}{E} = \sqrt{\frac{\omega L J_w}{E \sin \vartheta}} = \sqrt{\frac{E_l' E}{\sin \vartheta}} \quad \ldots \ldots (56)$$



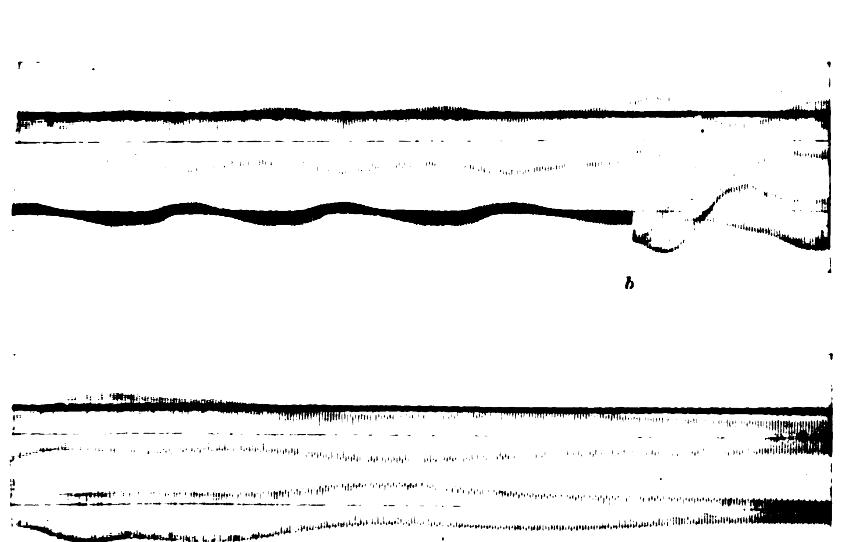


Abb. 33.

Die Spannungssenkung darf also um so größer sein, je geringer die Selbstinduktionsspannung ist. Zwei kurz gekuppelte, parallel arbeitende Maschinen mit je 12,5 % Streuspannung werden danach bei Belastung mit ihrem normalen mechanischen Moment die statische Stabilitätsgrenze von $\vartheta = 90°$ bei einer Spannungssenkung auf $\sqrt{2} \cdot 12{,}5\ \% = 50\ \%$ erreichen.

Bei geringerer Klemmenspannung hängt es von den Besonderheiten des Falles ab, ob die Maschinen in Tritt bleiben oder nicht. Handelt es sich um einen Generator und einen Motor, so fallen sie natürlich auseinander. Handelt es sich um zwei gleichartige Generatoren, die von gleichartigen Kraftmaschinen angetrieben und von gleichartigen Reglern gesteuert werden, so können sie eine gewisse Zeit auch ohne synchronisierende Kräfte im Takt bleiben. Da die Induktanzen der Kraftwerke und Generatoren beim Vorhandensein langer Fernleitungen sehr viel größer sind als 25 %, so erkennt man, daß deren Stabilitätsgrenze schon bei viel geringeren Spannungssenkungen als auf 50 % erreicht wird.

Wie groß die tatsächliche Spannungsabsenkung bei einpoligem, zweipoligem oder dreipoligem Kurzschluß auf der Drehstrom-Fernleitungsstrecke der Abb. 32 ist, läßt sich nach den üblichen Methoden leicht berechnen. Tritt ein dreipoliger Kurzschluß auf einer einfachen Leitungsstrecke nach Abb. 30 auf, so bricht die Spannung bei metallischer Berührung vollständig auf Null zusammen und auch beim Auftreten von Lichtbögen in Hochspannungsleitungen auf einen geringfügigen Betrag. Die Kupplung der Kraftwerke wird hierdurch vollständig unterbunden, sie fallen im allgemeinen sofort außer Tritt. Beim dreipoligen Kurzschluß auf Drehstrom-Doppelleitungen nach Abb. 32 bleibt noch eine Kupplung über die zweite Leitung bestehen, die Spannung in den Kraftwerken sinkt nur erheblich herab. Hier muß man zahlenmäßig nachrechnen, ob die Anlage stabil bleibt oder nicht.

In Abb. 33 ist ein Oszillogramm der Leistungen zweier Synchrongeneratoren wiedergegeben, die im gleichen Kraftwerk[8] standen und im Zeitpunkt *a* einen dreipoligen Kurzschluß über eine größere Induktivität erlitten. Da sich die Spannung dabei auf etwa 30 % senkte, so fielen die Maschinen außer Tritt und liefen, da ihre Leistungsregler verschiedenartig eingestellt waren, durcheinander hindurch. Nach Abschaltung des Kurzschlusses im Zeitpunkt *b*, etwa nach 4 s, setzten die vollen Kupplungskräfte wieder ein, die Generatoren fingen sich daher unter einigen Pendelungen. Da es sich um Turbogeneratoren mit starker Dämpferwirkung handelte, so ging das Fangen und Abklingen der Pendelungen sehr schnell vor sich.

Ist der Kurzschluß nur zweipolig, so wird selbst bei einfachen Kupplungsleitungen der Energiefluß zwischen den Kraftwerken nicht vollständig unterbunden, sondern die Spannung bleibt auf der gesunden Phasenleitung zu einem erheblichen Teil bestehen. Noch günstiger liegt der Fall beim zweipoligen Kurzschluß auf Drehstrom-Doppelleitungen, bei denen nur die Kupplung über den kranken Leitungsteil geschwächt wird und die über den gesunden voll erhalten bleibt.

Da man die kurzschlußbehaftete Teilstrecke entsprechend Abb. 32 durch automatische Schutzanordnungen beiderseits so schnell wie möglich zur Abschaltung bringt, so treten in kurzer Folge drei verschiedene Leistungszustände auf der Leitung ein, die durch Abb. 34 näher veranschaulicht werden. Kurve *1* stellt die Kupplungsleistung zwischen den beiden Kraftwerken im regulären Betriebe der Leitung dar. Im Augenblick des Kurzschlusses auf der Leitung verringert sich die Kupplung durch die Spannungssenkung auf den Wert von Kurve *2*. Der Spannungswinkel ϑ zwischen den Kraftwerken vergrößert sich daher bei konstant gehaltener Leistung W_0 von ϑ_1 auf ϑ_2, wobei natürlich das mehrfach besprochene Überschwingen eintritt. Wird jetzt die kranke Leitung abgeschaltet, so erhöht sich die Kupplungsleistung wieder bis zum Wert der Kurve *3*, die durch die erhöhte Leitungsinduktanz gegeben ist. Der Spannungswinkel schwingt also von der Gleichgewichtslage ϑ_2 bis auf die endgültige Gleichgewichtslage ϑ_3 zurück, was wieder unter Pendeln vor sich geht. In Abb. 34 sind die Verhältnisse der Anschaulichkeit halber so dargestellt, daß beide Zustandsänderungen sich stabil verhalten, dies ist in der Praxis aber meistens nicht der Fall.

[8] Die Versuche wurden bei der A.G. Sächsische Werke durchgeführt.

Insbesondere kommt als ungünstiges Moment hinzu, daß die Generatoren bei jedem Kurzschluß einen gewaltigen Leistungsstoß erhalten, dessen Größe sich nach der Induktanz und auch nach dem Widerstand der Kurzschlußbahn richtet. Es bleibt daher in Wirklichkeit die Leistung W_0 in Abb. 34 nicht konstant, sondern sie springt während der Störung zwischen mehreren Werten hin und her. Dadurch können die auftretenden Schwingungen außerordentlich verstärkt werden je nach den Zeiten, in denen sich diese Stöße folgen, im Verhältnis zur Eigenschwingungszeit der Pendelungen. Es kann vorkommen, daß die Kraftwerke beim Eintreten des Kurzschlusses auf der Leitung noch synchron miteinander bleiben, und daß sie erst nach erfolgtem Abschalten des Kurzschlusses durch den zweiten Stoß außer Tritt fallen.

Dieser Entlastungsstoß erfolgt bei den heute üblichen Abschaltzeiten unserer Relais und Ölschalter frühestens nach einer halben Sekunde, und da dieses zufällig auch gerade die Zeit einer Halbschwingung der freien Pendelungen der meisten Synchronmaschinen ist, so tritt der Entlastungsstoß gerade im ungünstigsten Moment auf und verstärkt die schwingungserzeugende Wirkung des vorhergehenden Belastungsstoßes aufs äußerste. Im allgemeinen fallen daher unsere Kraftwerke bei derartigen zweipoligen Kurzschlüssen außer Tritt, wenn sie vorher erheblich vorbelastet waren.

Beim einpoligen Erdschluß sind die Erscheinungen prinzipiell die gleichen, wie sie eben besprochen wurden, wenn der Sternpunkt der Anlage kurz oder über Widerstand geerdet ist. Je nach der Größe dieses Widerstandes und auch des Erdwiderstandes der kranken Stelle vermindern sich die synchronisierenden Kräfte mehr oder weniger und es treten erhebliche Leistungsstöße auf. Die Wirkungen sind jedoch natürlich nicht so stark wie beim zweipoligen Kurzschluß und daher findet man praktisch, daß die Anlagen bei diesen Störungen oft im Tritt bleiben. Ist der Sternpunkt des Leitungssystems isoliert und sind insbesondere Löscheinrichtungen zur Unterdrückung der Erdschlußströme auf der Leitung vorgesehen, so sind solche Störungen überhaupt ohne erheblichen Einfluß auf die Stabilität der Fernübertragung.

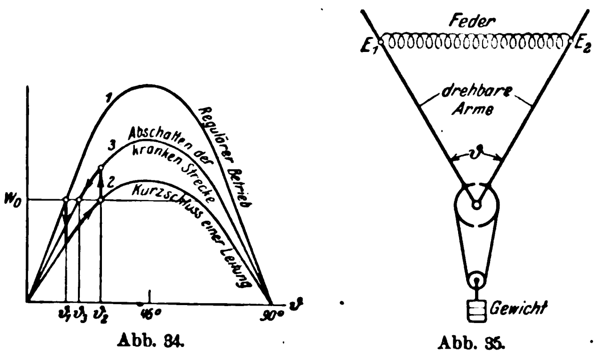


Abb. 34. Abb. 35.

Die Stabilitätsverhältnisse zwischen gekuppelten Maschinen oder Kraftwerken lassen sich sehr anschaulich durch ein mechanisches Modell[9] darstellen, das ein direktes Abbild des Vektordiagramms unserer Leistungsübertragung nach Abb. 2 ist. Es wurde von der Westinghouse-Gesellschaft in Pittsburgh ausgearbeitet und ist in Abb. 35 dargestellt. In Analogie zu den Kraftwirkungen auf die Polräder der Synchronmaschinen werden zwei Arme, die um eine gemeinsame Achse beweglich sind, einerseits durch eine konstante Gewichtskraft auseinandergezogen, anderseits durch eine Schraubenfeder zusammengehalten. Das Gewicht spiegelt die übertragene Leistung, die elastische Feder die synchronisierenden Kräfte wieder, die Arme stellen die Größe und die gegenseitige Lage der Spannungsvektoren oder der Polräder in den Kraftwerken dar. Man kann durch Anwendung verschiedener Gewichte jede beliebig starke Leistungsübertragung und auch jeden Belastungsstoß darstellen und kann durch Benutzung verschieden elastischer Federn die Induktanz der Fernleitung mit allen ihren Besonderheiten zur Abbildung bringen. Auch die Verwendung von Doppelleitungen auf der Strecke oder die Abschaltung von Teilstrecken läßt sich dabei leicht berücksichtigen. Der Abstand jedes Federpunktes vom Drehpunkt der Hebel spiegelt die Spannung eines entsprechenden Leitungspunktes nach Größe und Phase wieder. Man kann daher Kurzschlüsse mit ihrer Spannungssenkung durch Herabziehen eines Federpunktes leicht zur Abbildung bringen. Bei komplizierteren Kraftwerks- oder Netzverhältnissen kann man mehrere derartige mechanische Modelle miteinander verbinden und erhält dadurch die Möglichkeit, die Stabilitätsverhältnisse solcher Netze, deren rechnerische Erfassung recht verwickelt sein würde, durch einen einfachen Modellversuch zu prüfen.

Wir wollen zum Schlusse kurz zusammenstellen, was für Abhilfsmittel uns gegen die Störungen des Betriebes langer Fernleitungen zu Gebote stehen. Das sicherste Mittel, instabile Erscheinungen und damit Betriebsunterbrechungen zu vermeiden, wäre natürlich die vollständige Verhinderung von Erdschlüssen, Kurzschlüssen und ähnlichen Störungen. Da diese in den meisten Fällen durch atmosphärische Vorgänge verursacht werden, so sieht man, daß eine Klärung und Lösung der Überspannungsfrage in engstem Zusammenhang mit unserem Problem steht. Die Wirkungen der Erdschlüsse auf die Stabilitätsverhältnisse lassen sich durch Anwendung von Löschern vollständig beseitigen, dieses Mittel sollte man daher bei langen Hochspannungsleitungen stets anwenden.

Gegen Kurzschlüsse besitzen wir solche vorbeugenden Einrichtungen noch nicht in genügendem Maße. Man kann ihre Wirkungen zwar durch hohe Streuung der Maschinen und Transformatoren, durch vorgeschaltete Kurzschlußdrosselspulen oder durch Herabregeln der Spannung vermindern, jedoch haben wir gesehen, daß gerade durch Anwendung dieser Mittel die Stabilität der Kraftübertragung außerordentlich verringert wird. Man wird daher eher das Gegenteil erstreben und den Kurzschlußströmen zugunsten einer stabilen und betriebssicheren Leistungsübertragung das Austoben gestatten müssen. Auf alle Fälle darf man in Generatoren und Transformatoren keine unnötig große Streuung oder Ankerrückwirkung hineinlegen, da sonst der stabile Betrieb langer Fernleitungen mit ihren erheblichen Induktanzen unmöglich wird.

Durch die Spannung der Fernleitung werden Durchmesser und Abstände der Phasenleitungen bestimmt, die Induktanz und der Wellenwiderstand sind daher für die zu überwindende Entfernung fest gegeben. Da hierdurch jede Fernleitung eine bestimmte natürliche Leistung für die Übertragung besitzt, die in Zahlentafel 3 dargestellt ist, so bleibt zur Übertragung größerer Leistungen nur die Möglichkeit, mehrere Leitungen in Parallele zu verwenden, falls man die Spannung nicht wesentlich erhöhen will. Man muß dabei stets den Phasenwinkel zwischen den Maschinenspannungen bei voller Belastung kontrollieren, der insgesamt den Wert von 40 bis 50° nicht überschreiten soll, wenn man ausreichende Sicherheit gegen Stöße haben will.

Bei Übertragungen auf viele hundert Kilometer Entfernung kommt man zu größeren Phasenwinkeln. Man muß dabei Blindstrommaschinen oder -Apparate von beträchtlicher Leistungsfähigkeit angemessen auf die Strecke verteilen und die Leitung abschnittsweise alle 100 bis 200 km kompensieren.

Die Blindleistung dieser Kompensatoren muß mit großer Empfindlichkeit und hoher Geschwindigkeit selbsttätig geregelt werden, damit sie den Belastungsänderungen der Leitung jederzeit folgen kann. Höchste Schnellerregung bei allen Synchronmaschinen und rasch wirkende Leistungsregler in den Kraftwerken stellen eine notwendige Bedingung zur Sicherung des stabilen Betriebes dar.

Ein Herabregeln der Spannung nach Auftreten von Kurzschlüssen, um diese zum Erlöschen zu bringen, wirft mit ziemlicher Sicherheit die Kraftwerke außer Tritt. Es ist vielmehr zweckmäßig, die Erregung der Maschinen nach derartigen Störungen zunächst heraufzuregeln, um die Kraftwerke trotz der Kurzschlußströme starr genug zu kuppeln und in Takt zu halten.

Die Anwendung von Asynchronmaschinen an Stelle von Synchronmaschinen verspricht Vorteile, weil sie sich jederzeit auf ihren Sollzustand einstellen und denselben nicht unter Pendelungen überschreiten.

Die Schaltzeiten der heutigen Relais sowie vor allem der großen Ölschalter liegen gerade in der ungünstigen Größenordnung von einer halben Sekunde und darüber. Gelingt es, diese Zeiten auf etwa $^1/_{10}$ s zu verkürzen, so würde hierdurch allein schon ein erheblicher Teil des Stabilitätsproblems gelöst sein, weil dann die Störungen auf den Leitungen keine so starke Wirkungen auf die Maschinen mehr ausüben können.

[9] S. B. Griscom, The Electric Journ. Bd. 23, S. 230.



Wirkung des Zusammenschlusses großer Netze auf ihren Betrieb*.

Von H. Piloty, Berlin.

Übersicht. Es werden die mit einer zweckmäßigen Organisation der Verteilung von Leistung und Blindleistung auf zusammenarbeitende Kraftwerke und Netzteile zusammenhängenden Maßnahmen besprochen. Anschließend an allgemeine Erörterungen dieser Art wird die Frage behandelt, inwiefern die vorgeschlagenen organisatorischen Beziehungen zwangläufig arbeitenden Apparaten übertragen werden können und welche grundsätzlichen Anforderungen an diese Apparate zu stellen sind. Ferner wird besprochen, in welcher Weise die Organisation des Verrechnungswesens mit technischen Aufgaben des Parallelbetriebes in Verbindung steht und ein Vorschlag für die Organisation des Verrechnungswesens gemacht, welcher unnötige technische Aufgabestellungen vermeidet. Schließlich werden die für die gemeinsame Betriebsführung zur Verfügung stehenden technischen Hilfsmittel zusammenfassend durchgesprochen.

Der Vortrag von Herrn Generaldirektor Dr. Frank[1] hat in Ihnen sicherlich ein deutliches Bild der allgemeinen Entwicklungsrichtung, in welcher sich die deutsche Groß-Elektrizitätsversorgung bewegt, wachgerufen. Eine große Zahl von Hochspannungsnetzen, verschiedenen Stromlieferungsunternehmungen teils öffentlich-rechtlichen, teils privaten Charakters, überspannt heute schon unser Vaterland. Die einzelnen Netze dehnen sich immer mehr aus, ihre Ausläufer nähern sich zusehends. Ihr Zusammenschluß, teilweise schon vollzogen, ist sicher nur noch eine Frage der Zeit. Wenn dies einmal geschehen sein wird, wird ein engmaschiges Leitungsnetz mit ziemlich verteilt gelegenen Kraftwerken ein dicht besiedeltes Kulturland hoher Verbrauchsdichte überspannen. Es darf daher nicht wundernehmen, wenn die technischen und wirtschaftlichen Konsequenzen, die eine solche Entwicklung nach sich zieht, heute im Vordergrund des Interesses stehen und beispielsweise die in Amerika, dem Lande des stark zentralisierten Verbrauchs, der weiten, dünn besiedelten Flächen, der Zusammenballung der Erzeugung an einzelnen naturbegünstigten Punkten, seit mehreren Jahren mit so großem Aufwand an Scharfsinn und Arbeit studierten Probleme der Großkraftübertragung auf weite Strecken trotz ihrer hohen wissenschaftlichen Bedeutung etwas in die zweite Linie des aktuellen Interesses zurückdrängen.

Man kann nun bei oberflächlicher Betrachtung zu der Ansicht geführt werden, als ob durch den Prozeß des Zusammenschlusses gar keine, einer Erörterung vor so breitem Forum würdigen, neuen technischen Probleme entstehen könnten. Vollzieht sich ein ganz ähnlicher Prozeß doch schon, wenn auch in kleinerem Maßstabe, bereits seit Jahren innerhalb der einzelnen großen Stromlieferungsunternehmungen, ohne daß es notwendig geworden wäre, besondere technische Maßnahmen, von einigen Spezialfragen abgesehen, zu treffen. Ein solches Urteil wäre aber in der Tat irrig. Zwei Umstände dürfen nämlich nicht übersehen werden: Einmal, daß die Betriebsführung jedes der zusammengeschlossenen Netze auf die anderen zurückwirkt, so daß mit wachsendem Zusammenschluß ein immer verwickelteres System betrieblicher Einzelmaßnahmen zu reibungsfreiem Zusammenspiel zu bringen ist. Zweitens muß man beachten, daß die Unternehmungen, welche ihre Netze zusammenschließen, nach wie vor wirtschaftlich selbständige Einheiten bleiben und gezwungen sind, ihre gegenseitigen Beziehungen durch Verträge zu regeln, die tief in die technische Betriebsführung eingreifen. Jedes Unternehmen treibt ja seine eigene wirtschaftliche Entwicklungs- und Stromabsatzpolitik und hat infolgedessen den Wunsch, in seinen Beziehungen zu den Nachbarunternehmungen mit festen, klaren Verhältnissen rechnen zu können und möglichst von dessen Wirtschaftspolitik unabhängig zu sein. Infolge dieser beiden Umstände entsteht eine Reihe von Problemen wirtschaftlicher und organisatorischer Art, den technischen Teil der Stromaustauschverträge und die Organisation des gemeinsamen Betriebes sowie das Verrechnungswesen betreffend, welche ihrerseits wieder zur Quelle eines verzweigten Stromes rein technischer Aufgaben werden.

Ich bitte daher um Nachsicht, wenn es mir erforderlich erscheint, auch Fragen rein wirtschaftlicher und organisatorischer Natur, welche geeignet sind, die technische Entwicklung maßgebend zu beeinflussen, zu besprechen.

* Vortrag der XXXIV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Aachen.

[1] Frank, S. 963 dieses Heftes.

Eine der wichtigsten, wenn nicht die wichtigste Frage des Gemeinschaftsbetriebs ist die einer zweckmäßigen Organisation der Verteilung von Leistung und Blindleistung auf die zusammenarbeitenden Kraftwerke und Netzteile in Verbindung mit der Regelung der Spannung an den wichtigen Netzknotenpunkten. Insbesondere die richtige Verteilung der Leistung berührt direkt einen Lebensnerv der Elektrizitätsversorgung: ihre Wirtschaftlichkeit. Wir werden uns daher anschließend an Erörterungen über die hierfür gegebenen grundsätzlichen Möglichkeiten mit dieser Frage in erster Linie auseinanderzusetzen haben und uns auch darüber Klarheit zu schaffen suchen, inwiefern und auf welche Weise eine Automatisierung dieses Betriebes anzustreben ist. In zweiter Linie werden wir uns mit den besonderen Aufgaben beschäftigen, welche der Zusammenschluß dem Verrechnungswesen stellt, und schließlich die für die gemeinsame Betriebsführung zur Verfügung stehenden technischen Hilfsmittel besprechen.

Freilich darf man dabei nicht vergessen, daß der Zusammenschluß der großen deutschen Netze erst im Werden ist und daß daher seine technischen Folgen bisher kaum erörtert, geschweige denn in die harte Wirklichkeit umgesetzt worden sind, so daß es sich nicht darum handeln kann, fertige Erzeugnisse zu beschreiben, sondern nur darum, ein möglichst umfassendes und einheitliches, wenn auch subjektiv gesehenes Zukunftsbild mit rohen Pinselstrichen zu skizzieren, mit dem Ziele, seine Grundlinien zur Erörterung zu stellen und prinzipielle Anhaltspunkte für die einzuschlagenden Wege der technischen Entwicklung zu gewinnen.

Grundsätzliche Betrachtungen über Verteilung von Leistung und Erregung auf die Kraftwerke und Maschinen zusammengeschlossener Netze.

Bei der Untersuchung der Leistungsverteilung auf parallel arbeitende Synchronmaschinen handelt es sich um zwei grundsätzlich verschiedene Gruppen von Problemen, und es erscheint mir wichtig, diese beiden von vornherein scharf zu trennen. Die eine betrifft die Möglichkeit, eine Reihe von räumlich getrennten, durch Hochspannungsleitungen miteinander in Verbindung stehenden Synchronmaschinen oder ganzen Kraftwerken in stabilem Parallelbetrieb zu halten. Es ist dies eines der ältesten und berühmtesten Probleme der Elektrotechnik, welches scheinbar endgültig gelöst war, in jüngster Zeit aber neuartig beleuchtet im Zusammenhang mit der Energieübertragung über lange, hochausgenützte Fernleitungen wieder aktuell geworden ist. Es ist heute nicht meine Aufgabe, auf dieses Problem und seine praktischen Konsequenzen einzugehen. Im Gegensatz zu den verhältnismäßig schnellen Ausgleichvorgängen — den Pendelungen —, die hier in Betracht gezogen werden müssen, sind aber noch beträchtlich langsamere Änderungen des Betriebszustandes von Kraftwerken und Netzen von Bedeutung, welche kontrolliert und künstlich erzeugt werden müssen, damit die Gesamtleistung der Abnehmer in jedem Augenblick, sagen wir lieber in jeder Minute, in erwünschter Weise auf die speisenden Kraftwerke verteilt ist. Dies ist der zweite eben erwähnte Fragenkomplex, und auf ihn wollen wir nun eingehen.

Solange eine nicht allzu große Anzahl von Kraftwerken auf ein Netz arbeitet, das einer Verwaltung untersteht, und solange das gewünschte Verteilungsgesetz der Leistungen von der allereinfachsten Form ist, regelt sich alles gewissermaßen von selbst in bekannter Weise auf Grund der Eigenschaften der Kraftmaschinenregler. Besitzen die zusammenarbeitenden Kraftwerke — von der Verteilung der Leistungen auf die einzelnen Maschinen wollen wir zunächst nicht reden — die Nennleistungen P_1, P_2, P_3 usw. und sind die Regler so eingestellt, daß bei Vollast jeweils stationär die prozentualen Drehzahländerungen Δ_{n_1}, Δ_{n_2}, Δ_{n_3} usw. eintreten, so verteilen sich alle Belastungsschwankungen bekanntlich im Verhältnis der „Leistungszahlen" z_1, z_2, z_3 usw. auf die Kraftwerke, wobei jede Leistungszahl durch den Quotienten aus Nennleistung P und Drehzahländerung definiert ist, beispielsweise $z_2 = P_2 / \Delta_{n_2}$, wie dies für den Fall von zwei parallel arbeitenden Kraftwerken in Abb. 1 dargestellt ist. Insbesondere übernimmt ein Kraftwerk mit der Drehzahländerung Null, somit der Leistungszahl unendlich (ein „Frequenzwerk", da es starr die eingestellte Frequenz hält), selbstverständlich innerhalb der Grenzen seiner

Leistungsfähigkeit in Zusammenarbeit mit Kraftwerken endlicher Leistungszahlen alle Belastungschwankungen, und die anderen Kraftwerke fahren mit konstanter, einstellbarer Leistung. Will man also zwischen drei Kraftwerken eine Belastungsverteilung nach Abb. 2 erzielen — ein Kraftwerk hält Frequenz und übernimmt alle Belastungschwankungen, die beiden anderen sind Grundlast-

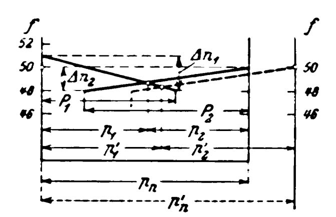


Abb. 1. Leistungsverteilung auf zwei parallel arbeitende Kraftwerke.

werke im strengsten Sinne des Wortes —, so kann man dies vollautomatisch ohne den geringsten äußeren Eingriff dadurch erreichen, daß man dem Frequenzwerk eine sehr kleine Drehzahländerung zuerteilt.

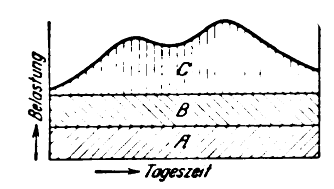


Abb. 2. Leistungsverteilung auf Frequenz- und Grundlastwerke.

So einfach liegt aber der Fall auch in Netzen einer Verwaltung mit wenig Kraftwerken gewöhnlich nicht. Es sind vielmehr erfahrungsgemäß stets eine ganze Reihe von Eingriffen in den selbsttätigen Vorgang erforderlich. Die aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen gewünschte Leistungsverteilung sieht nämlich meist ganz anders aus, als in Abb. 2 dargestellt wurde. In dem in Abb. 3 gezeigten Fall z. B. soll das Werk A mit seiner Volleistung Grundlast fahren. Da aber nachts die Gesamtlast kleiner ist, wird die Grundlast dann ($T_6 — T_1$) reduziert. Im allgemeinen übernimmt Werk B die Frequenzhaltung, und zwar so lange, bis es vollbelastet ist. Von diesem Zeitpunkt an ($T_2 \dots T_3$, $T_4 \dots T_5$) fährt auch Werk B Grundlast, und die Frequenzhaltung geht an Werk C über. Kurz zusammengefaßt heißt dies: Werk A soll nach einem im voraus festgelegten Fahrplan abgestufte Grundlast, Werk B teils Frequenz, teils Grundlast, Werk C stets Frequenz fahren, und zu diesem Zweck sind zu den Zeitpunkten $T_1 \dots T_6$ Eingriffe in den Regelmechanismus erforderlich, ganz abgesehen davon, daß man das Spitzenwerk außerhalb seiner Gebrauchsdauer gewöhnlich noch, wenigstens teilweise, stillsetzt

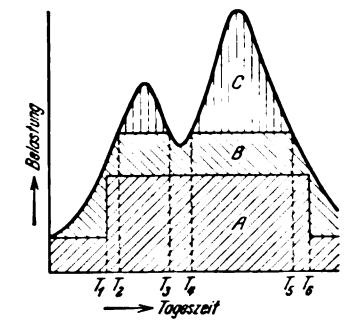


Abb. 3. Leistungsverteilung auf die Kraftwerke.

Was können wir nun aus diesem Beispiel lernen? Wir sehen, daß schon ein ganz einfacher Parallelbetrieb dreier Werke eine erkleckliche Anzahl von Befehlshandlungen erforderlich macht, die gegeben, übermittelt und ausgeführt werden müssen. Wir wissen ferner, daß die richtige Leistungsverteilung auf Kraftwerke wirtschaftlich verschiedener Art (z. B. hohe Anlagekosten, geringe Betriebskosten beim einen, das Gegenteil beim anderen) das wirtschaftliche Gesamtergebnis maßgebend beeinflußt. Es ist daher kein Wunder, daß man im Zeitalter der Rationalisierung schon in den bestehenden Netzen daran denkt, sich zur Erzielung des gewünschten Ergebnisses von der Unvollkommenheit des Menschen freizumachen und den wirtschaftlichen Parallelbetrieb zu automatisieren. Später werden wir auf die Art und Weise, wie dies geschehen kann, zu sprechen kommen. Im Augenblick wollen wir nur feststellen, daß beim Zusammenschluß großer Netze die Anhäufung parallel arbeitender Kraftwerke und die dadurch gewaltig steigende Anzahl von Regelmaßnahmen, welche aufeinander abgestimmt werden müssen, es wohl sicher erforderlich machen wird, irgendwelche, seien es technische, seien es organisatorische Maßnahmen zu treffen, wenn ein planmäßiger Leistungsbetrieb herauskommen soll.

Das Auftreten dieser Notwendigkeit ist indessen nicht die einzige Folgeerscheinung des Zusammenschlusses in Hinsicht auf die Leistungsverteilung. Es genügt nicht allein, diejenigen Maßnahmen ins Auge zu fassen, welche deshalb notwendig werden, weil das durch den Zusammenschluß entstehende Gebilde selbst wieder ein Netz, und zwar ein solches besonders großer Ausdehnung und mit besonders zahlreichen Kraftwerken darstellt. Es ergeben sich vielmehr eine Reihe neuer Aufgaben auch daraus, daß die Netze energetisch zwar zusammengeschlossen werden, trotzdem aber gleichzeitig getrennte Wirtschaftsgebilde bleiben, wie ich ja schon früher angedeutet hatte.

Es ist nicht meine Absicht, die Frage aufzuwerfen, ob der technische Zusammenschluß auch durch einen wirtschaftlichen in dem Sinne, daß der Betrieb des Ganzen sich durch nichts von einem Gemeinschaftsbetrieb unterscheidet, ergänzt werden sollte. Es kann vielmehr festgestellt werden, daß rein technische Gesichtspunkte, soweit man heute übersehen kann, einen derartig folgenschweren Eingriff nicht erforderlich machen, daß es vielmehr möglich ist, allen gerechtfertigten Anforderungen wirtschaftlicher Natur technisch gerecht zu werden. Der Wunsch nach klaren Verhältnissen beim Stromaustausch zwischen Werken, die ihre Netze zusammenschließen wollen, äußert sich in der Regel dadurch, daß der an der Übergabestelle fließenden Leistung schon durch den Austauschvertrag gewisse Beschränkungen, sowohl der Größe nach als auch nach dem zeitlichen Verlauf, auferlegt werden. Darüber hinaus pflegt man sich auch noch, unter Berücksichtigung dieser Beschränkungen, kurzfristig über den genauen zeitlichen Verlauf der übertragenen Leistung zu verständigen. Kurz und gut: Für die Betriebsführung entsteht die Aufgabe, auf der Übergabestelle einen sog. „Leistungsfahrplan" einzuhalten. Sehen wir nun zu, inwieweit sich dies technisch durchführen läßt!

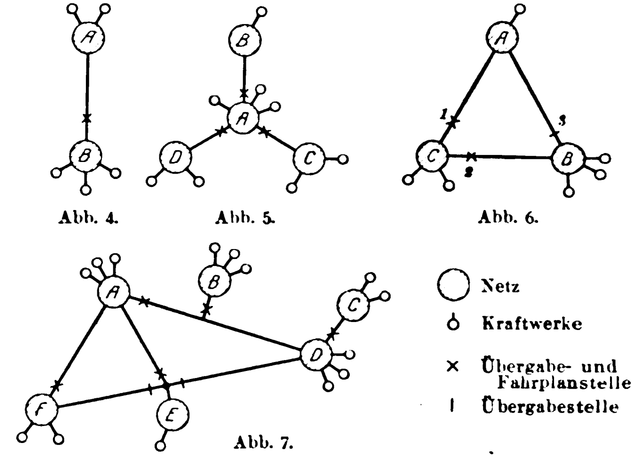


Abb. 4—7. Verschiedene Formen von Gemeinschaftsnetzen.

Abb. 4 stellt zwei Netze dar, welche über eine Leitung miteinander verbunden sind. Da es auf die innere Gestalt der Netze nicht ankommt, sind sie durch schraffierte Kreise dargestellt. Jedes besitzt eine Reihe von Kraftwerken, welche durch kleine Kreise angedeutet sind. An der durch ein Kreuz gekennzeichneten Stelle befindet sich die Übergabestelle, an welcher ein bestimmter Leistungsfahrplan eingehalten werden soll. Offenbar kann dies dadurch erzielt werden, daß das eine Netz, beispielsweise das Netz A, für die Aufrechterhaltung der Frequenz sorgt, während das andere — Netz B — durch entsprechende Beeinflussung seiner Kraftmaschinenregler den Fahrplan einhält. Die Verteilung der Leistung auf die Kraftwerke eines Netzes interessiert uns jetzt nur in zweiter Linie, kann aber in jeder gewünschten Weise erfolgen: Im takthaltenden Netz ist alles genau so wie in einem allein arbeitenden Netz, wobei das andere nur die Rolle einer positiven oder negativen, zeitlich vorgegebenen Belastung

spielt. Im fahrplanfahrenden Netz dagegen ist ein taktkhaltendes Kraftwerk nicht vorhanden. Alle Werke haben vielmehr entweder zeitlich unveränderliche Leistung oder aber sie haben nach einem festen gegebenen Fahrplan zu fahren. Damit die beiden Netze in der geschilderten Weise zusammenarbeiten können, ist offenbar lediglich eine Vereinbarung darüber erforderlich, welches Netz für die Frequenz und welches für den Fahrplan zu sorgen hat.

Wenn sich nun mehrere Netze zu einem Gemeinschaftsbetrieb zusammenschließen, erhebt sich sofort die Frage, ob man, ähnlich wie beim Zusammenschluß zweier Netze, zu Vereinbarungen über bestimmte Leistungsfahrpläne an den Stoßstellen gelangen kann und wie überhaupt die Verallgemeinerung des geschilderten Falles aussieht. Abb. 5 zeigt beispielsweise vier Netze, welche sternförmig in der Weise zusammenhängen, daß ein Netz, das mittlere, mit jedem der drei anderen Netze durch je eine Leitung in Verbindung steht. Ein Blick auf die Abbildung genügt, um deutlich zu machen, daß dieser Fall ohne weiteres auf den der Abb. 4 zurückgeführt werden kann, wenn z. B. das mittlere Werk die Frequenz hält, während die anderen Werke für die Einhaltung der drei Fahrpläne an den in der Figur angedeuteten Stellen sorgen.

In vermaschten Netzen können indes die Verhältnisse wesentlich anders liegen. Um für den allgemeinen Fall Klarheit zu schaffen, ist es erforderlich, eine kleine Betrachtung allgemeiner Natur einzuschalten. Wir wollen uns nämlich die Frage beantworten, an wievielen und an welchen Stellen in einem beliebig vermaschten Gemeinschaftsnetz überhaupt ein bestimmter Fahrplan vorgeschrieben werden kann. Denken wir uns zu diesem Zweck die Maschinen und Kraftwerke eines jeden der zusammengeschlossenen Netze zu einer einzigen Maschine vereint, mit anderen Worten, kümmern wir uns nicht um die interne Leistungsverteilung innerhalb der Netze, so erkennen wir zunächst, daß ein Netz Frequenz fahren muß, während man der Gesamtleistung eines jeden der anderen Netze in jedem Augenblick einen bestimmten Wert vorschreiben darf. Schließen wir also n Netze zusammen, so sind wir in der Lage, $n - 1$ Fahrpläne für die Gesamterzeugung von ebensoviel Netzen aufzustellen. Es ist nun offenbar auch möglich, an Stelle der $n - 1$ Netzleistungen $n - 1$ Leistungen vorzuschreiben, welche an irgendwelchen auszuwählenden Stellen des Gemeinschaftsnetzes, beispielsweise an Übergabestellen, fließen.

Wir sehen also zunächst schon, daß beim Zusammenschluß von n Netzen höchstens an $n - 1$ Übergabestellen Fahrplan vorgeschrieben werden kann. Aber auch hinsichtlich der Lage dieser Fahrplanstellen sind Einschränkungen notwendig. Die $n - 1$ Übergabeleistungen müssen nämlich voneinander elektrisch unabhängig sein, d. h. sie dürfen durch keine andere Bedingung als die bereits besprochene miteinander verknüpft sein. Sehen wir uns beispielsweise das in Abb. 6 dargestellte Netz an, in welchem drei Teilnetze durch Dreiecksverbindungen miteinander verknüpft sind. Aus der ersten Bedingung, die wir kennen gelernt haben, folgt schon, daß wir nur an zwei Übergabestellen Leistungsfahrpläne vorschreiben dürfen, etwa so, daß an den beiden Übergabestellen *1* und *2* bzw. die beiden Netze A und B Fahrpläne fahren, während das andere Werk C den Takt hält. Wenn wir nun etwa das Netz B durch zwei getrennte Netze B_1 und B_2 ersetzen, so haben wir nun vier Werke, und es könnten an sich (nach der ersten Regel allein) drei Fahrpläne vorgeschrieben werden, beispielsweise an den drei Stellen *1, 2, 3*. Diese drei Übergabeleistungen sind indes im Sinne der zweiten Regel nicht voneinander elektrisch unabhängig. Um dies zu erkennen, nehmen wir zunächst an, daß die Dreiecksleiter unmittelbar, ohne zwischenliegende interne Leitungen, zusammenstoßen. Verfügen wir nun über zwei oder drei Leistungen in den Dreiecksleitern und verfügen wir außerdem über die zugehörigen beiden Blindleistungen, was wir tun dürfen, weil unsere Leistungsbetrachtung von der Verteilung der Blindleistung unabhängig sein soll, so ist der Spannungsunterschied an den Enden des dritten Dreiecksleiters nach Größe und Phase bestimmt und damit auch Leistung und Blindleistung, welche diesen dritten Leiter durchfließen. Die letztere kann also nicht unabhängig vorgeschrieben werden. An dieser Betrachtung ändert sich nichts Wesentliches, wenn die Dreiecksleiter nicht in den drei Punkten zusammenstoßen sondern wenn die beiden Stellen, an welchen zwei oder drei Dreiecksleiter in eins der Netze einmünden, durch interne Verbindungen miteinander verknüpft sind. In diesem Fall würde die Vorschrift der dritten Leistung zwar keine Unmöglichkeit, aber einen unzulässigen Eingriff in die innere Leistungs- und Blindleistungsverteilung der Netze darstellen.

Wir können nun unsere Regel so formulieren: Hängen n Einzelnetze durch beliebig vermaschte Leitungsgebilde miteinander zusammen, so kann an $n - 1$ Stellen Fahrplan gefahren werden, wobei jeder Fahrplanstelle ein Netz, welches eben für diesen Fahrplan zu sorgen hat, zugewiesen wird. Die Fahrplanstellen müssen aber so liegen, daß es nicht möglich ist, ein geschlossenes Polygon anzugeben, welches aus Verbindungsleitungen, welche eine Fahrplanstelle enthalten, und aus Leitungen eines der Netze besteht.

Ein Beispiel für die Anwendung dieser Regel gibt Abb. 7, in der sechs Netze $A \dots F$ zu einem Gemeinschaftsnetz zusammengeschlossen sind. In diesem Gemeinschaftsnetz sind bereits die fünf möglichen Fahrplanstellen in richtiger Weise eingetragen und angegeben, welches Netz für welchen Fahrplan zu sorgen hat. Das Beispiel läßt erkennen, daß Übergabestellen übrigbleiben können, an welchen Vorschriften über den zeitlichen Verlauf der Leistung nicht gemacht werden können.

Bei unseren bisherigen Betrachtungen über die Leistungsverteilung auf die Kraftwerke waren wir von der Voraussetzung ausgegangen, daß dies allein durch entsprechende Beeinflussung der Kraftzufuhr zu den Arbeitsmaschinen bzw. durch Beeinflussung der diese steuernden Regelorgane möglich sei. Dies ist auch in der Tat der Fall, solange man keine Rücksicht auf die sich einstellende Spannungs- und Blindleistungsverteilung nimmt. Von ihr müssen wir daher noch reden. Bekanntlich hängt die sich im Netz einstellende Spannungs- und Blindleistungsverteilung in erster Linie von der Verteilung der Erregung auf die Kraftwerke ab. Darüber hinaus wird die Spannungsverteilung im Netz noch durch eine Reihe bekannter Mittel beeinflußt, von welchen regelbare Transformatoren und Zusatztransformatoren Beispiele darstellen.

Es könnten nun in einfacher Weise die gewonnenen Ergebnisse über die Verteilung der Leistung auf die Kraftwerke und Maschinen auch auf die Verteilung der Blindleistung, oder wenn man will der Erregung, auf die Kraftwerke und Maschinen übertragen werden. Die Möglichkeit einer solchen Übertragung beruht auf der bekannten paarweisen Analogie von Leistung und Blindleistung, Frequenz und Spannung, Kraftmaschinenregler und Spannungsregler. Es hat jedoch keinen Zweck, diesen Weg zu beschreiten, da die Verteilung der Blindleistung praktisch von anderen Gesichtspunkten aus betrachtet werden muß als diejenige der Wirkleistung. Die Blindleistung stellt nicht wie die Wirkleistung einen unmittelbaren materiellen Wert dar. Ihre wirtschaftliche Bedeutung ist mehr indirekter Natur, indem sie die Belastungsfähigkeit der Maschinen, die Spannungsregelung im Netz und die Verluste beeinflußt. Dabei besitzen noch für die Großkraftversorgung die ersten beiden Gesichtspunkte die größere Bedeutung. Aus diesen Gründen kommt es in erster Linie darauf an, an bestimmten Stellen des Netzes vorgeschriebene Spannungsgrenzen einzuhalten und die Belastungsfähigkeit der zur Erfüllung des Fahrplanes eingesetzten Maschinen nicht zu überschreiten. Sind die Maschen des Netzes von beträchtlicher Größe, so muß außerdem noch der Gesichtspunkt der Stabilität des Parallelbetriebs der beteiligten Maschinen beachtet werden. Um ihm Rechnung zu tragen, ist es innerhalb eines großen Netzes zweckmäßig, an den Hauptstützpunkten feste und ungefähr gleichhohe Spannungen mit Hilfe von synchronen Phasenschiebern einzuhalten (auch abgeschriebene, unwirtschaftlich gewordene Kraftwerke, die ohne Antrieb oder nur mit kleiner Leistungszufuhr fahren, sind hierfür geeignet). Im übrigen kann die Spannungsregelung nach den bekannten, oft in der Literatur erörterten Gesichtspunkten erfolgen.

Man kann nun den Kraftwerken hinsichtlich ihrer Erregung verschiedene Vorschriften machen, die Aufrechterhaltung einer Spannung oder die Lieferung einer vorgeschriebenen Blindleistung oder auch die Einhaltung eines bestimmten Leistungsfaktors dem Kraftwerk übertragen. Schreibt man jedem Kraftwerk eine Spannung vor und sieht man zunächst von anderen Maßnahmen für die Spannungsregelung ab, so ist damit die Blindlastverteilung auf die Kraftwerke eindeutig bestimmt. Dabei kann es natürlich sein, daß die geforderte Spannung nur unter dem Einsatz einer solchen Blindleistung seitens des Kraftwerkes gehalten werden könnte, welche es nicht zu liefern imstande ist. Die Vorschriften für die Einhaltung der Spannung dürfen also nicht ohne Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der Maschinen aufgestellt werden. Statt nun dem Kraftwerk die Einhaltung einer bestimmten Spannung an seinen eigenen Schienen vorzuschreiben, ist es auch möglich, ihm die Regelung der Spannung an einer

entfernten Netzstelle zu übertragen, in ähnlicher Weise wie auch eine vorgeschriebene Leistung an einer entfernten Stelle von einem Kraftwerk eingehalten werden kann.

Organisation und Automatisierung der Leistungsverteilung auf die Kraftwerke im Normalbetrieb und bei Störungen.

Wir haben nun die Möglichkeiten kennengelernt, welche hinsichtlich der Verteilung der Gesamtleistung auf die Teilnetze bestehen. Es genügt aber nicht, bei einer so allgemeinen Betrachtung stehen zu bleiben, es ist vielmehr auch wünschenswert, sich darüber Klarheit zu verschaffen, auf welche Weise die grundsätzlich als möglich erkannte planmäßige Leistungsverteilung in die Wirklichkeit umgesetzt werden kann. Man kann daran denken, von vornherein einen solchen Betrieb durch mechanische Hilfsmittel zwangläufig zu gestalten, ihn zu automatisieren. Es scheint mir jedoch richtig zu sein, an eine solche Automatisierung erst dann heranzugehen, wenn restlose Klarheit über die Organisationsform des Gemeinschaftsbetriebes herrscht. Ist dies der Fall, dann kann man damit beginnen, die menschlichen Funktionen ganz oder teilweise durch mechanische Hilfsmittel zu ersetzen. Bleiben wir daher zunächst bei der Frage nach der zweckmäßigsten Organisation.

Bei der Organisation der planmäßigen Leistungsverteilung muß man davon ausgehen, daß ein ruhiger, störungsfreier — insbesondere pendelungsfreier — Betrieb auch ohne irgendwelche die Leistungsverteilung betreffenden Maßnahmen längere Zeit hindurch möglich sein muß. Dies ist deshalb notwendig, damit bei irgendwelchen Störungen des Planbetriebes keine überflüssigen Betriebsunterbrechungen stattfinden. Die Aufgabe der zusätzlichen organisatorischen Maßnahmen ist es lediglich, in diesen „provisorischen" Betrieb, welcher naturgemäß den wirtschaftlichen Erfordernissen nicht gerecht wird, so einzugreifen, daß dies, gesehen über längere Zeiträume, doch der Fall ist. Außerdem scheint es mir wichtig, nach dem Minimum derartiger Maßnahmen zu suchen, damit nicht die wirtschaftliche und betriebliche Freiheit der einzelnen Netze unnötig beschränkt wird.

Prüfen wir daher zunächst, welche Bestimmungen über die Leistungsverteilung die Stromaustauschverträge zwischen den sich zusammenschließenden Netzen enthalten müssen. Zu allererst müssen diejenigen Stellen des Gemeinschaftsnetzes, an welchen die Leistung überhaupt kontrolliert werden soll, nennen wir sie kurz „die Fahrplanstellen", bestimmt werden. Über ihre Anzahl und Lage ist bereits früher das Erforderliche gesagt. Dann müssen diejenigen Bedingungen festgelegt werden, welchen der zeitliche Verlauf der Leistung an den Fahrplanstellen unterworfen werden soll. Selbstverständlich ist es nicht nötig, genaue Fahrpläne bis ins einzelne vertraglich zu regeln. Es genügt vielmehr, genau so wie es bei den bisherigen Zusammenschlüssen auch schon gemacht wurde, die wichtigsten Richtlinien für die Begrenzung der Leistung nach der einen oder anderen Richtung aufzustellen. Dann kann man auch zweckmäßig von vornherein Richtlinien für die Lastverteilung bei typischen, häufig zu erwartenden Störungsfällen aufstellen. Schließlich muß an dieser Stelle auch erwähnt werden (wir werden später noch darauf zurückkommen), daß einschränkende Bestimmungen für die Spannungshaltung an den Fahrplanstellen oder auch an anderen Stellen getroffen werden können.

Derartige Bestimmungen im System der Stromaustauschverträge erfordern aber, daß eine Stelle geschaffen wird, welche den Auftrag erhält, für die Durchführung der Vertragsbestimmungen im einzelnen zu sorgen. Diese Stelle ist ein Analogon zu dem bekannten Lastverteiler der einzelnen Netze und soll daher „Zentrallastverteiler" heißen. Schließt sich eine große Anzahl von Netzen zusammen, so ist es nicht unbedingt erforderlich, nur einen einzigen solchen Zentrallastverteiler zu gründen. Es können auch mehrere sein, die jedoch durch Nachrichtenmittel so eng miteinander verbunden sind, daß sie als Einheit betrachtet werden können. Zweckmäßig wird auch die Kompetenz des Zentrallastverteilers vertraglich geregelt. Er kann seiner Aufgabe etwa dadurch gerecht werden, daß er die täglich an den Fahrplanstellen einzuhaltenden Fahrpläne auf Grund der sich ansammelnden Betriebserfahrungen und unter Berücksichtigung der vertraglichen Bestimmungen aufstellt. Er hat also gewissermaßen den Gesamtbetrieb im Rahmen der Vertragsbestimmungen voraus zu berechnen und demgemäß zu beeinflussen. Die Fahrpläne, auf eine möglichst geringe Anzahl von Typen zurückgeführt, werden an die Lastverteiler derjenigen Netze ausgegeben, welche an irgendeiner Stelle Fahrplan zu fahren haben (Fahrplannetze). An Stelle der geographischen Konfiguration, welche das gemeinsam betriebene Netz in energetischer Hinsicht infolge der Gestalt der Hochspannungsleitungen besitzt, tritt also organisatorisch grundsätzlich die Sternschaltung.

Für den Normalbetrieb ist damit hinsichtlich der Leistungsverteilung die Aufgabe des Zentrallastverteilers erschöpft. Er hat aber auch einzugreifen, wenn sich aus irgendeinem Grunde die Durchführung des normalen Programms kurzzeitig nicht ermöglichen läßt. Beispielsweise dann, wenn wichtige Verbindungsleitungen ausfallen. In einem solchen Fall wird man den Zentrallastverteiler ermächtigen, takthaltende Netze und provisorische Fahrpläne gegebenenfalls im Rahmen der getroffenen vertraglichen Abmachungen zu bestimmen. Beim Eintritt einer Störung wartet der Zentrallastverteiler zunächst ab, bis sich der Betrieb auf einen zwar stabilen aber unwirtschaftlichen Zustand einspielt, und greift dann mit seinen Notmaßnahmen ein. Daß kurzzeitig auch bei beliebigen Störungen stabiles Zusammenarbeiten durch die wirtschaftliche Organisation nicht behindert wird, kann dadurch erreicht werden, daß in allen Netzen, auch und insbesondere in den Fahrplannetzen, die größeren Werke unter dem Einfluß von Drehzahlreglern arbeiten, welche die Last ihrer Charakteristik entsprechend aufeinander verteilen. Ein großes Werk, welches normalerweise konstante Leistung zu fahren hat, darf deshalb nicht mit konstant eingestellter Leistungszufuhr und ohne Regler arbeiten. Es muß vielmehr unter dem Einfluß eines Drehzahlreglers stehen, der, verhältnismäßig langsam wirkend, im normalen Betrieb so beeinflußt wird, daß die Leistung im Mittel konstant bleibt. Wird bei einem solchen Werk im Störungsfall der wirtschaftliche Regelmechanismus plötzlich außer Tätigkeit gesetzt, so ist das Werk kurzzeitig zu einem Frequenzwerk geworden und übernimmt von der infolge der Störung plötzlich geänderten Gesamtleistung einen angemessenen Anteil, beteiligt sich also an der Takthaltung.

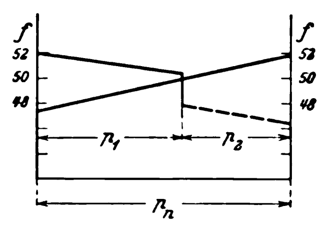


Abb. 8. Leistungsverteilung zwischen Netz *1* und Kraftwerk *2* mit Begrenzungsregler.

Ein Fahrplannetz ist darauf angewiesen, daß die Frequenz durch den Gemeinschaftsbetrieb gehalten wird. In Störungsfällen, beispielsweise dann, wenn die Verbindung zum takthaltenden Netz abreißt, ist es möglich, daß der Gemeinschaftsbetrieb hierzu nicht mehr in der Lage ist. In einem solchen Fall darf der Betrieb nicht von vielleicht nicht rechtzeitig erfolgten Anordnungen des Zentrallastverteilers abhängig sein. Das zweckmäßigste Kriterium für den Eintritt eines derartigen Zustandes ist das Abweichen der Frequenz vom Sollwert über die zulässige Toleranz hinaus. Man wird daher dem internen Lastverteiler der Fahrplannetze die Freiheit einräumen, kurzzeitig nach eigenem Gutdünken zu handeln, wenn die Frequenz die zugelassene Toleranz über- oder unterschreitet.

Hinsichtlich der internen Lastverteilung erfordert der Zusammenschluß keine wesentlich neuen Maßnahmen. Der Betrieb des takthaltenden Netzes erfolgt im Prinzip genau so, als ob das Netz für sich allein betrieben würde. Die Fahrplanstellen spielen von seinem Standpunkt aus lediglich die Rolle von Stellen positiver oder negativer Abnahme. Die Betriebsführung eines Fahrplannetzes unterscheidet sich von derjenigen des takthaltenden Netzes nur dadurch, daß sämtliche Kraftwerke bzw. Maschinen Grundlast bzw. Fahrplan zu halten haben. Außerdem muß für den bereits erwähnten Fall Vorsorge getroffen werden, daß das Netz infolge einer Störung selbst Takt halten muß. Dies kann durch eine entsprechende Anweisung an ein Werk genügender Größe geschehen oder auch dadurch, daß ein solches Werk von vornherein dazu bestimmt wird, beim Überschreiten der zulässigen Toleranz der Frequenz die wirtschaftliche Regelung vorübergehend außer Tätigkeit zu setzen. Es mag erwähnt werden, daß kleine Werke auch während Störungen mit konstant eingestellter Leistung weiterarbeiten können. Solche Werke benötigen dann entweder gar keinen Drehzahlregler oder einen sog. Begrenzungsregler, welcher selbsttätig eingreift, wenn die Frequenz zu hoch ansteigt. Dies wird durch Abb. 8 veranschaulicht. Sinkt die Belastung plötzlich, beispielsweise infolge Ausfalls einer Leitung, über die Energie abgegeben wurde, so steigt die Frequenz und der Regler vermindert, wie es sein soll, die Leistungszufuhr.

Wenn auch die vorstehend geschilderte Betriebsweise der zusammengeschlossenen Netze lediglich auf organisa-

torischen Maßnahmen beruht, so sind doch zu einem solchen Betrieb eine Reihe von technischen Hilfsmitteln erforderlich, die besprochen werden müssen. Der Zentrallastverteiler muß die Einhaltung und Wirkung seiner Anordnungen überwachen können. Zu diesem Zweck benötigt er zumindest die Kenntnis aller derjenigen wichtigen Daten, auf die er direkt einwirkt und von denen die von ihm zu treffenden Maßnahmen abhängen, also insbesondere der Leistung, Blindleistung und Spannung an den Übergabestellen, insbesondere den Fahrplanstellen, sowie des Schaltzustands derjenigen Netzteile, von denen der Zusammen-

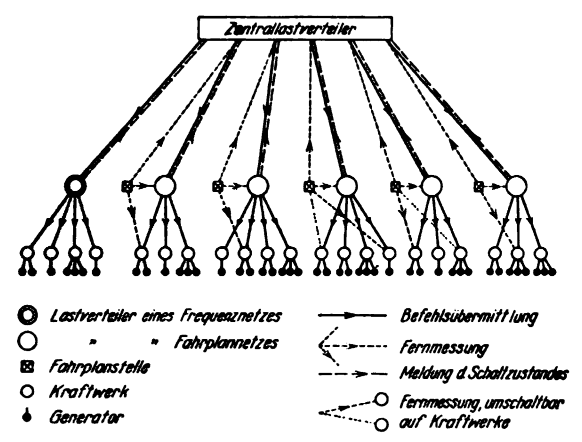


Abb. 9. Organisationsschema der Leistungsverteilung im Gemeinschaftsnetz.

schluß abhängt. Es müssen ihm also eine ganze Reihe von Meßgrößen auf fernmeßtechnischer Grundlage übermittelt werden, dazu die Stellung einer Reihe wichtiger Schalter. Zweckmäßig geschieht dies unter möglichster Benutzung der Hochspannungsleitungen als Übertragungskanäle. Es wird sich darüber hinaus empfehlen, den Zentrallastverteiler in ähnlicher Weise auch über die wichtigsten internen Vorgänge in den großen Netzen (Schaltzustand wichtiger Leitungen, Leistung und Blindleistung großer Kraftwerke, Spannungen an wichtigen Netzstellen) zu orientieren. Ähnliche Aufgaben bestehen innerhalb der Netze. Außerdem muß auch der Lastverteiler eines Fahrplannetzes sowie dasjenige Kraftwerk, welches den Fahrplan einzuhalten hat, die Betriebsdaten an der Übergabestelle übermittelt erhalten.

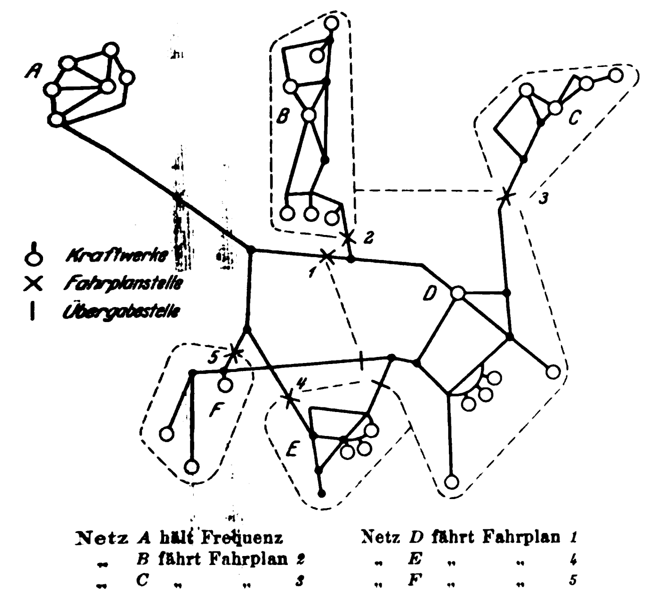


Abb. 10. **Fahrplan- und Übergabestellen in einem Gemeinschaftsnetz.**

Berücksichtigt man alles bisher Gesagte, so kommt man zu einem Organisationsschema, wie es in der wohl ohne Erläuterung verständlichen Abb. 9 dargestellt ist. Das Schema bezieht sich auf den Netzplan der Abb. 10.

Die gesteigerten Ansprüche an die Wirtschaftlichkeit des Betriebs einerseits, die Vervollkommnung der Fernwirktechnik anderseits haben es mit sich gebracht, daß verschiedene Werke auch ohne Bezugnahme auf ihren künftigen Zusammenschluß mit anderen Werken ernstlich an die Frage herangegangen sind, die Lastverteilung von der menschlichen Geschicklichkeit unabhängig zu machen, sie zu automatisieren. Es ist mir eine besondere Freude, bei dieser Gelegenheit feststellen zu können, daß hier seitens der deutschen Elektrizitätswerke wertvolle Pionierarbeit geleistet worden ist. Insbesondere ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Dir. S p e n n e m a n n von den städtischen Elektrizitätswerken Kiel zu erwähnen, dessen Vorschläge und Gedanken zum Teil in die nachfolgenden Ausführungen hineingearbeitet sind.

Sobald man sich über die zu treffenden organisatorischen Maßnahmen etwa im Sinne der bereits angestellten Überlegungen klar geworden ist, kann man daran gehen, ihre Durchführung ganz oder teilweise zwangläufig arbeitenden Apparaten zu übergeben. An die Stelle menschlicher Vereinbarungen und Handlungen treten also nun Apparatefunktionen. Es scheint mir nun richtig dabei von dem Grundsatz auszugehen, daß ohne Vorliegen besonderer Gründe übergeordnete Beziehungen, z. B. zwischen Zentrallastverteiler und Unterlastverteiler, nicht weiter automatisiert werden sollten wie untergeordnete, beispielsweise die Beziehungen zwischen Unterlastverteiler und Kraftwerken oder Maschinen. Je weiter man nämlich in der Richtung vom Zentrallastverteiler auf die Maschinen fortschreitet, desto leichter übersehbar, einfacher, freier von nicht vorauszusehenden Umständen werden die organisatorischen Beziehungen, desto besser eignen sie sich also für die Automatisierung.

Nach dem heutigen Stande geschieht nun die Lastverteilung in den größeren Werken so, daß die Maschinen eines Kraftwerks von der Kraftwerkswarte aus unmittelbar geregelt werden und daß der Lastverteiler seine Anordnungen an die Kraftwerksleitung mit Hilfe der Nachrichtentechnik erteilt. Der erste Schritt einer planmäßigen Automatisierung der Leistungsverteilung besteht nun darin, die Maschinen mit den für den Leistungsverteilungsbetrieb erforderlichen zusätzlichen Regeleinrichtungen zu versehen. Von diesem Gesichtspunkt aus hat man dreierlei Arten von Maschinen zu unterscheiden, nämlich, der Spennemannschen Bezeichnungsweise folgend,

a) Frequenzmaschinen,
b) Fahrplanmaschinen,
c) Bereitschaftsmaschinen.

Die Frequenzmaschine wird von einem gewöhnlichen Drehzahlregler gesteuert. Auch die beiden anderen Maschinen besitzen Drehzahlregler. Nur ist noch ein übergeordneter, langsamwirkender Regelmechanismus vorhanden, welcher bei Störungen außer Tätigkeit gesetzt werden kann. Bei der Fahrplanmaschine wird der Drehzahlregler so beeinflußt, daß die Leistung nach einem bestimmten vorgegebenen zeitlichen Fahrplan geregelt wird. Als Ausgangsinstrument kann beispielsweise ein Wattmeter dienen, dessen Angaben mit dem jeweiligen Sollwert, der von einer uhrwerksangetriebenen Kurvenscheibe abgenommen wird, verglichen wird. Die Differenz beeinflußt den Regler. Ähnlich arbeitet auch die Bereitschaftsmaschine, nur ist der Sollwert der Leistung stets Null, so daß die Maschine im allgemeinen leer mitläuft und nur bei Störungen eingreift, nachdem der Bereitschaftsregelapparat außer Tätigkeit gesetzt worden ist. Man kann nun sämtliche in Betracht kommenden Maschinen vermittels eines einfachen Zusatzapparates für alle drei Funktionen einrichten, so daß von einem Betrieb auf den anderen umgeschaltet werden kann. Betrachten wir uns beispielsweise noch einmal das Diagramm der Abb. 3, welches die erwünschte Leistungsverteilung auf drei Maschinen eines Kraftwerkes darstellt. Die erste Maschine fährt Fahrplan. Besitzt ihr Regler die hierzu geeignete Einrichtung, so braucht auf sie überhaupt nicht mehr eingewirkt zu werden. Die zweite Maschine fährt teilweise Frequenz, teilweise Fahrplan. Das letztere ist der Fall von $T_2 \dots T_3$ und $T_4 \dots T_5$. Sie muß also zu den Zeiten T_2 und T_4 vom Frequenzbetrieb auf Fahrplanbetrieb, zu den Zeiten T_3 und T_5 umgekehrt umgeschaltet werden. Die dritte Maschine endlich läuft gar nicht, sie ist Bereitschaftsmaschine oder Frequenzmaschine. In der Zeit kurz vor T_2, von $T_3 \dots T_4$ läuft sie als Bereitschaftsmaschine und muß zu den Zeitpunkten T_2 und T_4 auf Frequenzbetrieb, zu den Zeitpunkten T_3 und T_5 auf Bereitschaftsbetrieb umgeschaltet werden.

Man sieht also, es sind zur Ausführung der gestellten Aufgabe lediglich noch Umschaltungen erforderlich, welche den Übergang zwischen den drei verschiedenen Betriebsarten bewirken. Sind die Maschinen eines Netzes mit derartigen Regeleinrichtungen versehen und wird die Umsteuerung der Maschinen von den Kraftwerken selbständig besorgt, so kann der Lastverteiler sich darauf beschränken,

den Kraftwerken allgemeine Anweisungen zu erteilen, beispielsweise: Maschine *A* soll Frequenz, Maschine *B* Fahrplan Nr. 37 fahren. Da diese Anordnungen nicht zahlreich sind, eignen sie sich besonders für die Übertragung durch einen Kommandoapparat. Häufig wird es auch zweckmäßig sein, die Maschinen eines Kraftwerks zu einer Einheit zusammenzufassen. In diesem Falle ist es zu empfehlen, zwar das Gesamtverhalten des Kraftwerkes vorzuschreiben, die Verteilung auf die einzelnen Maschinen aber dem Werk selbst zu überlassen, damit das größtmögliche Maß von Betriebsbeweglichkeit erreicht wird. Ist das betrachtete Werk ein Frequenzwerk, so spielt sich alles in der gewohnten Weise ab. Ist dagegen das Werk ein Fahrplanwerk, so wird man einer Maschine die Einhaltung des Fahrplans übertragen und ihre Regler zu diesem Zweck von der Gesamtleistung des Kraftwerkes beeinflussen lassen. Die Belastung der anderen Maschinen kann dann seitens der Kraftwerksleitung beliebig eingestellt werden, wobei nur darauf geachtet werden muß, daß die Fahrplanmaschine nicht überlastet wird.

Begnügt man sich nicht mit diesem Stande der Automatisierung, so kann man einen Schritt weitergehen und nun die Beziehungen zwischen Lastverteiler und Kraftwerken automatisieren. Dies kann etwa in der Weise geschehen, daß der Lastverteiler mit einer Fernsteuereinrichtung ausgerüstet wird, die es ihm gestattet, ein beliebiges Kraftwerk oder eine beliebige Maschine auf einen im voraus bestimmten Fahrplan, auf Bereitschaft oder auf Frequenzhaltung umzuschalten. Bei Zusammenfassung der Maschinen in einem Kraftwerk steht wieder dem Lastverteiler eine Maschine für die Erfüllung der von ihm geforderten Aufgabe zur Verfügung, wobei die Maschine von der Kraftwerksleitung ausgewählt werden kann. Auch hierbei braucht man noch nicht stehenzubleiben. Man kann auch noch die Funktion des Lastverteilers selbst automatisieren, indem man die von ihm vorzunehmenden Umschaltungen nunmehr bei schwankender Netzlast von einem Relais, welches von der Frequenz abhängt, vornehmen läßt. In Anbetracht des heutigen Standes der Technik würde es indes zu weit führen, hierauf näher einzugehen.

Die vorstehend geschilderte Art, die planmäßige Leistungsverteilung automatisch zu gestalten, trägt dem Gesichtspunkt Rechnung, daß der übergeordneten Stelle, beispielsweise dem Lastverteiler, nur die unbedingt erforderlichen Funktionen zugemutet werden sollen und daß er von allen überflüssigen Handlungen befreit werden soll. Solche überflüssigen Handlungen sind diejenigen, die die Kraftwerke selbst vornehmen können, beispielsweise die Auswechslung der den Fahrplänen zugeordneten Kurvenscheiben, die Auswahl der dem Lastverteiler zur Verfügung stehenden Maschinen usw. Das geschilderte Verfahren setzt daher Bedienung der Kraftwerke voraus. Aus diesem Grunde sind noch ein paar Worte notwendig, um zu erläutern, was mit unbesetzten, selbsttätig betriebenen Kraftwerken geschehen soll. Offenbar sind auch bei solchen, genau wie bei besetzten, noch Eingriffe des Lastverteilers erforderlich, und es hat daher keinen Zweck zu verlangen, daß ein selbsttätiges Kraftwerk in dem Sinne automatisch sein soll, daß es tagaus tagein selbständig ohne Eingriffe von außen laufen und seine Funktionen erfüllen soll. Hier ist es vielmehr zu empfehlen, gewissermaßen die Warte eines solchen Kraftwerkes zum Lastverteiler zu verlegen, so daß er einzelne Maschinen in Betrieb nehmen und die Leistung auf sie verteilen kann. Zu diesem Zweck muß der Lastverteiler auf fernmeßtechnischem Wege Kenntnis des Belastungszustandes der von ihm zu regelnden Maschinen erhalten und außerdem die Möglichkeit besitzen, auf den Regelmechanismus der Maschinen einzuwirken. Die diesem Zweck dienende Fernmeßeinrichtung kann etwa so arbeiten, daß der Lastverteiler zunächst die Verbindung mit einer gewünschten Maschine herstellt und auf dieser Verbindung die beiden in Betracht kommenden Befehle (Leistung höher, Leistung tiefer) übermittelt. Man kann auch daran denken, diese fernregelnde Tätigkeit des Lastverteilers ihrerseits wieder zu automatisieren. Ich glaube aber nicht, daß sich in absehbarer Zeit ein Bedürfnis danach herausstellen wird.

Wir haben nun die Möglichkeiten für die Automatisierung der Lastverteilung innerhalb der Netze genügend erörtert. Es bleibt noch zu besprechen, welche zusätzlichen Aufgaben durch den Zusammenschluß mehrerer Netze entstehen. Solche zusätzlichen Aufgaben treten in denjenigen Netzen auf, welche an irgendeiner Stelle Fahrplan zu fahren haben. Ich erinnere daran, daß der einzuhaltende Fahrplan dem Fahrplanwerk vom Zentrallastverteiler im Rahmen der einschlägigen Vertragsbestimmungen aufgegeben wird. Es handelt sich nun also darum, die Einhaltung dieses Fahrplans zwangläufig zu machen. Hieran hat man zweifellos ein bedeutendes Interesse, da die Abweichungen vom Sollfahrplan zu erheblichen wirtschaftlichen Konsequenzen für die Beteiligten führen, wenn die vertragliche Regelung der Austauschleistungen überhaupt einen Sinn haben soll. Die Aufgabe besteht nun darin, ein vom Lastverteiler auszuwählendes Werk abhängig von der Leistung an einer entfernten Übergabestelle so zu steuern, daß diese Leistung nach einem gewissen Fahrplan verläuft. Dabei ist der einzuhaltende Fahrplan beim Lastverteiler des Fahrplannetzes bekannt. Die Leistung an der Übergabestelle muß daher fernmeßtechnisch zum zuständigen Lastverteiler gemeldet und dort mit dem fahrplanmäßigen Sollwert verglichen werden. Der Lastverteiler wählt das für den Fahrplan verantwortliche Werk, gegebenenfalls auch das Werk die für den Fahrplan verantwortliche Maschine aus. Es wird eine dieser Auswahl entsprechende Verbindung zwischen Lastverteiler und Maschine hergestellt und nun auf dieser Verbindung auf den Regler der ausgewählten Maschine mittels der bei dem Lastverteiler gebildeten Differenz zwischen tatsächlichem und Sollwert der Leistung eingewirkt.

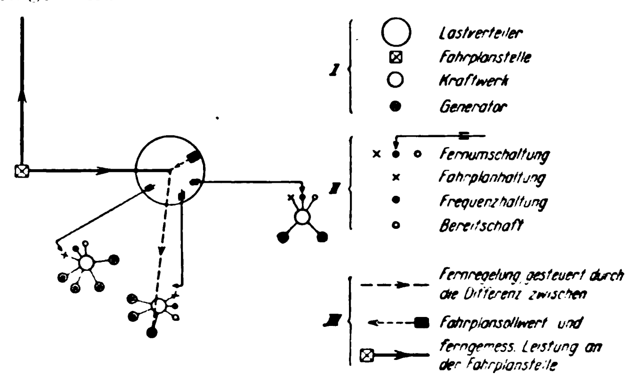


Abb. 11. Automatisierung der Leistungsverteilung in einem Fahrplannetz.

Bei der internen Fahrplansteuerung war das Werk dem internen Lastverteiler für den Fahrplan verantwortlich und führte ihn selbst durch. Bei der externen Fahrplansteuerung tritt an die Stelle des Werkes der Lastverteiler, welcher für die Einhaltung des Fahrplans dem Zentrallastverteiler gegenüber verantwortlich ist und für die Einhaltung des Fahrplans selbst sorgt. Er hat auf diese Weise die größere Freiheit, bei internen Unregelmäßigkeiten das Fahrplanwerk zu wechseln, ohne daß dies dem Gemeinschaftsbetrieb gegenüber in Erscheinung tritt.

Die zwangläufige Einhaltung des externen Fahrplans läßt sich natürlich ohne Rücksicht darauf erreichen, ob im übrigen die interne Leistungsverteilung in den Fahrplannetzen auf rein organisatorischer oder auf ganz oder teilweise automatischer Grundlage beruht. Wenn aber die automatische Einhaltung des externen Fahrplans nicht durch unbeabsichtigtes Dazwischenregeln der anderen Werke gefährdet werden soll, muß die Leistungsverteilung im übrigen straff organisiert sein. Zweckmäßig aber ist es, wenn auch diese zumindest in der Weise automatisch vor sich geht, daß die Fahrpläne der einzelnen Werke durch entsprechende Regler, wie früher beschrieben, zwangläufig eingehalten werden und nur die Umschaltung zwischen den drei Betriebsmöglichkeiten (Fahrplan, Bereitschaft, Frequenz) von Hand, und zwar auf Anordnung oder Eingriff des Lastverteilers selbst erfolgt.

Wendet man die besprochenen Regeln für die Automatisierung der Leistungsverteilung zusammenfassend auf das Beispiel der Abb. 9 an, so kommt man zu dem Schema, welches in Abb. 11 dargestellt ist.

Spannungsregelung und Blindleistungsverteilung.

Wir hatten bereits früher festgestellt, daß es bei Verteilung der Erregung auf die Kraftwerke in erster Linie darauf ankommt, daß an den wichtigsten Stellen des Netzes die Spannung innerhalb gewisser Grenzen konstant gehalten wird, wobei jedoch auch darauf geachtet werden muß, daß die hierdurch bestimmte Verteilung auf die Kraftwerke mit der erwünschten Wirkleistungsverteilung verträglich ist. Schließen sich nun mehrere Netze zu einem großen Gemeinschaftsbetrieb zusammen, so muß die Erzielung einer zweckmäßigen Spannungs- und Blindleistungsverteilung im Gesamtnetz durch organisatorische Maßnahmen sichergestellt werden. Dies kann etwa in der Weise geschehen, daß jedes Netz eine Stelle des Gesamtnetzes (beispielsweise, aber nicht notwendigerweise, eine Fahrplanstelle) zugewiesen erhält, an der es eine gewisse Spannung mit gegebener Toleranz zu halten hat. Darüber hinaus kann man den Zentrallastverteiler ermächtigen, genaue Spannungsfahrpläne aufzustellen, welche einerseits

innerhalb der vertraglich vereinbarten Toleranzen bleiben, anderseits unter Berücksichtigung der Leistungsfahrpläne eine zweckmäßige Blindstromverteilung im Gesamtnetz ergeben. Der interne Lastverteiler hat die Erregungsverteilung auf seine Kraftwerke mit Rücksicht auf die Einhaltung des geforderten Spannungsfahrplans an der vereinbarten Stelle sowie auf die interne Spannungs- und Blindleistungsverteilung vorzunehmen.

Ähnlich wie bei der Leistungsverteilung ist es auch hier möglich, den Betrieb mehr oder weniger zwangläufig zu gestalten. Derjenige Vorgang, welcher am ersten die Automatisierung verdient, ist auch hier die Einhaltung derjenigen Betriebsgröße, welche Gegenstand vertraglicher Abmachungen ist, d. h. die Einhaltung des Spannungsfahrplans an den festgesetzten Spannungsübergabestellen. Betrachten wir ein beliebiges der zusammengeschlossenen Netze, welches an irgendeiner vertraglich festgesetzten Stelle einen Spannungsfahrplan einzuhalten hat, welcher in der oben geschilderten Weise durch den Zentrallastverteiler festgesetzt wurde. Der Lastverteiler unseres Netzes wählt ein Werk aus, das für die Spannungen an der Spannungsübergabestelle verantwortlich gemacht werden soll. Die Spannung wird an der Übergabestelle gemessen, dem Lastverteiler fernmeßtechnisch zugeführt und dort mit dem Sollwert gemäß Fahrplan verglichen. Die Differenz zwischen tatsächlichem Wert und Sollwert wird zur Steuerung der Erregung des ausgewählten Werkes benutzt. Es entsteht also eine Aufgabe, welche derjenigen bei der zwangläufigen Steuerung einer Übergabeleistung nahe verwandt ist. In beiden Fällen muß eine Meßgröße (eine Leistung bzw. Spannung) fernmeßtechnisch an einen anderen Ort übertragen, dort mit dem Sollwert verglichen und die Differenz zur Steuerung eines Regelorgans an einem dritten Ort benutzt werden. Die anderen Kraftwerke bzw. Maschinen des Netzes können dabei vom Lastverteiler vorgeschriebene Blindleistungsfahrpläne oder auch Spannungsfahrpläne einhalten, wobei der Lastverteiler eingreift, wenn die Spannung an wichtigen Netzstellen bzw. die Blindbelastung der einzelnen Kraftwerke nicht zufriedenstellt.

In ähnlicher Weise wie der Lastverteiler eines Leistungsfahrplannetzes an seinen Fahrplan gegenüber dem Gesamtbetrieb nur so lange gebunden ist, als ihm der Gemeinschaftsbetrieb die richtige Frequenz liefert, kann auch hinsichtlich der Spannungsregelung der Lastverteiler vom Zentrallastverteiler seiner Verpflichtung vorübergehend enthoben werden, wenn sich irgendwo im Gemeinschaftsnetz eine Störung ereignet, welche die Durchführung des planmäßigen Betriebes verhindert.

Eingriffe in die Leistungs- und Blindleistungsverteilung im Netz bei gegebenen Kraftwerksleistungen und -erregungen.

Durch die Verteilung der Leistungen und Erregungen auf die Kraftwerke ist bekanntlich die Leistungs- und Blindleistungsverteilung in vermaschten Netzen noch nicht eindeutig bestimmt. Ein einfaches Beispiel hierfür zeigt Abb. 12, in der die beiden Kraftwerke *A* und *B*, die je ein *nicht* gezeichnetes Versorgungsnetz zu speisen haben, über die beiden Leistungsstränge *1* und *2* miteinander in Verbindung stehen. Herrschen in den beiden Versorgungsnetzen gegebene Belastungszustände und sind die Kraftmaschinenregler in *A* und *B* sowie ihre Erregungen fest eingestellt, so fließen auch durch die beiden Leitungsstränge gegebene Wirk- und Blindleistungen. Es erhebt sich nun die Frage, durch welche Mittel man die gesamte durch beide Leitungsstränge übertragene Leistung in einem anderen als dem natürlichen Verhältnis auf die beiden Stränge verteilen kann. Bekanntlich gelingt dies in einfacher Weise durch Einfügen einer Zusatzspannung (z. B. mittels eines Zusatztransformators) etwa an der durch ein Rechteck bezeichneten Stelle. Von der Phasenlage dieser Zusatzspannung hängt es ab, ob stärker auf die Wirk- oder auf die Blindleistung eingewirkt wird. Bildet die Zusatzspannung mit der Netzspannung einen Winkel, der mit dem Impedanzwinkel (dessen trigonometrische Tangente gleich dem Verhältnis von Reaktanz zu Widerstand ist) übereinstimmt, so wirkt die Zusatzspannung (die klein gegenüber der Netzspannung vorausgesetzt sei) ausschließlich auf die Wirkleistungsverteilung ein. Steht die Zusatzspannung senkrecht auf dieser ersten ausgezeichneten Richtung, so ergibt sich ausschließlich Einwirkung auf die Blindleistung. Willkürliche Veränderung der Phasenlage einer Zusatzspannung kann in Hochspannungsnetzen dadurch erzielt werden, daß man zwei getrennt regelbare Zusatzspannungen in Serie einführt, von denen die eine mit der Netzspannung in Phase ist, die andere auf ihr senkrecht steht. Zur oberflächlichen Betrachtung der möglichen Zahlenwerte möge folgendes dienen:

Sind die beiden Leitungen *1* und *2* gemäß Abb. 12 zusammen 100 km lang und bestehen sie aus 100 kV-Einfachleitung, so verschieben 10 % Zusatzspannung etwa 30 000 kVA in dem Sinne, daß die eine Leistung um diesen Betrag vermindert, die andere um ihn erhöht wird. Der Impedanzwinkel einer 100 kV-Leitung beträgt 60 ... 70 °, so daß eine gewöhnliche Zusatzspannung (in Phase mit der Netzspannung) vorwiegend auf die Blindleistung, eine Querzusatzspannung vorwiegend auf die Wirkleistung einwirkt. Die verschobene Leistung ändert sich umgekehrt proportional zur Leitungslänge. Bei Doppelleitung erhält man die doppelten Werte. Eingeschaltete Transformatoren verringern die Leistungsveränderung und vergrößern außerdem den Impedanzwinkel.

Aus welchen Gründen kann es nun erwünscht sein, auf die Leistungsverteilung in den Netzmaschen einzuwirken? Man könnte daran denken, auf diese Weise die Gesamtverluste zu verkleinern. Dieser Gesichtspunkt spielt jedoch wirtschaftlich eine verhältnismäßig geringe Rolle und rechtfertigt daher keine besonderen, kostspieligen Maßnahmen. Ein weiterer Grund kann aus gewissen Vereinbarungen der Stromlieferungs- bzw. Austauschverträge entstehen, wie das folgende Beispiel zeigen soll.

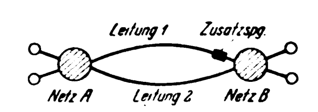


Abb. 12. Leistungsverteilung auf parallele Verbindungsleitungen.

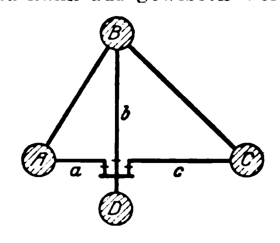


Abb. 13. Anschluß eines Abnehmers an mehrere zusammenhängende Netze.

Abb. 13 zeigt ein beliefertes Netz *D*, welches seinen Strom aus einem Gemeinschaftsnetz der drei Einzelnetze *A*, *B* und *C* bezieht. Die Leitungen *a*, *b* und *c* gehören zu den entsprechenden mit großen Buchstaben gekennzeichneten Netzen. Nun ist in den Stromlieferungsverträgen, welche paarweise zwischen *A* und *D*, *B* und *D* und *C* und *D* abgeschlossen worden sind, die Fiktion gemacht, daß die an den durch kleine Querstriche gekennzeichneten Übergabestellen fließenden Leistungen von den Netzen *A*, *B* bzw. *C* geliefert werden. Da aber die Tarife der drei Strombezugsverträge verschieden sind, hat das belieferte Netz *D* ein Interesse daran, zu bestimmten Zeiten die Leistung vorwiegend aus der einen Leitung *a*, zu einer anderen Zeit vielleicht aus der Leitung *c* zu beziehen. Dieses bedeutet aber nichts anderes, als daß die Leistungsverteilung im Gemeinschaftsnetz willkürlich vom belieferten Netz *D* verändert werden soll, was mit Hilfe der geschilderten Mittel geschehen kann. Bei dieser Gelegenheit möchte ich indessen darauf hinweisen, daß die technische Aufgabe der Leistungsverminderung im Netz in diesem Falle durch Bestimmungen der Stromlieferungsverträge verursacht wird, welche man mit Recht kritisieren kann. Ich werde nämlich im nächsten Abschnitt zeigen, daß bei einer konsequenten Organisation des Verrechnungswesens derartige Aufgaben nicht entstehen können. Es kommt eben darauf an, willkürliche Fiktionen, wie etwa diejenige, daß im Fall der Abb. 13 die drei fraglichen Leistungen aus den Kraftwerken der gleichbezeichneten Netze herrühren, zu vermeiden.

Es scheint mir daher, als ob die in diesem Abschnitt behandelte Aufgabe keine innere Berechtigung besitzt, wenn man von der unvermeidlichen leistungs- bzw. blindleistungsverschiebenden Nebenwirkung der Spannungsregelung durch Zusatztransformatoren absieht.

Technische Aufgaben des Verrechnungswesens.

Bei der Erörterung der planmäßigen Leistungsverteilung auf die zusammengeschlossenen Netze hatten wir gesehen, daß zwar eine straffe Gesamtorganisation des Betriebes unter dem Einsatz entsprechender technischer Hilfsmittel, dagegen nur bescheidene Eingriffe in die Freiheit der vertraglichen Abmachungen, diese allerdings unbedingt, verlangt werden müssen. Ähnliche Eingriffe sind auch beim Verrechnungswesen erforderlich, wenn nicht an sich überflüssige und daher abzulehnende Aufgaben von der Natur der im Zusammenhang mit Abb. 13 erörterten entstehen sollen. Selbstverständlich werden Auseinandersetzungen dieser Art mit einem Schlage gegenstandslos, wenn die Gesellschaften, denen die sich zusammenschließenden Netze gehören, auch einen wirtschaftlichen Zusammenschluß vollziehen, derart, daß alle Abnehmer zu denselben Bedingungen elektrische Energie beziehen. Getreu unserem Programm wollen wir aber eine so radi-

kale Lösung nicht voraussetzen, sondern vielmehr nach den einfachsten Hilfsmitteln suchen, durch welche Fehler der geschilderten Art vermieden werden können.

Es ist nun möglich, daß ein konsequentes gegenseitiges Verrechnungswesen geschaffen wird und daß trotzdem die Werke die Freiheit der Tarifbildung beibehalten. Zu diesem Zweck muß man nur mit dem Vorurteil aufräumen, daß die rechtlichen Beziehungen zwischen den Werken dem Zuge der Hochspannungsleitungen zu folgen haben. Abb. 14a zeigt das Schema der Hochspannungsverbindungen der sechs zusammengeschlossenen Netze $A \dots E$ nebst eingetragenen Verrechnungsstellen $1 \dots 7$. Die darunter stehende Zahlentafel zeigt, über welche Übergabestellen jedes einzelne der beteiligten Netze an andere Netze Strom liefert bzw. von ihnen Strom bezieht. Zieht man nun sämtliche Übergabestellen, welche für ein bestimmtes Kraftwerk in Frage kommen, zu einer einzigen zusammen, so ist leicht einzusehen, daß am ganzen Leistungsaustauschverkehr nicht das mindeste geändert wird, wenn man annimmt, daß die Netze nicht so zusammengeschlossen sind, wie es in Wirklichkeit der Fall ist, sondern durch ein fingiertes Leitungsnetz gemäß Abb. 14b. Die an den fingierten Übergabestellen $a \dots f$ gelieferten bzw. bezogenen Leistungen kann man als die von jedem Werk an den Gemeinschaftsbetrieb gelieferten bzw. von ihm bezogenen auffassen. Ihre Summe ergibt stets Null. Durch diesen Kunstgriff ist die wirkliche Schaltung durch die wirtschaftliche Sternschaltung ersetzt.

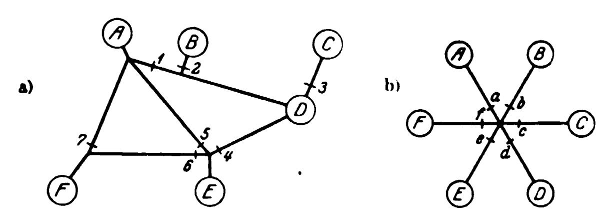


Abb. 14. Wirtschaftliche Sternschaltung.

Netz	Übergabestelle	Übergabeleistungen							Summe
A	1, 5, 7	$+P_1$	—	—	—	$+P_5$	—	$+P_7$	$=P_a$
B	2	—	$+P_2$	—	—	—	—	—	$=P_b$
C	3	—	—	$+P_3$	—	—	—	—	$=P_c$
D	1, 2, 3, 4	$-P_1$	$-P_2$	$-P_3$	$+P_4$	—	—	—	$=P_d$
E	4, 5, 6	—	—	—	$-P_4$	$-P_5$	$+P_6$	—	$=P_e$
F	6, 7	—	—	—	—	—	$-P_6$	$-P_7$	$=P_f$
		umme							$=0$

Beispiel. Es sind verschiedene Verrechnungsformen möglich, bei denen es immer darauf ankommt, eine bezogene bzw. gelieferte Leistung oder Arbeit in einem angemessenen Verhältnis auf die Teilnehmer umzulegen. Eine derartige Möglichkeit sei im folgenden geschildert.

Es bezeichnen:

X_a, X_b, X_c gelieferte Leistung oder Arbeit
X_d, X_e, X_f bezogene Leistung oder Arbeit
α, β, γ Preis der Leistungs- oder Arbeitseinheit
$X = X_a + X_b + X_c = X_d + X_e + X_f$ Gesamtleistung od. Arbeit

$$\left.\begin{aligned} a &= \frac{X_a}{X} \\ b &= \frac{X_b}{X} \\ c &= \frac{X_c}{X} \end{aligned}\right\} \text{ Leistungs- oder Arbeitsanteile der liefernden Netze}$$

$a + b + c = 1.$

Folgende Verteilung der Einkünfte und Ausgaben wird vorgeschlagen:

D bezahlt $X_d\,(\alpha a + \beta b + \gamma c)$
E „ $X_e\,(\alpha a + \beta b + \gamma c)$
F „ $X_f\,(\alpha a + \beta b + \gamma c)$.

Alle belieferten Netze bezahlen zusammen: $\alpha X_a + \beta X_b + \gamma X_c$.

A erhält αX_a
B „ βX_b
C „ γX_c.

Alle liefernden Netze erhalten zusammen: $\alpha X_a + \beta X_b + \gamma X_c$.

Die Bedeutung dieser Berechnungsweise ist die folgende: Jedes belieferte Netz bezahlt die von ihm bezogene Leistung oder Arbeit nach einem mittleren Tarif. Dieser mittlere Tarif entsteht aus den Tarifen der liefernden Netze durch Bildung des arithmetischen Mittels mit Gewichten. Die Gewichte wiederum (die Zahlen a, b, c) sind die Verhältniszahlen, nach welchen die einzelnen Werke an der Gesamtleistung bzw. an der Gesamtarbeit beteiligt sind. Erhält nun jedes liefernde Netz nach seinem eigenen Tarif bezahlt, so herrscht Übereinstimmung zwischen Einnahmen und Ausgaben.

Man kann nun noch an dieser Art der Verrechnung insofern Kritik üben, als die Gewichte, mittels derer für jedes belieferte Netz der mittlere Tarif gebildet wird, von ihm selbst nicht beeinflußt werden können. Dem kann man aber dadurch entgegenwirken, daß die Gewichte nicht auf Grund der sich wirklich ergebenden Leistungs- und Arbeitsverteilung sondern von vornherein auf Grund der Vorausberechnung des Betriebes, also der Fahrpläne, an deren Festlegung die belieferten Netze beteiligt sind, festgelegt werden. Ersichtlich ist es bei einer derartigen Verrechnungsart für das belieferte Netz vollständig gleichgültig, in welcher Weise sich die Leistung bei gegebenen Kraftwerksleistungen im Netz verteilt. Selbstverständlich können auch liefernde und belieferte Netze zeitweilig ihre Rollen tauschen, so daß alle oder einige der Beteiligten zeitweise als Lieferer, zeitweise als Belieferte auftreten.

In ein derartiges Verrechnungssystem läßt sich auch zwanglos die Verrechnung der Leistung und Arbeit solcher Kraftwerke einfügen, welche gemeinschaftlicher Besitz im übrigen wirtschaftlich unabhängiger Verwaltungen sind. Ist beispielsweise ein Kraftwerk vorhanden, welches je zur Hälfte den zwei Werken A und B gehört und dessen Leistung und Arbeit den beiden Besitzern anteilig zusteht, so braucht nur der Gesamtleistung jedes der beiden Kraftwerke der entsprechende Anteil der Leistung des Gemeinschaftswerkes zugeschlagen werden. Zur Durchführung des geschilderten Programms wird es wohl zweckmäßig sein, eine Zentralverrechnungsstelle beim Zentrallastverteiler einzurichten, welche aber keine Überschüsse oder Fehlbeträge erzielt sondern lediglich als Hilfsorgan des gemeinsamen Betriebes, ähnlich wie der Zentrallastverteiler selbst, aufzufassen ist.

Entschließt man sich dazu, die gemeinsame Berechnung auf der beschriebenen Basis zu organisieren, so entstehen wieder einige nicht uninteressante, aber ohne weiteres lösbare technische Aufgaben. Betrachten wir noch einmal Abb. 14, so sehen wir, daß zunächst die Gesamtleistungen jedes der Teilnehmer gegenüber dem Gesamtbetrieb unter Berücksichtigung des Vorzeichens gebildet werden müssen. Zu diesem Zweck muß beispielsweise innerhalb des Netzes D die Summenleistung der 4 Übergabestellen 1, 2, 3, 4 bei der Verrechnungsstelle des Netzes D gebildet werden. Das heißt, daß die 4 Leistungen nach dort fernmeßtechnisch übertragen und hier summiert werden müssen. Gegebenenfalls kann man auch daran denken, die so ermittelten Summenleistungen (Angaben registrierender Maximumzähler) der einzelnen Netze auch noch zur Zentralverrechnungsstelle zu übertragen. Unbedingt erforderlich ist dies jedoch nicht. Es können auch die abgelesenen Werte nach jeder Verrechnungsperiode schriftlich oder telephonisch übermittelt werden, wobei der Zentralverrechnungsstelle die Kontrolle zur Verfügung steht, daß die Summe aller gleichzeitigen Leistungen oder aller Arbeiten verschwinden muß. Entschließt man sich jedoch zur zwangläufigen Übertragung zur Zentralverrechnungsstelle, so kann auch noch ein Schritt weitergegangen und die ganze Verrechnung zwangläufig gestaltet werden. Es würde jedoch zu weit führen, hierauf näher einzugehen. Sind Gemeinschaftswerke vorhanden, so müssen deren Belastungen zu den beteiligten Lastverteilern gemeldet und dort mit der festgesetzten Anteilziffer multipliziert und bei der Summenbildung berücksichtigt werden.

Bezüglich des Charakters der zu verwendenden Fernmeßeinrichtungen muß darauf hingewiesen werden, daß es sich hier im Gegensatz zu den der Lastverteilung dienenden Einrichtungen um Übertragungseinrichtungen handelt, welche die Beglaubigungsfähigkeit der Messungen nicht beeinträchtigen dürfen. Demgemäß ist hierbei die Forderung zu erheben, daß die Übertragungseinrichtung keinen zusätzlichen Fehler hervorrufen darf. Hierfür geeignete Fernmeßeinrichtungen stehen, wenn auch teilweise erst im Prinzip, zur Verfügung.

Zusammenfassung der technischen Hilfsmittel für den Gemeinschaftsbetrieb.

Wir sind im Laufe unserer Betrachtungen auf eine ganze Reihe von technischen Einrichtungen gestoßen. Es mag zur Gewinnung eines besseren Überblickes gestattet sein, sie noch einmal vor unserem geistigen Auge vorüberziehen zu lassen und noch ein wenig zu ergänzen.

In erster Linie handelte es sich um fernmeldetechnische Hilfsmittel. Unter ihnen spielt die Telephonie in ihren verschiedenen Abarten für die Zwecke der allgemeinen Verständigung und der Befehlsübermittlung die wichtigste Rolle. Gerade wegen seiner Wichtigkeit erscheint es angebracht, dieses Nachrichtenmittel soweit als irgend möglich zu entlasten. Dies kann durch Heranziehung der Telegraphie für die Übermittlung längerer Schriftsätze, Tabellen usw., zweitens aber auch dadurch geschehen, daß man häufig wiederkehrende Befehle zu normalisieren sucht und ihre Übertragung Kommandoanlagen anvertraut. Hierfür eignen sich beispielsweise die Befehle, welche sich auf Inbetriebnahme von Maschinen oder Kraftwerken und den Übergang zwischen Fahrplan-, Bereitschafts- und Frequenzbetrieb beziehen, soweit diese Eingriffe nicht automatisiert werden. Ein fruchtbares Gebiet eröffnet sich ferner der Fernmeldetechnik außerdem in den Einrichtungen zur Fernmeldung wichtiger Betriebsdaten, beispielsweise von Schalterstellungen, sowie in den mannigfachen Fernmeßeinrichtungen. Beide Arten von Einrichtungen sind heute so weit durchgebildet, daß man ihnen Aufgaben der geschilderten Art ohne weiteres übertragen kann. Die verhältnismäßig große Zahl von zu übertragenden Meßwerten oder Meldungen wird zweifellos dazu dienen, die äußerste Sparsamkeit in der Benutzung von Übertragungskanälen walten zu lassen. Man wird daher danach trachten, diese Verbindungskanäle in weitestem Maße mehrfach auszunutzen, dies um so mehr, als die Übertragungsmittel den weitaus größten Teil der Kosten für sich beanspruchen. Insbesondere wird man auch beim Hochfrequenzverkehr mit dem Einsatz von Trägerwellen zu geizen haben.

Auf dem Gebiet der Regeleinrichtungen wird man wohl Fahrplanregler und Bereitschaftsregler als Zusatzeinrichtungen zu den gewöhnlichen Drehzahlreglern als normal anzusehen haben. Auch die Steuerung von elektrischen Spannungsreglern wird man nicht immer auf konstante Spannung, sondern häufig auch für die Einhaltung eines Blindleistungsfahrplans oder eines konstanten Leistungsfaktors einrichten. Fernregelungseinrichtungen dienen der Einhaltung eines gegebenen Leistungsfahrplans an einer entfernten Stelle. Die Stoßerregungseinrichtungen für Spannungshaltungswerke oder -maschinen dagegen werden wohl bei uns die große Bedeutung, die sie in Amerika zur Verbesserung der Stabilität gewonnen haben, nicht erlangen, da der einphasige Erdkurzschluß in unseren mit Erdschlußspulen ausgerüsteten Hochspannungsnetzen nicht vorkommt. Automatische Kraftwerke wird man wohl so einrichten, daß sie mit unvorhergesehenen Vorfällen, insbesondere Störungen, allein fertig werden müssen, daß ihr wirtschaftlicher Betrieb jedoch vom Lastverteiler aus mittels Fernsteuerung sichergestellt wird[1].

Mit zunehmender Länge der elektrisch miteinander in Verbindung stehenden Hochspannungsnetze und mit wachsender Ausdehnung der Hochspannungsleitungen wird eine immer sorgfältigere Überwachung des Erdschlußkompensationszustandes, bei langen Leitungen auch des Betriebskompensationszustandes (Kompensation des Ladestromes) erforderlich werden. Einrichtungen, die diesem Zwecke dienen, stehen zur Verfügung. Auch muß erwogen werden, ob mit Rücksicht auf die mit zunehmendem Erdschlußstrom steigende Schwierigkeit der Löschung des Erdschlußlichtbogens eine elektrische Trennung der Hochspannungsnetze vorgenommen werden muß. Die bisher vorliegenden Erfahrungen der großen mit Erdschlußspulen betriebenen deutschen 100 kV-Netze zeigen indes, daß die entsprechende kritische Netzlänge in absehbarer Zeit nicht erreicht wird.

Erhöhte Bedeutung gewinnt beim Zusammenschluß der großen Netze ein prompt arbeitender Selektivschutz, welcher nur die gestörte Leitung, diese aber in möglichst kurzer Zeit, selbsttätig herausnimmt. Die bekannten, auf dem Distanzprinzip beruhenden Schutzeinrichtungen scheinen den Ansprüchen, die man in dieser Richtung vernünftigerweise stellen muß, zu genügen. Eine selbsttätige Abschaltung nur durch Erdschluß gestörter Leitungen wird in erdschlußkompensierten Netzen nach wie vor überflüssig und daher schädlich sein. Schließlich mag noch erwähnt werden, daß auch der Betrieb elektrischer Synchron-Uhren, deren Zeiger durch kleine von der Netzspannung betriebene Synchronmotoren angetrieben werden, im ganzen vom Gemeinschaftsnetz beherrschten Gebiet möglich ist, falls ein planmäßiger Leistungsbetrieb im Sinne unserer heutigen Betrachtungen durchgeführt wird. In diesem Fall kann das frequenzfahrende Netz die Periodenzahl mit Rücksicht auf die richtige Zeit regeln.

Wenn wir rückschauend aus unseren Betrachtungen das Fazit ziehen wollen, so können wir sagen, daß zwischen den wirtschaftlichen, organisatorischen und technischen Fragen des Zusammenschlusses ein äußerst enger Zusammenhang besteht, welcher berücksichtigt werden muß, und daß die Technik für die ihrer harrenden Aufgaben gerüstet ist bzw. sie zum größten Teil schon gelöst hat.

[1] Vgl. den Fachbericht Meiners der diesjährigen VDE-Tagung.

Das neue Elektrotechnische Institut der Technischen Hochschule Aachen.

Von W. Rogowski, Aachen.

Die Technische Hochschule Aachen besitzt seit 1897 ein Elektrotechnisches Institut. Bescheiden in seinen Abmessungen, genügte es bald nicht mehr den wachsenden Anforderungen der fortschreitenden Elektrotechnik. Bereits 1906 bestand kein Zweifel mehr darüber, daß ein neues Institut notwendig sei. Dieses wurde 1923 bewilligt. Der Bau mußte aber bald darauf wegen der bekannten politischen und wirtschaftlichen Schwierigkeiten der damaligen Zeit eingestellt werden.

Erst 1925 konnte man endgültig zur Ausführung schreiten. Sie erfolgte nunmehr in Verbindung mit einer größeren Erweiterung der Technischen Hochschule. Diese erhielt nicht nur ein neues Elektrotechnisches sondern auch ein neues Physikalisches und ein neues Feuerungstechnisches Institut; sie konnte zugleich ihr Maschinenlaboratorium und ihr Aerodynamisches Institut wesentlich vergrößern.

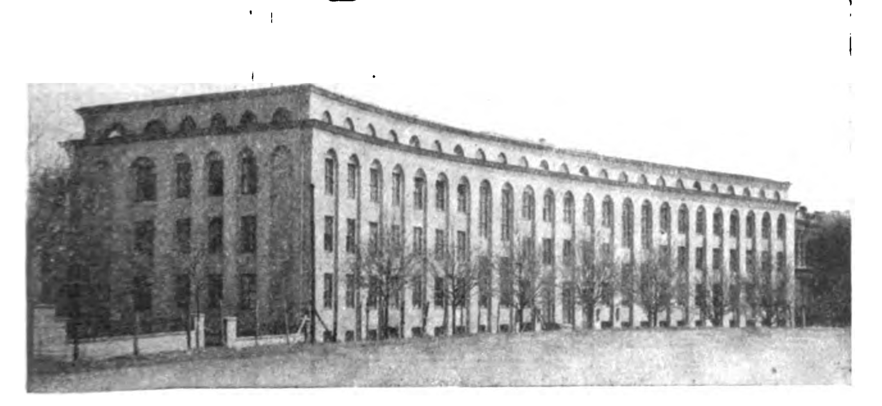


Abb. 1. Neues Elektrotechnisches Institut der Technischen Hochschule Aachen.

Heute, 1929, ist der Bau des neuen Elektrotechnischen Instituts vollendet. Im wesentlichen hat es auch bereits seine neue apparative Einrichtung erhalten.

Im Bauprogramm war ursprünglich nur den allerdringendsten Bedürfnissen Rechnung getragen. Das rührt daher, daß die Pläne aus der Inflationszeit stammen. Die geistige Einstellung zu Neubauten war damals naturgemäß eine andere als heute. Noch während des Baues konnte man den veränderten wirtschaftlichen Verhältnissen und dem auch inzwischen erfolgten Fortschritt der Elektrotechnik dadurch Rechnung tragen, daß man den Neubau, der ursprünglich für die Gesamtbedürfnisse der Elektrotechnik gedacht war, nur dem Arbeitsgebiet des Prof.



Dr.-Ing. Rogowski, das die wissenschaftlichen Grundlagen und das zugehörige Meßwesen der Elektrotechnik umfaßt, zuwies. Für das Arbeitsgebiet des Prof. Dr. Finzi (elektrische Konstruktionen und Anlagen) wurde ein besonderes weiteres Institut in Aussicht genommen, mit dessen Bau im kommenden Frühjahr begonnen werden wird.

Abb. 2. Elektrotechnisches Institut der Technischen Hochschule Aachen. Hauptstockwerk.

Das neue Institut will ein Lehr- und Forschungsinstitut sein. Es stehen ihm zur Verfügung:

Für Lehrzwecke: Ein großer Hörsaal mit 310, ein kleiner Hörsaal mit 70 Sitzplätzen, ein Sammlungsraum für Vorlesungsapparate, eine Bibliothek, Räume für ein Anfänger-, ein Maschinen-, ein Hochspannungs-, ein Hochfrequenzpraktikum und eine automatische Telephonzentrale.

Für die Forschung: Eine Reihe von Gleich- und Drehstromaggregaten, mehrere Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen, ortsfeste Akkumulatorenbatterien, eine Hochspannungsbatterie für 3000 V, eine Verteileranlage, ein Höchstspannungslaboratorium, eine Werkstatt, eine Anlage zur Herstellung flüssiger Luft, ein Hochvakuumlaboratorium, ein chemisches Zimmer und eine Reihe von Räumen, die jeweils für besondere Forschungszwecke verwendet werden sollen.

Selbstverständlich werden die Forschungseinrichtungen je nach Bedarf von Fall zu Fall Lehrzwecken nutzbar gemacht.

Eine geschmückte Eingangshalle und ein behaglicher Garderobenraum bringen in den Bau, in dem sonst nur Einfachheit und Zweckmäßigkeit vorherrschen, einen gewissen künstlerischen Einschlag.

Abb. 1 zeigt die äußere Ansicht und Abb. 2 den Schnitt durch das Hauptstockwerk. Der umbaute Raum des Elektrotechnischen Instituts beträgt ungefähr 14 000 m³.

Einen Raum des Anfängerpraktikums zeigt Abb. 3. Hier soll der Student kennenlernen: die Messung von Strom, Spannung, Leistung, Arbeit und Widerständen; die Eigenschaften der magnetischen Stoffe, die Eigenschaften des magnetischen Kreises an elektrischen Maschinen mit Hilfe des magnetischen Spannungsmessers; das Verhalten des einfachen Wechsel- und Drehstromkreises bei Widerstand, Selbstinduktion und Kapazität. Auch soll er sich hier erstmalig im Anlassen und Regeln eines Nebenschlußmotors üben.

Ein Teil der benutzten Maschinen ist älteren Datums. Sie wurden mit voller Absicht auch im Neubau beibehalten. Sie zeigen die wesentlichen Teile der Maschine mit ins Auge fallender Deutlichkeit und sollen durch den Vergleich mit den neuen Maschinen des Instituts den Sinn für die geschichtliche Entwicklung der Elektrotechnik wecken.

Als hervorragendes Untersuchungs- und Lehrmittel von vielseitiger Anwendungsfähigkeit sei auch noch eine Zählereichmaschine erwähnt (ein Drehstrom-Doppelgenerator mit verstellbarem Stator des einen Generators, in Abb. 3 sichtbar).

Im Maschinensaal (vgl. auch Abb. 5) sollen die Fortgeschrittenen die normalen Betriebseigenschaften elektrischer Maschinen und Transformatoren durch eigene Messungen nachprüfen. Um gute Übersicht über sämtliche Arbeitsplätze zu gewinnen, wurden die Übungstische an der Längswand angeordnet. Die Tischklappen sind aufklappbar. Unter ihnen befinden sich Anlaß- und Regelwiderstände. Die Abnahmetafeln der Verteileranlage sind unmittelbar in die Arbeitsplätze eingebaut.

Einige Übungsaggregate haben zwischen Motor und Generator das von Vieweg verbesserte Torsionsdynamometer. Es gestattet die genaue Messung der einer elektrischen Maschine zugeführten mechanischen Leistung.

Ein Teil der für Lehrzwecke bestimmten Generatoren kann durch Umlegen eines Umschalters ohne weiteres von den Übungsplätzen über die Verteileranlage in die einzelnen Forschungsräume geschaltet werden.

Im Hochspannungspraktikum soll der Studierende vertraut werden mit den Vorsichtsmaßregeln bei der Handhabung von Hochspannung, mit der Messung hoher Spannungen, dem Verhalten von Isolierstoffen und Hochspannungskonstruktionen. Daselbst befindet sich auch eine Scheringbrücke, ein heute unentbehrliches Hilfsmittel der Hochspannungstechnik.

Die für die Mittel- und Hochfrequenztechnik wichtigen Resonanz- und Koppelerscheinungen, die Eigenschaften der Elektronenröhre als Verstärker, Generator und Detektor mit ihren vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten werden im Hochfrequenzpraktikum (Abb. 4) gepflegt.

Für die Messung der Ökonomie von Lichtquellen und der Verteilung der Strahlung bei verschiedenen Reflektoren steht ein besonderer Raum zur Verfügung.

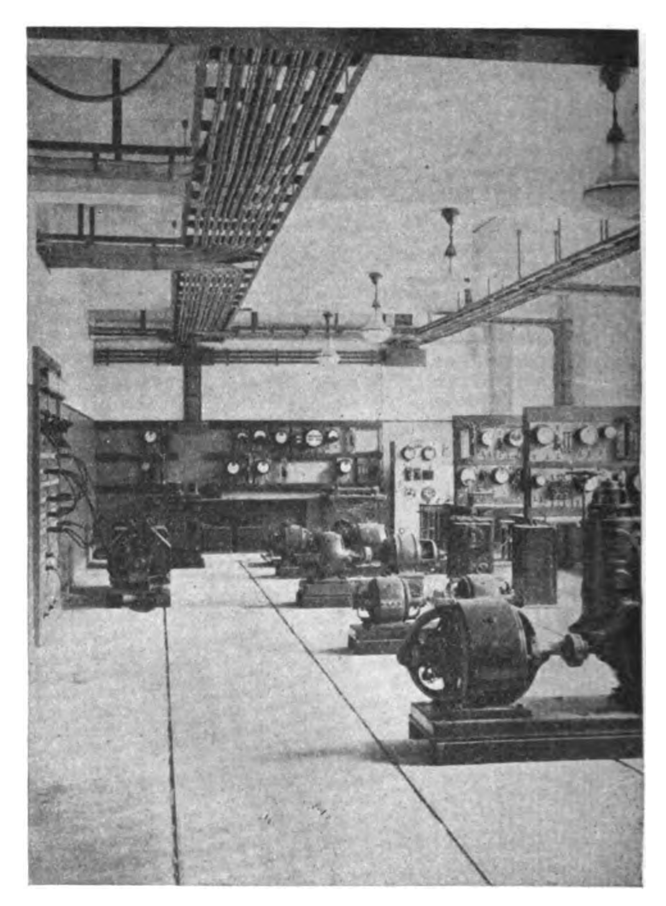



Abb. 3. Anfängerpraktikum.

Ein anderes Zimmer ist der Herstellung von elektrotechnischen Lehrfilmen vorbehalten. Der junge Elektroingenieur muß viele veränderliche Vorgänge der elektrischen und magnetischen Größen mit seinem geistigen Auge erfassen. Dies ist keine leichte Sache. Jeder muß einen guten Teil seiner Studienzeit opfern, wenn er sich diese

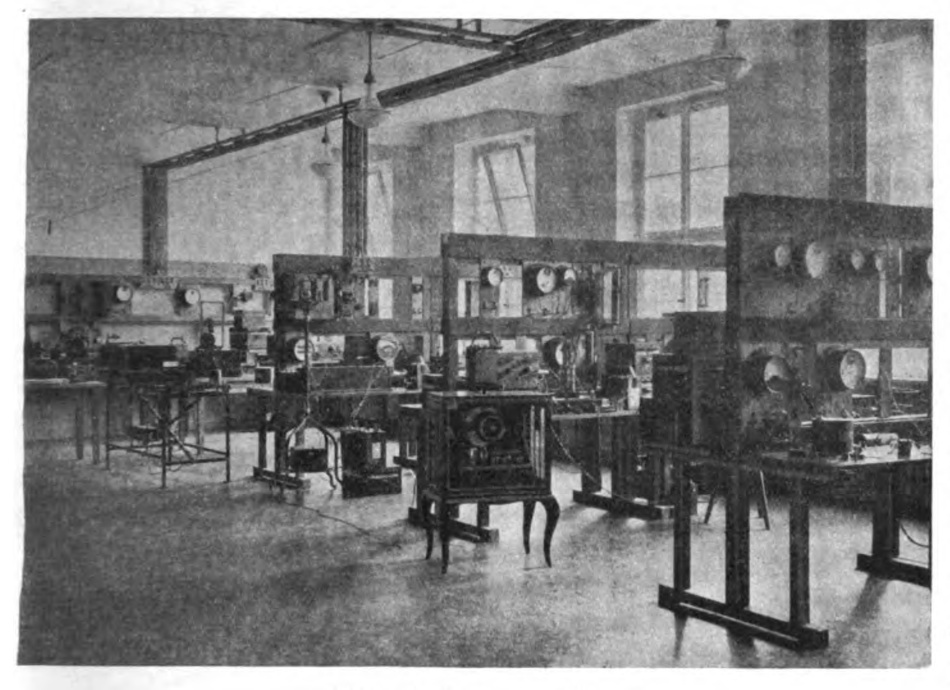


Abb. 4. Hochfrequenzpraktikum.

Vorgänge richtig vor seiner inneren Anschauung konstruieren will. Wenn auch der Film nur in stark idealisierten und schematisierten Darstellungen nachhelfen kann, so steht ihm hier zweifellos ein dankbares Anwendungsgebiet bevor, das wenigstens in den nächsten Jahren in Aachen gepflegt werden soll.

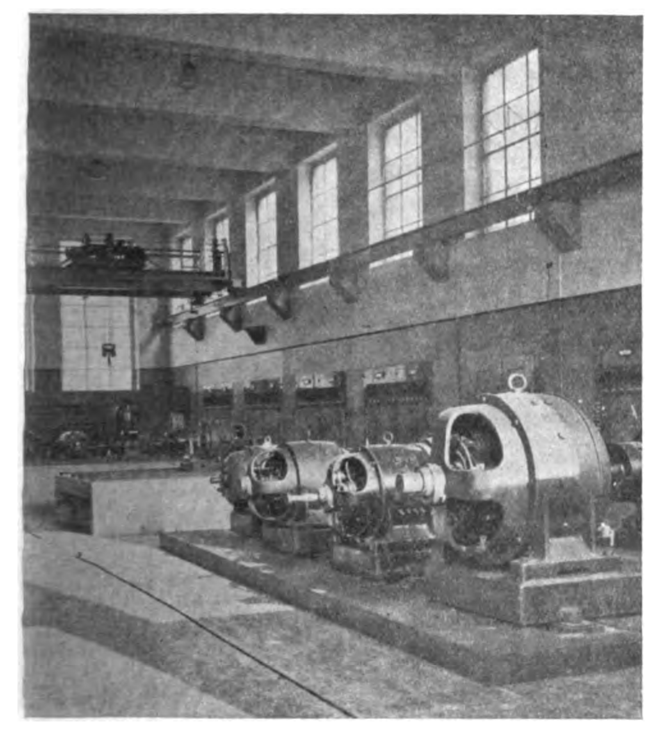


Abb. 5. Maschinensaal.

Die mehr Forschungszwecken dienende Hälfte des Maschinensaals sehen wir in Abb. 5. Mit Rücksicht auf Hochspannungszwecke sind einige (für eine Hochschule) größere Umformeraggregate Gleichstrom-Drehstrom, unter anderem ein Aggregat von 100 kVA, zwei zu 50 kVA, eines zu 20 kVA angeschafft worden. Einer von den beiden Maschinenrosten ruht mit seinem Fundament unmittelbar auf Erde und ist durch eine Trennfuge vom übrigen Maschinensaal isoliert, um die Übertragung von Erschütterungen auf ihn zu vermeiden. Abb. 5 zeigt die in die Seitenwände eingelassenen Tafeln der Starkstromverteileranlage. Das flache Dach der Maschinenhalle soll Hochspannungsmessungen im Freien dienen.

Großer Wert ist auf eine leistungsfähige Werkstatt gelegt worden. Man wird mit den vorhandenen Einrichtungen einen guten Teil der von Fall zu Fall erforderlichen Lehr- und Forschungsmittel im Institut selbst herstellen können.

Das Höchstspannungslaboratorium enthält zwei Fischersche Transformatoren von je 500 kV gegen Erde. Beide führen über Dämpfungswiderstände zu zwei Sammelschienen, die mit Stützern gegen die Decke abgestützt sind. Die Spannung zwischen den Sammelschienen beträgt somit maximal eine Million Volt. Eine Funkenstrecke nach Rogowski, die bequem gegen eine Kugelfunkenstrecke ausgetauscht werden kann, befindet sich unter dem Unterzuge an der Decke. Im genügenden Abstand davon ist noch eine Spitzenfunkenstrecke vorgesehen. Die Verstellung der Funkenstrecken geschieht motorisch vom Schaltpult aus. Die Verbindung von Sammelschienen und Funkenstrecken erfolgt durch Drahtseile mit aufgereihten Metallhohlkugeln. Die Durchmesser von Sammelschienen und Zuführungsleitungen sind mit Absicht groß gewählt worden, um vorzeitige Glimmentladungen zu vermeiden. Diese mögen in man-

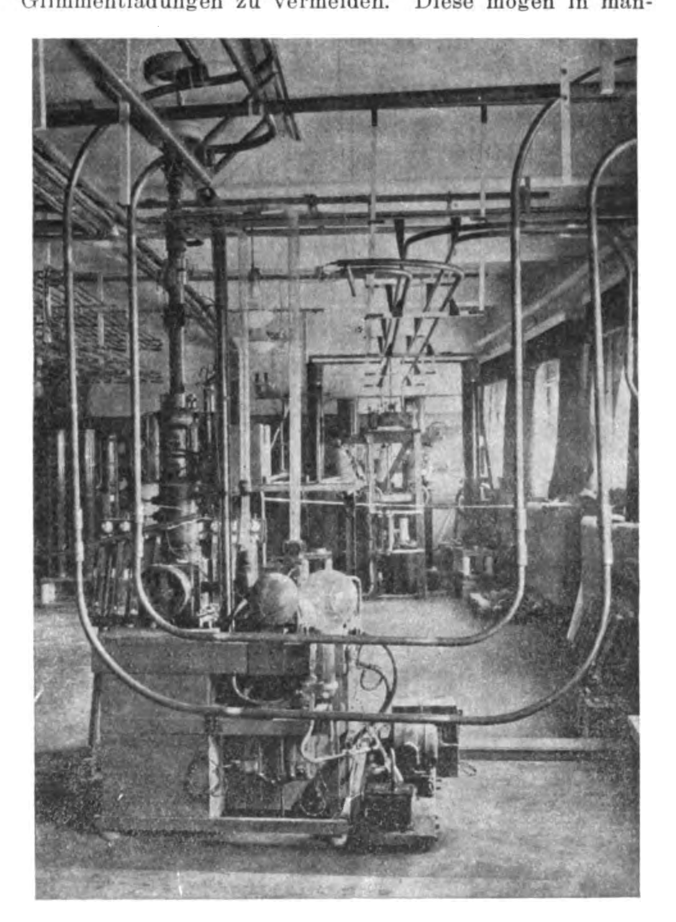


Abb. 6. Experimentierraum mit Kathodenoszillographen.



chen Fällen ohne Belang sein. Sie geben aber immer zu unkontrollierbaren Ionenladungen Anlaß. Für wissenschaftliche Arbeiten ist es besser, sie von vornherein soweit wie möglich zu vermeiden.

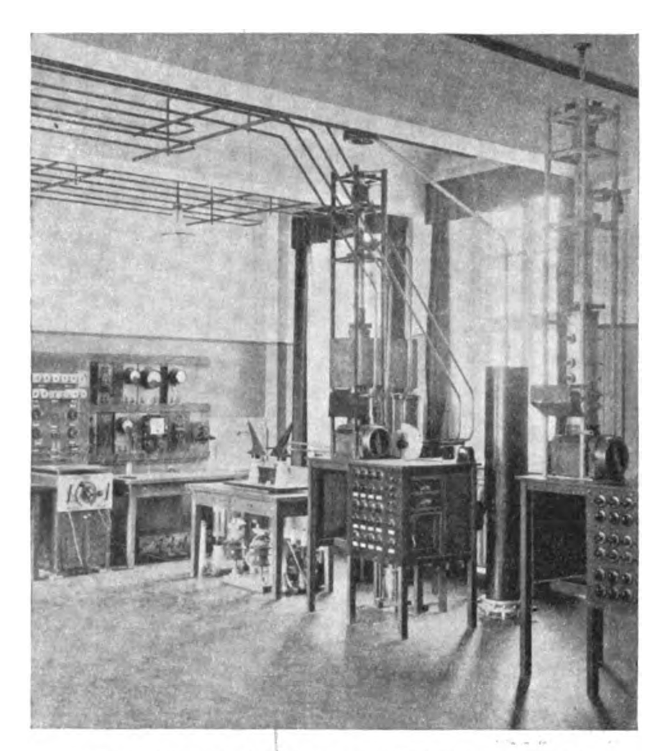


Abb. 7. Wanderwellenleitung und Kathodenoszillograph.

Die Hochspannungs-Sammelschienen endigen in zwei Isolatorketten, an denen auch schwerere und größere Konstruktionsteile aufgehängt und geprüft werden können. Der Fußboden ist frei von den beschriebenen Daueraufbauten und steht somit für jeweilige Versuchseinrichtungen zur Verfügung. Unter der Decke des Raumes ist noch eine Hochspannungs-Wanderwellenleitung für 200 kV untergebracht, die mit einer unten befindlichen Gleichstrom-Hochspannungsquelle von 200 kV gespeist werden kann (Stoßanlage). Eine hochgelegene Fahrbühne kann verschoben werden, ohne daß man wesentliche Ausbauten zu machen braucht. Man kann mit ihr bequem fast jeden Punkt der Decke des Hochspannungsraumes erreichen.

Oberhalb des Hochspannungslaboratoriums befindet sich der große Hörsaal. Man kann ihm Hochspannung ohne weiteres zuführen und dort einem großen Zuschauerkreis gewisse Hochspannungsversuche vorführen.

Der Hochspannungsraum steht durch große Maueraussparungen mit dem Schaltraum, dem Hochspannungspraktikum und einem hochgelegenen Zuschauergang in Verbindung. Durch diese Maßregel kann der Experimentator gefahrlos sein Schaltpult bedienen und behält doch gute Übersicht über alle Vorgänge im Höchstspannungsraum. Gewisse Feinmessungen werden im benachbarten Hochfrequenzpraktikum ausgeführt werden können unter Benutzung der Einrichtungen des Höchstspannungsraumes. Schließlich kann man vom Zuschauergang aus das Funkenspiel der Funkenstrecken und etwaiger Prüfobjekte gefahrlos, bequem und aus nächster Nähe beobachten.

Eine Million Volt gegen Erde ist keineswegs die Grenze des heute technisch Möglichen. Diese dürfte zur Zeit etwas oberhalb zwei Millionen Volt liegen. Selbstverständlich wird jeder Forscher wünschen, diese Grenze auch wirklich erreichen zu können. Denn hier häufen sich die Schwierigkeiten. Hier braucht man sozusagen nur ein kleines Stück fortzuschreiten, um bereits in neues unentdecktes Land zu kommen. Auch besteht ein wesentlicher Teil technischer Arbeit darin, die bisherigen Möglichkeitsgrenzen weiter vorzutragen. Aber selbst bei Beschränkung auf eine Million Volt wird das Elektrotechnische Institut an allen Hauptproblemen der Hochspannungstechnik mitarbeiten können. Die sichere Beherrschung selbst nur einer Million Volt läßt heute noch zu wünschen übrig. Der technische Fortschritt wird davon abhängig sein, daß wir lernen, in diesem Gebiete jede zur Zeit noch bestehende Schwierigkeit zu überwinden. Viele prinzipiell wichtigen Fragen der Hochspannungstechnik wird man auch mit nicht zu hohen Spannungen bewältigen können. Wenn man das bis eine Million Volt Faßbare wirklich anfaßt und einer vollen Lösung zuführt, wird es einem an dankbarer Arbeit nicht fehlen.

Das Institut wird jede erfolgversprechende Aufgabe aufgreifen, die zu seinem Wirkungskreis gehört und die es mit seinen geistigen und materiellen Kräften bewältigen kann.

Es liegt nahe, daß es in der nächsten Zeit unter anderem die kurzdauernden elektrischen Erscheinungen verfolgen wird, die zu Überspannungen und zu Durch- und Überschlägen Anlaß geben. Das alte Institut hatte auf diesem Gebiete bahnbrechende Erfolge aufzuweisen, und es ist natürlich, daß man sich im neuen Institut im weiten Umfang auf diesen Aufgabenkreis eingerichtet hat. Man findet infolgedessen in den Forschungsräumen eine stattliche Anzahl Kaltkathodenoszillographen der in Aachen entwickelten Bauart mit ihren zugehörigen Hochspannungsquellen und Wanderwellenleitungen. Zwei solcher Aufbauten gehen aus den Abb. 6 und 7 hervor. Einiges Interesse verdient vielleicht auch die Wanderwellenleitung auf dem Dache des Instituts, die eine Länge von 2 × 200 m aufweist und mit 100 kV beschickt werden kann (Abb. 8).

Die Überspannungsforschung soll nicht nur innerhalb sondern auch außerhalb des Instituts in elektrischen Leitungsnetzen gepflegt werden. Zu diesem Zwecke hat das Institut drei Registrier-Kathodenoszillographen hergestellt, die mit gütiger Unterstützung der Direktoren Cremer-Chapé und Mayer in den Netzen der Rheinischen Bahn- und Elektrizitäts-Gesellschaft und im Netz des Kraftwerks Zukunft eingebaut wurden.

Viel wird vom Glühkathodenoszillographen mit seiner großen Empfindlichkeit erhofft. Hier hat das alte Institut die Vorarbeiten soweit erledigt, daß die Grenze seiner Leistungsfähigkeit (einmalige Vorgänge von 10^{-8} bis 10^{-7} s Dauer) erreicht wurde. Es gilt jetzt, mit diesem Instrument eine Reihe bisher nicht genügend geklärter Hochfrequenzprobleme in Angriff zu nehmen.

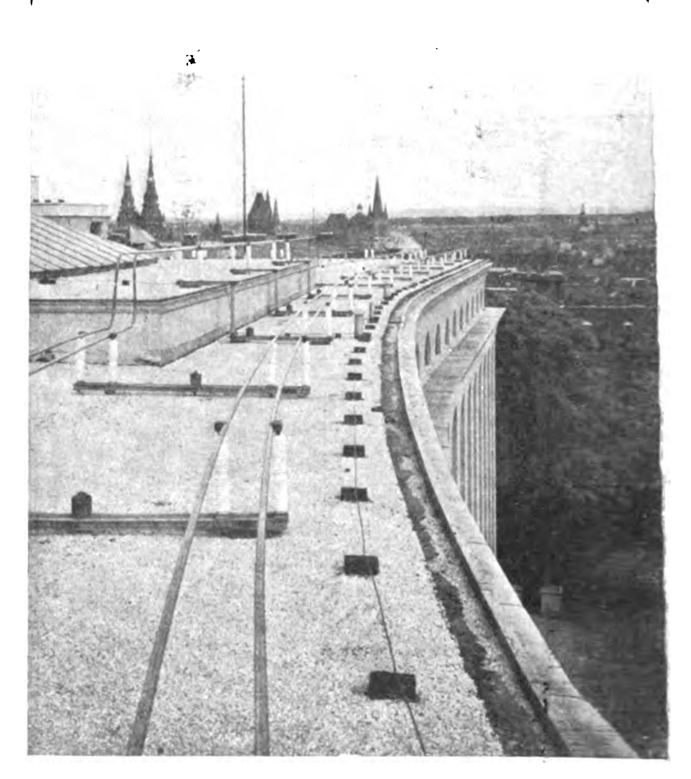


Abb. 8. Hochspannungs-Wanderwellenleitung auf dem Dach des Elektrotechnischen Instituts.

Das neue Institut wird die junge Technik der Kathodenoszillographie weiter vervollkommnen. Daß hier wesentliche Fortschritte zu erwarten sind, haben gewisse Beobachtungen bereits sichergestellt.

Die ersten Pläne für das neue Institut stammen von Regierungsbaurat Knopp und Prof. Rogowski. Seine endgültige Form hat es durch Ministerialrat Dr. med. et

phil. h. c. Schindowski erhalten. Die bautechnische Aufgabe stellte den Architekten vor große Schwierigkeiten. Er hatte das neue Gebäude zwei im spitzen Winkel aufeinanderstoßenden Baufluchten und drei verschiedenen Terrassen anzupassen. Die gefundene Lösung gliedert sich wie eine Selbstverständlichkeit in das vorgegebene Terrain ein und dürfte kaum übertroffen werden können.

Die Bauleitung lag in den Händen des hochbegabten Regierungsbaumeisters Schneggenburger. Sie war seine erste und leider letzte große Aufgabe. In der Jugend Blüte wurde er zu unserer aller Trauer kurz vor Vollendung des Baues von einer tückischen Krankheit dahingerafft.

Die für Bau und Einrichtungen erforderlichen Mittel hat der preußische Staat gestellt. Doch haben viele Firmen dem Institut Stiftungen zugewendet oder Preisvergünstigungen gewährt, die einer Stiftung gleichkommen.

Von großem Wert war mir die Hilfe meines unermüdlichen und treuen Mitarbeiters Dr.-Ing. Flegler, der sich mit hervorragendem Geschick an den Aufgaben, die der Neubau mit sich brachte, beteiligt hat.

Das neue Elektrotechnische Institut Aachen stellt sich ebenbürtig neben jedes andere Hochschulinstitut der Welt. Es hat alles, um Lehre und Forschung pflegen zu können, würdig dem hohen Stand der heutigen Elektrotechnik. Es hofft, mit werbender Kraft einen gewissen Teil der studierenden Jugend nach Aachen zu ziehen und ihr das Rüstzeug mitzugeben, das sie braucht, um die kommenden Aufgaben in Technik, Wirtschaft und Wissenschaft zu bewältigen.

Ferntagungen.

(Mitteilung aus dem Zentrallaboratorium des Wernerwerkes der Siemens & Halske A. G.)

Von **P. Kaspareck** und **R. Feldtkeller**, Berlin.

Übersicht. **In der vorliegenden Arbeit werden die Überlegungen, die zum Ausbau der Übertragungssysteme für die nachgenannten Ferntagungen geführt haben, zusammengestellt und an Hand der Versuchsergebnisse zu Richtlinien für derartige Verbindungen ausgestaltet.**

1. Einleitung.

Ferntagungen 1926 bis 1929.

In einer Fachsitzung des EV, die am 21. I. 1926 in der Technischen Hochschule in Charlottenburg stattfand, wurde ein Vortrag über eine Fernleitung nach einem kleineren Saal in Frankfurt a. O. übertragen und den dortigen Mitgliedern durch einen Großlautsprecher vermittelt. Die an den Vortrag sich anschließende Aussprache wurde für die Frankfurter Teilnehmer in der Weise erledigt, daß sie durch einen gewöhnlichen im Saal aufgestellten Fernsprecher an den in Charlottenburg weilenden Vortragenden ihre Fragen richteten, der dann über die Lautsprecherverbindung antwortete, so daß hier zum ersten Male der Lautsprecher in den Dienst einer Aussprache gestellt wurde[1]. In der Sitzung des Württembergischen E. V. am 14. XII. 1927 wurden ein Vortrag und die anschließende Aussprache von Stuttgart nach Biberach bzw. umgekehrt übertragen. (Mitt. Techn. wiss. Vereine Württemb., H. 1, Jan. 1928.) Die Aussprache geschah hier erstmalig in beiden Richtungen mit Lautsprechern (Protos-Zimmerlautsprecher).

Mit verbesserten Mitteln wurde eine gleiche Verbindung während der außerordentlichen Sitzung des EV am 8. I. 1929 zwischen Charlottenburg und Breslau hergestellt[2], wobei während der Aussprache auch die Breslauer Reden in Charlottenburg durch einen Großlautsprecher allen Versammelten hörbar gemacht wurden. Es konnten also auch hier alle in Charlottenburg und in Breslau versammelten Herren die ganze Aussprache vollständig verfolgen und an ihr gleichberechtigt teilnehmen, wobei z. B. die Möglichkeit von Zwischenrufen und Beifallskundgebungen voll ausgenutzt wurde.

Bei einer Aufsichtsratsitzung der Deutschen Fernkabelgesellschaft vom 8. XII. 1928, die auf Anregung von Herrn Ministerialdirektor Craemer als Ferntagung stattfand, wurden sogar drei Tagungsorte, nämlich Berlin, Köln und München, miteinander durch Fernleitungen verbunden[3], wobei zum ersten Male besondere Schaltungen, die drei Fernleitungen zum Gegensprechverkehr zusammenzuschalten gestatten, erprobt werden konnten.

Besonders wertvolle Erfahrungen auf diesem Übertragungsgebiet konnten auch bei den Vorführungen gesammelt werden, die G. Schünemann bei seinem Vortrag auf der Göttinger Tagung für Rundfunkmusik am 9. V. 1928 als Fernunterricht und Ferndirigieren zu Gehör brachte[4]. Hierbei wurde durch hochwertigste Verbindungen in beiden Richtungen ein Raum in der Hochschule für Musik in Charlottenburg mit dem Vortragsaal akustisch vereinigt, so daß ein Zusammenspiel von Musikern in Göttingen und Charlottenburg ermöglicht wurde. Gegenüber den vorher genannten drei Versuchen mußte hier, den größeren Anforderungen der Musik entsprechend, ein wesentlich breiteres Frequenzband übermittelt werden.

[1] ETZ 1926, S. 985, 1431.
[2] Europ. Fernspr. 1929, S. 74. ETZ 1929, S. 174.
[3] Europ. Fernspr. 1929, S. 3. ETZ 1929, S. 538.
[4] Der Funk 1928, S. 153. Jahresber. 1927/28 d. Staatl. akad. Hochsch. f. Musik in Berlin, S. 13.

2. Die Aufnahme und Wiedergabe.

Mikrophone und Lautsprecher, Größe und Anzahl, Art der Aufstellung.

Die in den verschiedenen Tagungsräumen einer Ferntagung zur Aufnahme und Wiedergabe der Sprache (oder Musik) benutzten Mikrophone, Lautsprecher, Verstärker usw. sind im allgemeinen nur der Anzahl bzw. Größe nach verschieden. Diese richten sich nach der Anzahl der versammelten Teilnehmer und nach der akustischen Güte des Tagungsraumes. Der Aufbau der Schaltung sowie die Anforderungen an die Güte der akustischen und elektrischen Geräte sind stets die gleichen.

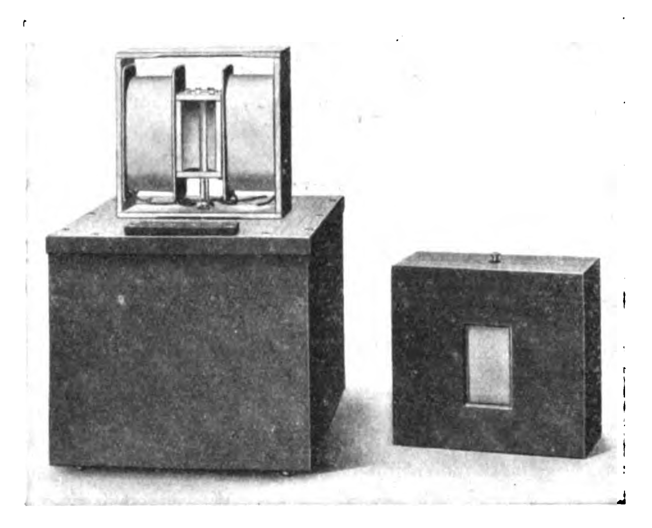


Abb. 1. Großes Bandmikrophon.

Die Schallwellen werden durch ein oder besser mehrere Mikrophone bester Qualität aufgenommen. Bei Vorträgen sind die Mikrophone in der Nähe eines Rednerpultes anzuordnen. Sie dürfen keine ausgesprochene Richtwirkung haben, damit dem Redner zum Schreiben an der Tafel, zur Erklärung von Lichtbildern usw. eine gewisse Bewegungsfreiheit zugestanden werden kann, ohne daß durch seinen abwechselnd kleineren oder größeren Abstand vom Mikrophon die aufgenommene Schallleistung unzulässig stark schwankt.

Es hat sich gezeigt, daß in geschlossenen Räumen und in einer Entfernung von wenigen Metern vom Mikrophon selbst ein Umwenden des Redners unschädlich ist. Bei Vorträgen im Freien muß dagegen sorgsamer darauf geachtet werden, daß der Redner stets auf die Mikrophone zugerichtet spricht. Je mehr Mikrophone man benutzt, um so größer wird immer die Bewegungsfreiheit des Redners werden. Um zu verhüten, daß der Redner sich

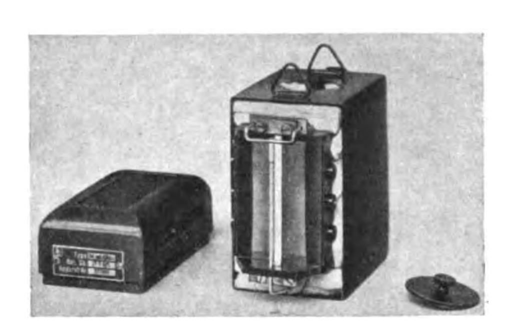
beim Sprechen allzu weit von den Mikrophonen entfernt, ist bereits bei der ersten Übertragung von Berlin nach Frankfurt a. O. der günstigste Standort des Redners mit Erfolg durch eine kleine Fußmatte betont worden.

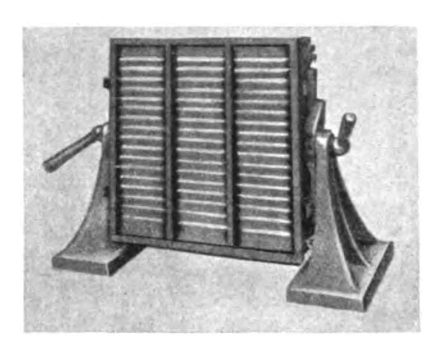
Als Mikrophone sind bei der Frankfurter Übertragung große Bandmikrophone[5] (Abb. 1), bei der Übertragung nach Breslau kleine Bandmikrophone[5] (Abb. 2) verwendet worden. Bei der Ferntagung der DFKG sind hochwertige, zur Übertragung von Sprache besonders geeignete Kohlemikrophone benutzt worden, von denen Abb. 3 eine Ausführungsform zeigt. Neben der Wiedergabe eines hinreichend breiten Frequenzbandes ist die an die Mikrophone zu stellende Hauptanforderung die einer sehr großen Konstanz ihres Wirkungsgrades, da die Stärke der Ströme auf den Fernleitungen sehr genau eingeregelt werden muß und eine Schwankung des Wirkungsgrades der Mikrophone z. B. zum Überschreien der Verstärkerröhren führen kann.

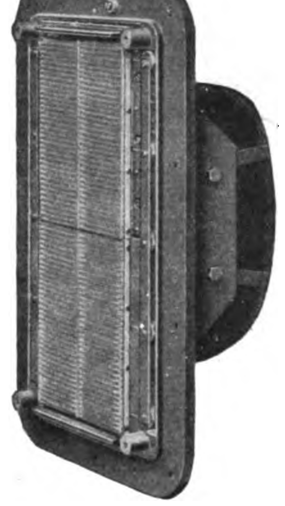
schirme geschaffen werden. Besonders zu beachten sind bei der Aufstellung die Echomöglichkeiten, die größere glatte Flächen des Raumes bieten, sowie Schallführungen entlang mäßig gekrümmter Flächen.

Über besondere Maßnahmen, die durch unvermeidliche akustische Restkopplungen zwischen Lautsprecher und Mikrophon nötig werden, wird weiter unten berichtet werden.

Die Leitungen vom Mikrophon und zum Lautsprecher sollen als Doppelleitungen so geführt werden, daß eine unmittelbare elektrische Kopplung vermieden wird und daß die etwa vorhandenen Kraftleitungen die Sprechströme nicht durch Induktion stören.


Abb. 2. Kleines Bandmikrophon.


Abb. 4 a. Riesenblatthaller.


Abb. 4 b. Kleine Riffelfalte (ohne Schild).

Die Anzahl der Mikrophone richtet sich nach der besonderen Art der Ferntagung. Ist im wesentlichen ein Vortrag mit anschließender Aussprache zu übertragen, so genügen etwa zwei Mikrophone, zu beiden Seiten des Rednerpultes angeordnet. Bei einer Konferenz wird man eine größere Anzahl von Mikrophonen auf den Konferenztischen verteilen, so daß jeder Konferenzteilnehmer, ohne seinen Platz zu verlassen, ein Mikrophon erreichen kann, sei es, daß er es zu sich heranzieht, sei es, daß er sich dem nächsten Mikrophon zuwendet.

Desgleichen richtet sich die Größe und die Anzahl der zu verwendenden Lautsprecher nach der Art der Ferntagung und nach der Größe des einzelnen Tagungsraumes. Für ein mäßig großes Zimmer genügen ein paar auf die Tische verteilte oder an den Wänden aufgehängte Zimmerlautsprecher. So wurden bei der Tagung der Deutschen Fernkabel-Gesellschaft im Dezember 1928 normale Protos-Lautsprecher benutzt. Für größere Säle sind, je nach den akustischen Verhältnissen, ein oder mehrere Großlautsprecher unerläßlich, die unter Umständen eine elektrische Leistung von einigen Hundert Watt in Schalleistung umsetzen müssen. So geschah die Wiedergabe der Vorträge in Frankfurt a. O. durch einen Faltlautsprecher, in Berlin und Breslau durch Blatthaller[6] und Riffellautsprecher; die gleichen Lautsprecher wurden auch für die Wiedergabe der Musik bei der Göttinger Tagung für Rundfunkmusik verwendet (Abb. 4 a und b).

Abb. 3. Kohlemikrophon.

Die Anordnung der Lautsprecher und der Mikrophone muß so getroffen werden, daß die Mikrophone soweit wie möglich im Schallschatten der Lautsprecher stehen, damit die Kopplung zwischen dem Aufnahme- und dem Wiedergabekreis so klein wie möglich wird. Um dieses Ziel leichter erreichen zu können, ist eine begrenzte Richtwirkung der Mikrophone und Lautsprecher erwünscht. Andernfalls muß sie durch geeignet angebrachte Schall-

3. Mikrophonverstärker.

Mikrophonverstärker, Frequenzband, Verstärkung, Überwachung.

Die in der Einleitung genannten Versuche haben gezeigt, daß die Übermittlung eines Frequenzbandes von 300 ... 4000 Hz ausreicht, um mit Lautsprechern eine hinreichende Sprechverständlichkeit in akustisch nicht besonders ungünstigen Sälen zu bekommen. Für Musik wäre ein Frequenzband von etwa 50 ... 7000 Hz erforderlich[7]. Diese Frequenzbänder müssen von den Verstärkern übertragen werden, mit denen die Mikrophonströme auf diejenige Übertragungsstärke gebracht werden, mit der man sie auf die Fernleitung schicken kann.

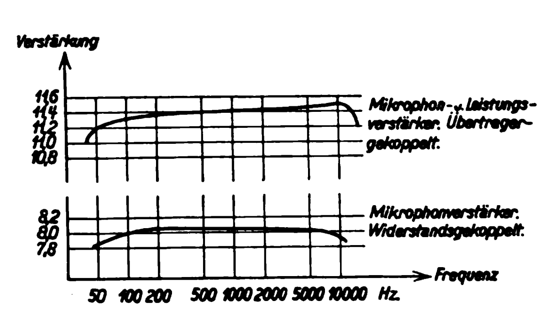


Abb. 5. Verstärkungskurven.

Hochwertige Mikrophone geben bei einem inneren Widerstand von etwa 200 Ω eine EMK von rd. 10^{-3} (V/Bar), also eine Leistung von der Größenordnung 10^{-8} W bei mittlerer Sprechlautstärke. Um diese Leistung auf die Größe der normalen Fernsprechleistungen zu bringen, die etwa 10^{-3} W beträgt[8], ist eine Leistungsverstärkung von 10^5 oder e^{12} notwendig; dies entspricht einer linearen Leistungsverstärkung von 6,0 Neper. Eine derartige Verstärkung im Frequenzbereich unter 7000 Hz kann man mit zwei bis drei Verstärkerstufen erreichen[9]. Eine Überschußverstärkung im Mikrophonverstärker im Bedarfsfalle zur Verfügung zu haben, ist sehr erwünscht, um auch bei besonders leiser Sprache (z. B. bei Heiserkeit des Vortragenden) die günstigste Leistung am Anfang der Fernleitung erhalten zu können.

[5] E. Gerlach, Z. Techn. Phys. Bd. 5, S. 576.
[6] H. Riegger, Z. Techn. Phys. Bd. 5, S. 577. F. Trendelenburg, Siemens-Z. Bd. 7. S. 141; ETZ 1927, S. 1685.
[7] Compt. rend. du Comité Consult. Int., 11. VI. 1928, S. 74.
[8] Wie Fußnote 7, S. 229.
[9] R. Feldtkeller u. H. Bartels, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 87.

Ob die Stufen des Mikrophonverstärkers durch Widerstände oder durch Übertrager miteinander gekoppelt sind, ist nebensächlich. Technisch ist man heute in der Lage, auf beide Arten Verstärker mit genügend breitem Übertragungsfrequenzband zu bauen[10]; auch die Stabilität ist bei beiden Kopplungsarten die gleiche. Abb. 5 zeigt die an zwei Verstärkern der Siemens & Halske A. G. gemessenen Verstärkungskurven. Man erkennt, daß bei beiden Verstärkern der Frequenzbereich von 50 ... 10 000 Hz praktisch unverzerrt übertragen wird.



Abb. 6. Mikrophonverstärker.

Den äußeren Aufbau solcher Mikrophonverstärker zeigen die Abb. 6 und 7. Die Meßinstrumente dienen zur Überwachung der Batteriespannungen und der Betriebsströme. Die Abbildungen zeigen ferner die Drehknöpfe, mit denen man die Spannungsteiler zum Einstellen der Verstärkung bedient. Um auch während der Übertragung eine solche Regelung vornehmen zu können, muß der Spannungsteiler ohne Stromstöße arbeiten, d. h. er muß gegen alle Gleichspannungen durch Übertrager oder durch Kondensatoren blockiert sein. Sein Regelbereich muß einige Neper umfassen, wobei Stufen von etwa 0,35 Neper sich als zweckmäßig erwiesen haben; eine noch feinere Unterteilung ist kaum notwendig.



Abb. 7. Mikrophonverstärkergestell.

Die Überwachung des Mikrophonverstärkers geschieht mittels eines an seinen Ausgang angeschalteten Impulsmessers[11]. Abbildung 8 zeigt die äußere Ansicht des Apparates, der mit einer einzigen Verstärkerröhre arbeitet. Mit diesem Gerät mißt man die jeweils vom Verstärker an die Leitung zum Fernamt abgegebene Spitzenleistung. Die Verstärkung muß nun so eingestellt werden, daß diese Leistung einen gegebenen Höchstwert keinesfalls überschreitet, sich aber auch von ihm nicht allzu weit nach unten entfernt. Dieser Höchstwert ist dem später zu besprechenden Pegeldiagramm zu entnehmen; er wird von der Größenordnung 10 ... 50 mW Spitzenleistung sein und einer mittleren Leistung von einigen Milliwatt entsprechen.

Der Ausgang des Mikrophonverstärkers muß durch einen Übertrager gebildet werden, der den inneren Widerstand der letzten Röhre auf den Wert von 800 Ω übersetzt, denn auf Vorschlag des C C I in Paris[12] werden alle Fernleitungen in den Fernämtern durch Übertrager auf einen einheitlichen Scheinwiderstandswert von 800 Ω gebracht, an den der Ausgang des Mikrophonverstärkers also anzupassen ist.

[10] H. F. Mayer, ETZ 1927, S. 10. — Feldtkeller u. Bartels, wie Fußnote 9.
[11] D. Thierbach, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 438.
[12] Wie Fußnote 7, S. 267.

Um die störende Beeinflussung des Mikrophonverstärkers durch benachbarte stromführende Leitungen irgendwelcher Art zu vermeiden, ist eine sorgfältige Festlegung der Verstärkerpotentiale durch sichere und genügend widerstandsfreie Erdung des Verstärkers notwendig. Meist wird ein Pol der Heizbatterie zusammen mit den Metallgehäusen des Verstärkers an Erde gelegt[13]. Da jedoch weder die Leitung vom Mikrophon zum Verstärker noch die vom Verstärker zum Fernamt unsymmetrische Potentiale führen darf, sind der Eingangsübertrager und der



Abb. 8. Impulsmesser.

Ausgangsübertrager zweckmäßig symmetrisch zu bauen. Dann müssen die dem Mikrophon und der Leitung zugeordneten Wicklungen ungeerdet bleiben oder dürfen nur in ihrer Mitte geerdet werden.

4. Verzerrung der Leitungen.

Leitungsverzerrungen, Entzerrer.

Die Kapazität der Leitungen, die von den Mikrophonen zum Mikrophonverstärker führen, darf für den inneren Widerstand der Mikrophone keine Belastung darstellen, andernfalls werden die für die Übertragung besonders wertvollen hohen Frequenzen unterdrückt. Man vermeidet deshalb Mikrophone mit hohem inneren Widerstand oder sorgt durch einen unmittelbar am Mikrophon angebrachten Übertrager dafür, daß der innere Widerstand auf einen zweckmäßigen Wert, etwa 200 Ω, übersetzt wird. Dann dürften bei den normalen Leitungskapazitäten selbst Leitungslängen von einigen hundert Metern zwischen den Mikrophonen und dem Verstärker unschädlich sein.

Dagegen ist die Verzerrung der Leitungen des Ortsnetzes, die die Tagungsräume mit den nächsten Fernämtern verbinden, keineswegs zu vernachlässigen, da man hier oft mit Längen von einigen Kilometern wird rechnen müssen. So steigt bei einer Übertragung über 10 km Stadtkabel der Dämpfungsunterschied im Frequenzbande von 300 ... 4000 Hz auf mehr als 1 Neper, d. h. die hohen Frequenzen werden in ihrer Amplitude mehr als dreimal schwächer als die tiefen Frequenzen. Da solche Längen sowohl zwischen dem Mikrophonverstärker und dem Fernamt als auch zwischen dem Fernamt und dem Leistungsverstärker, der die Lautsprecher speist, vorkommen können, entstehen hierdurch Verzerrungen, die die Sprache fast unverständlich (dumpf) machen.

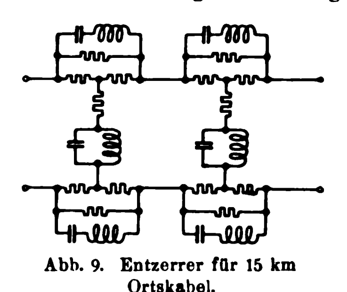


Abb. 9. Entzerrer für 15 km Ortskabel.

Man hat diese Verzerrungen mit Erfolg nach zwei verschiedenen Methoden aufgehoben.

Werden bestimmte Leitungen des Ortsnetzes öfter für Übertragungen von Sprache und Musik verwendet, so lohnt es sich, besondere Entzerrerschaltungen einzubauen, die eine der Verzerrung der Ortsverbindungsleitung entgegengesetzte Verzerrung haben, also die tiefen Frequenzen benachteiligen, so daß sie zusammen mit der Ortsleitung ein System mit für alle Frequenzen gleichmäßigen Übertragungseigenschaften bilden.

Abb. 9 gibt das Schaltbild einer solchen Entzerrerschaltung wieder, Abb. 10 zeigt das zugehörige Kurvenmaterial. Es war die Aufgabe gestellt, für eine Musikübertragung über ein 15 km langes Stadtkabel die Verzerrung hinreichend zu kompensieren. Zu diesem Zweck wurde die Betriebsdämpfung des Stadtkabels als Funktion der Frequenz gemessen; für tiefe Frequenzen ist die Dämpfung von 1,2 Neper durch den Kupferwiderstand der



[13] DRP. Nr. 300 143 u. 304 307.

Leitung bestimmt; bereits bei 500 Hz beginnt der schädliche Einfluß der Kabelkapazität, so daß die Betriebsdämpfung mit der Frequenz stark ansteigt und in der Umgebung der Frequenz 10 000 Hz Werte von über 4 Neper erreicht. Die Gesamtverzerrung beträgt demnach etwa 3 Neper, was einem Leistungsverhältnis von $e^{2\cdot3} = 400$ entspricht, um das die hohen Frequenzen gegenüber den tiefen benachteiligt sind (Abb. 10, Kurve *1*).

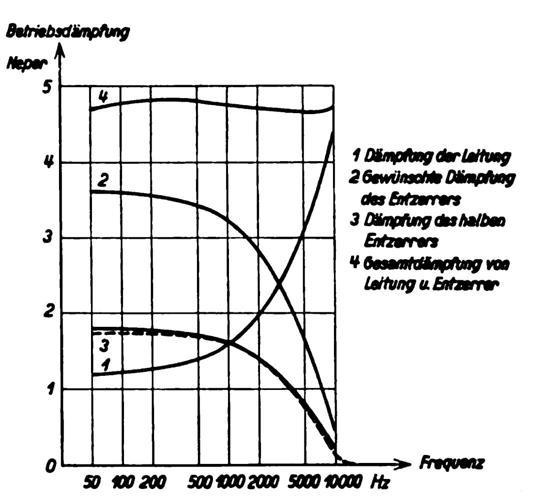


Abb. 10. Entzerrung für 15 km Ortskabel.

Der Entzerrer muß demnach die Dämpfungskurve *2* haben, also die tiefen Frequenzen stark dämpfen und die hohen Frequenzen möglichst ungedämpft durchlassen. Man baut ihn zweckmäßig in Form der von Stevenson[14] angegebenen Brücken-T-Schaltung. Mit diesen Schaltungen kann man praktisch beliebige Frequenzgänge der Dämpfungskurve herstellen, wobei der Wellenwiderstand frequenzunabhängig bleibt. Wie an anderer Stelle[15] gezeigt ist, läßt sich der steile Abfall der Dämpfungskurve in den hohen Frequenzen mit einem einzigen Brücken-T-Glied nicht darstellen; es wurden deshalb Entzerrer für die halben Dämpfungswerte (Kurve *3*) hergestellt und zwei derartige Entzerrerglieder in Kaskade geschaltet, wie Abb. 10 zeigt. Man erhält so eine hinreichende Übereinstimmung mit der gewünschten Dämpfungskurve, wie man am besten aus der Kurve *4* erkennt, die die Summe der Dämpfungen von Stadtkabel und Entzerrer darstellt.

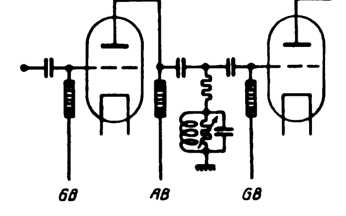


Abb. 11. Schaltung des Entzerrers.

Es soll hier ausdrücklich betont werden, daß der halbe Entzerrer nicht als Entzerrer für die halbe Kabellänge gelten kann, denn man muß den Frequenzgang der Betriebsdämpfung entzerren, die entgegen dem Vierpol-Übertragungsmaß nicht doppelte Werte bei der doppelten Leitungslänge hat.

Der besprochene Fall, daß eine Musikübertragung über 15 km Stadtkabel vorzunehmen war, ist besonders kraß. Die durch Addition der Dämpfungen von Ortsleitung und Entzerrer entstehenden Werte von 5 Neper stellen besondere Anforderungen an die Verstärkungshöhe und die unverzerrt abgebbare Leistung des Mikrophonverstärkers, die bei der Auswahl des Verstärkers besonders berücksichtigt werden müssen. Im allgemeinen liegen die Verhältnisse jedoch wesentlich günstiger, so daß man sich mit der zweiten, einfacheren, wenn auch ungenaueren Methode der Entzerrung begnügen kann, die darin besteht, daß man vor die Endröhre des Mikrophonverstärkers einen einfachen frequenzabhängigen Nebenschluß legt und dadurch die Verstärkungskurve derart verzerrt, daß ihr Frequenzgang soweit wie möglich dem Frequenzgang der Ortsleitungsdämpfung entgegengesetzt verläuft.

Die Ausführungsform des Entzerrers und die Art seiner Anschaltung an die Verstärker zeigt Abb. 11. Die Eigenschwingung des Schwingungskreises legt man in das Gebiet zwischen 3000 und 5000 Hz, so daß der Nebenschluß hier den größten Scheinwiderstand hat, also am wenigsten schwächt. Durch Verändern eines Widerstandes parallel zu diesem Schwingungskreise kann man den Grad der Bevorzugung dieses hohen Frequenzbandes je nach Länge der Ortsleitung einstellen. Der Entzerrer ist wie der Spannungsteiler (s. o.) gegen die Batteriespannungen blockiert, um eine unzulässige zusätzliche Belastung der Anoden- oder Gitterbatterien und die damit verbundenen Änderungen der Spannungen an der Anode und am Gitter sowie Schaltstöße beim Ändern des Parallelwiderstandes zu vermeiden.

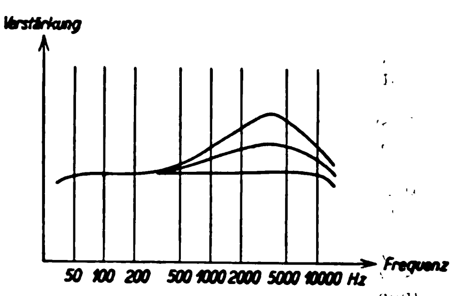


Abb. 12. Verstärkungskurven.

In Abb. 12 sind einige Verstärkungskurven angedeutet, die sich mit einem solchen Entzerrer einstellen lassen.

Trifft man bei der Aufnahme der Schallwellen und bei der Zusammenschaltung der Aufnahmegeräte mit der Fernleitung die oben beschriebenen Maßnahmen, so kann man damit rechnen, daß die Fernleitung am fernen Ende wieder die Normalleistung von einigen Milliwatt abgeben kann, ohne nennenswerte Verzerrungen in die Übertragung hineinzubringen. Denn die Dämpfung und die Verzerrung der Fernleitung sind durch die entzerrenden Verstärker, die in Abständen von 75 km oder 150 km in sie eingeschaltet sind, aufgehoben. Über alle Eigenschaften dieser Fernleitungen und ihrer Verstärker ist an anderen Stellen ausführlich berichtet worden[16], so daß hier nicht darauf eingegangen zu werden braucht. Für die Ferntagungen interessieren hauptsächlich die von den einzelnen Leitungsarten übermittelten Frequenzbänder. Die stark pupinisierten Leitungen übertragen Frequenzen zwischen 300 und 2100 (2400) Hz, die schwach pupinisierten Leitungen von 300 ... 4000 Hz und die musikpupinisierten Phantomleitungen Frequenzen zwischen 50 und 7000 Hz. Für Ferntagungen können also nur die beiden letzten Leitungsarten verwendet werden.

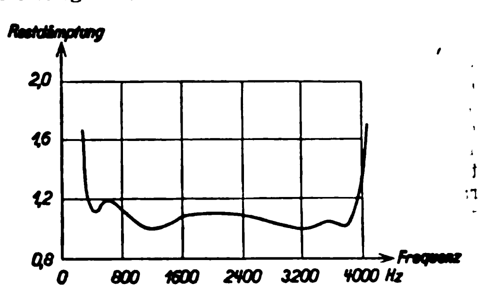


Abb. 13. Restdämpfung einer Vierdrahtverbindung über leichtbelastete Stammleitungen, 40 Verstärkerfelder.

Um ein Bild von der Größe der Verzerrungen zu bekommen, die die Sprache längs einer Fernleitung erleidet, ist in Abb. 13 die Restdämpfung einer Vierdrahtstrecke mit 40 Verstärkern[17] wiedergegeben, die an einer Stammleitung mit leichter Pupinisierung gemessen wurde. Man erkennt, daß das für die Ferntagungen wichtige Frequenzgebiet von 300 ... 4000 Hz mit einer Verzerrung von nur wenigen Zehntel Neper übertragen wird. Diese Leitung wäre jedoch für die Übertragung von Musik unbrauchbar, da der Musik alle tiefen Töne genommen würden.

Das Ende der Fernleitungen ist durch eine Leitung des Ortsnetzes mit dem Tagungsraum zu verbinden. Die Verzerrung dieser Leitung ist bei Längen von einigen Kilometern genau so zu beachten und auf dieselbe Weise

[14] Stevenson, Amerik. Patent Nr. 1 606 817.

[15] V. Gandtner u. G. Wohlgemuth, Wiss. Veröff. Siem-Konz. Bd. 7, S. 67.

[16] F. Lüschen, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 17, S. 125; daselbst weitere Literatur.

[17] F. Lüschen u. H. F. Mayer, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 139.

zu beseitigen, wie die Verzerrung der Leitung zwischen Mikrophonverstärker und Fernamt. Die übertragenen Ströme gelangen also zum Tagungsraum mit einer Leistung von der Größenordnung von 1 mW, und müssen durch den Leistungsverstärker auf die Lautsprecherleistung von mehreren Watt verstärkt werden.

5. Leistungsverstärker.

Leistungsverstärker, Verstärkung, abgebbare Leistung, Überwachung, Verzerrung.

Setzt man nicht besonders ungünstige akustische Raumverhältnisse (günstige Nachhalldauer, geringe Saalgeräusche) voraus, so wird man in einem mäßig großen Zimmer mit etwa 0,3 ... 1,0 W, in einem kleineren Saal mit 10 W, in großen Sälen mit 30 ... 100 W unverzerrt von der Endröhre des Leistungsverstärkers abgebbarer Wechselstromleistung[18] auskommen; diesen Zahlen liegen Lautsprecher mit gutem Wirkungsgrad zugrunde. Aus diesen Zahlen und der Eingangsleistung von einigen Milliwatt, die der Leistungsverstärker von der Fernleitung bekommt, errechnet sich seine Verstärkungsziffer zu etwa 3 ... 5 Neper.

Der Eingang des Leistungsverstärkers ist durch einen möglichst symmetrischen Übertrager mit einem Scheinwiderstand von 800 Ω zu bilden. Damit die unvermeidliche Resonanz des Vorübertragers keine unzulässige Verzerrung bringt, ist der Scheinwiderstand von 800 Ω zweckmäßig durch einen Ohmschen Widerstand zu bilden, zu dem der Vorübertrager parallel zu schalten ist. Der Scheinwiderstand des Übertragers muß dann im gewünschten Frequenzbereich größer als 800 Ω sein. Die Primärseite des Übertragers darf nicht geerdet werden.

Die von der Leitung an den Leistungsverstärker abgegebene Leistung muß wie die vom Mikrophonverstärker an die Leitung abgegebene Leistung durch einen Impulsmesser überwacht werden. Die Leistung hinter dem Leistungsverstärker ist ebenfalls zu kontrollieren, entweder optisch durch einen Impulsmesser oder besser akustisch durch einen Kontrollautsprecher, den man zu den Lautsprechern im Tagungsraum parallel schaltet und im Verstärkerraum aufstellt. Hiermit kann nicht nur die Intensität sondern auch die Klanggüte der den Lautsprechern zugeführten Leistung überwacht werden, so daß etwa auftretende Verzerrungen sofort bemerkt werden.

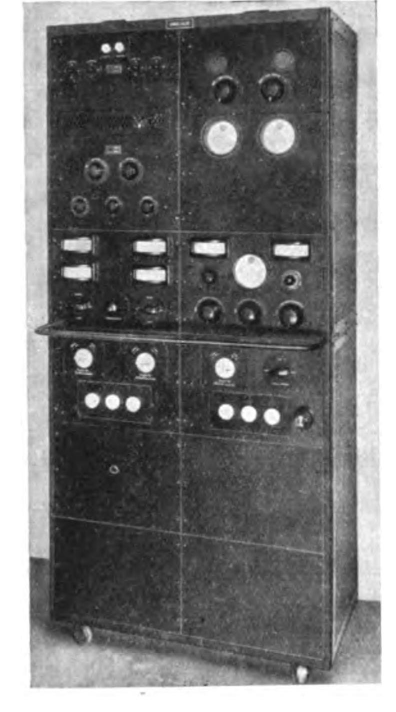


Abb. 14. Leistungsverstärkergestell.

Der Leistungsverstärker muß wie der Mikrophonverstärker eine Möglichkeit enthalten, mit der man seine Verstärkung in genügend feinen Stufen über einen hinreichend großen Bereich ändern kann. Zweckmäßig ist auch hier ein Spannungsteiler vor der Endröhre zu verwenden, der gegen die Batteriespannungen blockiert ist, so daß man auch während des Betriebes die Verstärkung ändern kann, ohne daß Stromstöße auftreten, die ein lautes Knacken im Lautsprecher hervorrufen.

Von diesem Regelwiderstand ist jedoch während des Betriebes nur der allervorsichtigste Gebrauch zu machen. Zeigt der Impulsmesser am Eingang des Leistungsverstärkers zu wenig Leistung an, so ist dieser Mangel nicht im Leistungsverstärker zu beheben, sondern es ist zunächst die Eingangsleistung am Anfang der Fernleitung zu prüfen, also der Fehler auf den Mikrophonverstärker oder die Fernleitung einzugrenzen und nach Möglichkeit dort zu beheben. Allein für den Fall, daß ein Fehler nicht rechtzeitig gefunden werden kann, darf eine Neueinstellung der Verstärkung des Leistungsverstärkers und damit eine Abweichung von den aus dem Pegeldiagramm abzulesenden Werten gestattet werden.

Den äußeren Aufbau eines Leistungsverstärkergestelles für 200 W unverzerrt abgebbarer Leistung zeigt Abb. 14. Im oberen Teile befinden sich die Vorverstärker (links) mit dem Regelwiderstand und die Endröhre (rechts) mit den Kontrollinstrumenten für den Anodenstrom. Darunter sind die Schalt- und Überwachungsgeräte für die Stromversorgungsanlage angeordnet.

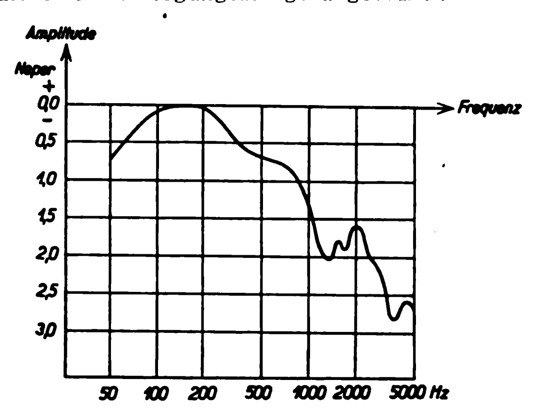


Abb. 15. Das Amplitudenspektrum der Sprache.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, auch am Leistungsverstärker einen einstellbaren Entzerrer einzubauen, selbst wenn die Ortsleitung durch besondere Netzwerke entzerrt ist. Für viele Räume ist nämlich eine gewisse Betonung des Frequenzgebietes um 3000 Hz wünschenswert, da hierdurch mitunter die Verständlichkeit wesentlich gehoben werden kann, wenn sie durch ungünstige Saalakustik, durch Nebengeräusche, die im Saal, in den Starkstromanlagen oder den Leitungen ihre Ursachen haben können, beeinträchtigt ist. Schaltet man den Entzerrer vor die Endröhre, etwa in der in Abb. 11 angegebenen Weise, so erreicht man, daß durch die relative Betonung der Frequenzen in der Umgebung von 3000 Hz die Endröhre nur unwesentlich stärker beansprucht wird. Die Amplituden der in dieses Gebiet fallenden Teiltöne sind, wie die in Abb. 15 wiedergegebene, von Crandall und MacCenzie[19] aufgenommene Kurve zeigt, wesentlich kleiner als die Amplituden der Teiltöne um 800 Hz und darunter, die allein Lautstärke und Ausnutzung der Endröhre bestimmen. Mit anderen Worten: vor der Endröhre schwächt der Entzerrer die Frequenzen unterhalb der Umgebung von 3000 Hz an einer Stelle, an der ihre Leistung noch geringeren Wert hat; eine Entzerrung hinter der Endröhre würde große Teile sehr wertvoller Leistung vernichten und die mit gegebenem Röhrenaufwand zu erreichende Gesamtlautstärke in unzulässiger Weise herabsetzen. Jede Schwächung und Entzerrung hinter der Leistungsröhre ist danach, gleichgültig, mit welchen Mitteln sie herbeigeführt wird, peinlichst zu vermeiden[20], da hiermit stets die Überschreigefahr der Endröhre wächst und die Übertragungsqualität leidet. Eine derartige unerwünschte Schwächung können z. B. die Kupferverluste in den Zuleitungen vom Leistungsverstärker zu den Lautsprechern herbeiführen.

6. Der Verlauf des Leistungspegels.

Leistungspegel längs der Verbindung, Projektierung, Einstellung, Überwachung.

Wir beschreiben den Verlauf des Leistungspegels längs der Verbindung vom Mikrophon des einen zum Lautsprecher des anderen Tagungsraumes an dem einfachsten Beispiel einer Verbindung von nur zwei Tagungsorten *A* und *B*. Sind mehr als zwei Tagungsorte zu beteiligen, so sind mehrere Fernleitungen durch Kunstschaltungen miteinander zu verbinden. Es sind mehrere solcher Kunstschaltungen bekanntgeworden, über die von anderer Seite berichtet werden wird; diejenige, die bei der Ferntagung der DFKG angewendet worden ist, ist in den genannten Aufsätzen im Europ. Fernspr. und in der ETZ genau beschrieben.

Abb. 16 zeigt die wichtigsten Bestandteile einer Verbindung von Tagungsräumen *A* und *B*. Der Einfachheit

[18] H. Bartels, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 9.

[19] Crandall u. MacCenzie, Bell. Syst. Techn. Journ. Bd. 1, S. 116.

[20] DRP. Nr. 328 830.



halber ist die Vierdrahtgabel von der Vierdrahtleitung abgetrennt worden, so daß die Ortsleitungen unmittelbar mit den ersten und letzten Vierdrahtverstärkern verbunden sind.

Bei der Aufstellung des Pegeldiagrammes, das unter die Skizze der Verbindung gezeichnet ist, beginnt man mit den Ausgangspegeln des ersten und letzten Vierdrahtverstärkers. Diese Verstärker sind so bemessen, daß sie bei einem Ausgangspegel von + 0,7 Neper am günstigsten arbeiten. Bei einer Verstärkung von 2,7 Neper für den Vierdrahtverstärker[21] entspräche dies einem Pegel von — 2,0 Neper am Ende des Ortskabels, das den Mikrophonverstärker mit dem Vierdrahtverstärker verbindet. Am Anfang des Ortskabels ist dieser Pegelwert um die Dämpfung des Ortskabels zu erhöhen, z. B. um 0,5 Neper bei etwa 5 km Kabellänge, so daß am Ausgang des Mikrophonverstärkers der Pegel — 1,5 Neper eingestellt werden muß.

Die Fernkabelverbindungen sind so eingerichtet, daß sie beim Pegel 0 Neper eine Maximalleistung von rd. 5 mW

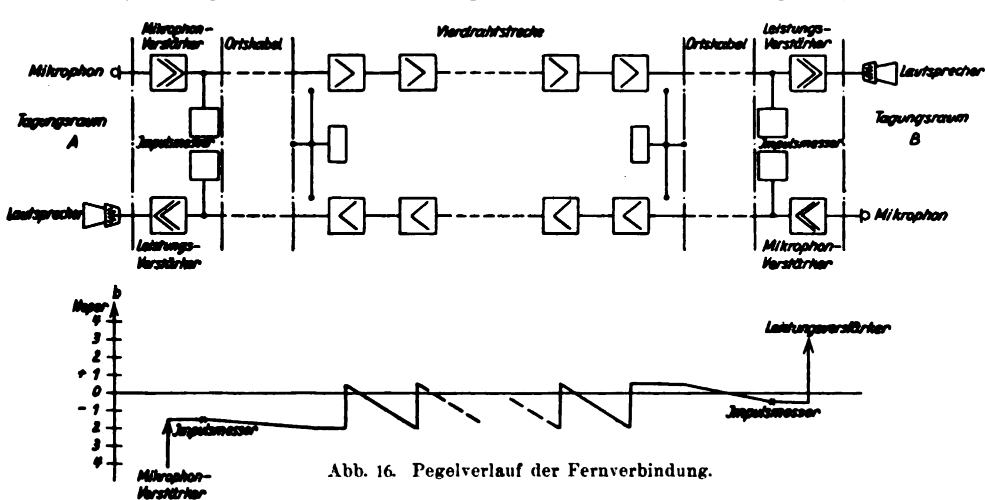


Abb. 16. Pegelverlauf der Fernverbindung.

noch unverzerrt übertragen können[22]. Die von D. Thierbach aufgenommene und in Abb. 17 wiedergegebene Kurve zeigt die Häufigkeit der Maximalleistungen einer Fernsprechverbindung beim Pegel 0 Neper. Bei einer einfachen Fernsprechverbindung wird diese Zuordnung der Maximalleistung zum Pegel 0 Neper von selbst durch den Wirkungsgrad der ZB-Stationen hergestellt. Bei einer Ferntagung, bei der man mit Spezialmikrophonen und Mikrophonverstärkern arbeitet, muß diese Zuordnung durch die Wahl der Verstärker künstlich hergestellt und sorgfältig überwacht werden.

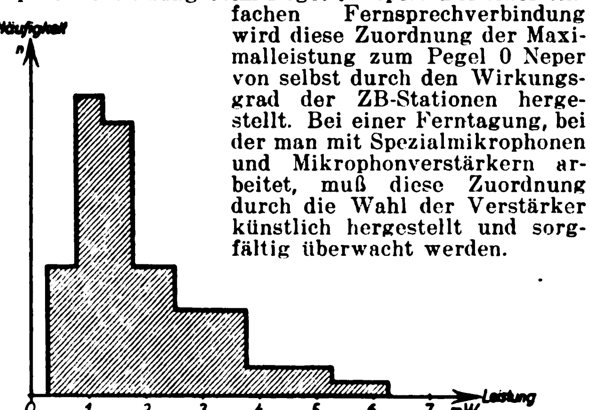


Abb. 17. Häufigkeit der Maximalleistungen bei Sprache.

Bei dem genannten Zahlenbeispiel war der Ausgangspegel des Mikrophonverstärkers — 1,5 Neper. Einer Leistung von 5 mW beim Pegel 0 entspricht eine Leistung von $5 \cdot e^{-2 \cdot 1,5} = 0,25$ mW beim Pegel — 1,5 Neper. Der Impulsmesser am Ausgang des Mikrophonverstärkers darf also keine größeren Werte als 0,25 mW anzeigen, die Leistung soll aber auch von diesem Wert nicht allzu weit nach unten abweichen, damit das Verhältnis der Sprechströme zu den Störströmen möglichst günstig bleibt.

Auf ähnliche Weise errechnet sich aus dem Pegelwert + 0,7 Neper am Ende der Vierdrahtleitung und der Dämpfung des Ortskabels von der Vierdrahtleitung bis zum Tagungsraum der Pegelwert am Eingang des Leistungsverstärkers. Die diesem Werte entsprechende Maximalleistung ist ebenfalls durch den zum Eingang des Leistungsverstärkers parallel geschalteten Impulsmesser zu überwachen.

[21] H. Nottebrock u. R. Feldtkeller, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 16, S. 307.
[22] D. Thierbach, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 438.

Vor den Übertragungen ist durch einen Versuch festzustellen, welche Verstärkung der Mikrophonverstärker haben muß, damit eine mittlere Sprachlautstärke vor den Mikrophonen am Ausgang des Mikrophonverstärkers die gewünschte Leistung entstehen läßt. Desgleichen ist festzustellen, welche Verstärkung des Leistungsverstärkers eine genügende Sprachlautstärke im Tagungsraum ergibt, wenn die aus dem Pegeldiagramm errechnete Normalleistung am Eingang des Leistungsverstärkers liegt.

Bei zu leiser oder zu lauter Sprache eines Redners ist im Bedarfsfalle nur die Verstärkung des Mikrophonverstärkers zu ändern, bis beide Impulsmesser wieder normale Leistungen anzeigen.

7. Echoerscheinungen.

Echoerscheinungen, Selbsterregung, Maßnahmen zu ihrer Unterdrückung.

In jedem Tagungsraum bestehen unvermeidliche akustische Kopplungen zwischen den dort aufgestellten Mikrophonen und Lautsprechern. Durch die Aufstellung müssen diese Kopplungen soweit wie möglich herabgesetzt werden; der nicht zu beseitigende Rest gibt aber immer Anlaß zu störenden Echo- und Rückkopplungserscheinungen.

Die Sprache eines Redners im Tagungsraum A wird von den Mikrophonen aufgenommen, elektrisch zum Tagungsraum B übertragen und in ihm durch Lautsprecher wiedergegeben. Hier gelangt ein Teil der Schalleistung zu den Mikrophonen, von dort elektrisch nach dem Tagungsraum A zurück und ruft über seine Lautsprecher ein Echo hervor, dessen Stärke und Laufzeit mit den Eigenschaften der Verbindung stark variieren können. Das Echo kann nun so stark sein, daß es Lautstärken von der Größenordnung der ursprünglichen, im Raum A gesprochenen Schallstärke annimmt. Es wird dann zum zweiten Male von den Mikrophonen im Raum A merkliche Schalleistung aufgenommen, und der oben beschriebene Kreislauf beginnt von neuem.

Ist die akustische Kopplung zwischen den Lautsprechern und den Mikrophonen in beiden Tagungsräumen hinreichend groß, so kann auf diese Weise eine Selbsterregung des gesamten Systems einsetzen, wodurch die Anlage unbrauchbar wird. Um diese Selbsterregung sicher zu vermeiden, hat man bei den bisherigen Anlagen von Hand die jeweils nicht benutzte Richtung soweit geschwächt, daß der Redner zwar noch bemerkte, wenn er durch einen Ruf von der anderen Seite unterbrochen wurde, daß Beifallskundgebungen übertragen wurden usw., daß aber eine Selbsterregung sicher vermieden wurde.

Dieses Umschalten von Hand kann nur als Notbehelf betrachtet werden; sobald Rückkopplungssperrer in geeigneter Form entwickelt sind, wird man dieses Ein- und Ausschalten einer Schwächung in die jeweils nicht benutzte Leitung selbsttätig durch die Sprache vornehmen lassen, sofern wirtschaftlich nicht die Verwendung der Umschaltung von Hand geboten erscheint.

Durch diese Maßnahmen werden auch die Echos, welche ihren Weg über die Fernleitungen und die am fernen Ende vorhandene Kopplung zwischen Lautsprecher und Mikrophon nehmen, soweit geschwächt, daß sie unschädlich leise zurückkommen. Darüber hinaus kann man die in längeren Vierdrahtverbindungen liegenden Echosperrer eingeschaltet lassen, wodurch man diese Echos sicher und vollständig unterdrückt. Es soll aber hierbei betont werden, daß diese Echosperrer die Schwächung der Gegenrichtung von Hand oder durch Rückkopplungssperrer nicht überflüssig machen, da ihre Verwendbarkeit eine an sich pfeiffreie Verbindung bereits voraussetzt.

Zusammenfassung.

1. Nach kurzer Beschreibung der in den Jahren 1926 bis 1929 veranstalteten Ferntagungen werden die Anforderungen zusammengestellt, die die Einzelteile einer Ferntagungsverbindung zu erfüllen haben.



2. Es sind nur hochwertige Mikrophone und Lautsprecher zu verwenden, deren Frequenzkurven ein genügend breites unverzerrt übertragenes Frequenzband aufweisen und die den geringsten zeitlichen Veränderungen unterworfen sind. Die Anzahl der Mikrophone sowie die Anzahl und Größe der Lautsprecher und ihre Unterbringung richtet sich nach der Tagungsart und den Eigenschaften der Versammlungsräume.
3. Die Mikrophonverstärker, die die elektrische Leistung der Mikrophone verstärkt den Fernleitungen zuführen, müssen für Sprache ein Frequenzband von mindestens 300 ... 4000 Hz und für Musik 50 ... 7000 Hz verstärken, die abgebbare Leistung muß einige Milliwatt betragen. Das Arbeiten des Mikrophonverstärkers ist durch Impulsmesser an seinem Ausgang zu überwachen.
4. Die Verzerrungen in den Ortskabeln, die bei gewöhnlichem Sprechverkehr unschädlich sind, müssen bei Verbindungen für eine Ferntagung wegen des nach oben erweiterten Frequenzbandes berücksichtigt und durch Entzerrer beseitigt werden. Die Verzerrungen der Fernkabel werden durch die entzerrenden Fernsprechverstärker behoben.
5. Die Leistungsverstärker sind den Tagungsräumen entsprechend mit 1 ... 200 W unverzerrt abgebbarer Leistung zu wählen. Ihre Überwachung soll durch Impulsmesser und Kontrollautsprecher geschehen. Sie haben die gleichen Frequenzbänder wie die Mikrophonverstärker zu übertragen, u. U. kann eine Hervorhebung des Frequenzgebietes um 3000 Hz besonders günstig sein. Entzerrer dürfen nie hinter der Endröhre angewendet werden.
6. Die Darstellung des Leistungspegels längs der Verbindung gibt wichtige Aufschlüsse über die Einstellung der Verstärker. Die Sprechströme müssen die Fernleitung mit bestimmter Leistung durchfließen, die nach oben durch die Höchstleistung der Röhren in den Fernsprechverstärkern begrenzt ist. Zu kleine Leistung ist ebenfalls unvorteilhaft, da dann die Leistung der Störgeräusche im Verhältnis zur Nutzleistung nicht mehr klein bleibt. Die Leistungen am Anfang und am Ende der Fernleitung müssen ständig durch Impulsmesser überwacht werden. Der Leistungsverstärker soll während der Übertragung nicht nachgeregelt werden, zu leise oder zu laute Sprache muß am Mikrophonverstärker ausgeglichen werden.
7. Die Rückkopplungen, die durch akustische Kopplungen der Lautsprecher und Mikrophone zustandekommen, erfordern eine Schwächung der jeweils nicht benutzten Übertragungsrichtung durch Rückkopplungssperrer oder von Hand.

Die Bedeutung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Von Rechtsanwalt Dr. **Rumpf**, Berlin.

(In Rechtsstreitigkeiten der letzten Zeit ist die rechtliche Bedeutung der Tätigkeit des VDE wiederholt diskutiert worden. Eine allgemeine Darlegung dieser Frage wird daher von Interesse sein. D. S.)

I.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker ist der Zusammenschluß der Gesamtheit der deutschen Elektrotechnik. Er umfaßt die Kreise der Elektrizitätswerke, der elektrotechnischen Industrie, des Elektro-Installateurgewerbes, der Reichsstellen, die elektrische Betriebe haben, wie Reichspost, Reichsbahn-Gesellschaft u. a., der elektrotechnischen Wissenschaft und Schulen sowie aller Personen, die sonst noch mit der Elektrotechnik in Verbindung stehen.

Als vornehmste Aufgabe ist ihm die Sorge für die Sicherheit elektrischer Anlagen, Maschinen und Geräte zugefallen, die vornehmlich durch den Erlaß von Vorschriften und die Überwachung ihrer Einhaltung ausgeübt wird. Die Entwicklung ist in Deutschland auf diesem Gebiet eigenartige Wege gegangen. Es hätte nahegelegen, auch für die Elektrotechnik den Erlaß der technischen Vorschriften, deren Beobachtung von jedem verlangt werden muß, der mit technischen Anlagen dieser Art zu tun hat, in die Hände staatlicher Behörden zu legen, wie es z. B. für die technischen Vorschriften des Hochbaues durch Bauordnungen geschehen ist, die mit rechtsverbindlicher Kraft von den staatlichen Baupolizeibehörden erlassen worden sind. In außerdeutschen Ländern ist dieser Weg zum Teil auch beschritten worden. In Deutschland dagegen hat von Anfang an der VDE, eine rein private Vereinigung ohne behördlichen Charakter, die Führung auf dem Gebiet der elektrischen Sicherheitsvorschriften übernommen, und die Regierungen des Reichs und der Länder haben auf eine behördliche Regelung verzichtet, weil sie gesehen haben, daß in den VDE-Vorschriften, an denen die besten Köpfe der Theorie und Praxis Deutschlands dauernd ehrenamtlich mitwirken, etwas Vorbildliches und kaum zu Übertreffendes geschaffen worden ist.

Infolge dieser Entwicklung ist in Deutschland das elektrische Sicherheitswesen eine Angelegenheit der Selbstverwaltung geworden. Der VDE ist somit ein Selbstverwaltungskörper, der zwar in enger Fühlung mit deutschen Regierungsstellen, aber ohne offiziellen Charakter die gesamten Sicherheitsvorschriften für die deutsche Elektrotechnik erläßt.

Dafür, daß seine Arbeit objektiv und dem Streit der Geschäftsinteressen entrückt ist, bürgt schon seine Zusammensetzung. Außerdem wird die unbedingte Sachlichkeit der Entscheidungen durch das Verfahren gewährleistet. Die erste Instanz sind die Kommissionen, in denen Erzeuger (elektrotechnische Industrie) und Verbraucher (Elektrizitätswerke, Installateure, Reichsbetriebe u. a.) gewöhnlich paritätisch vertreten sind, und zu denen auch andere Interessenten nach Bedarf zugezogen werden. Die Kommissionen stellen zunächst einen Entwurf auf, der öffentlich bekanntgemacht wird. Innerhalb einer längeren Frist hat dann jeder, der sich für die Frage interessiert, Gelegenheit, Einwendungen zu erheben und Vorschläge einzureichen. Das so gewonnene Material wird verarbeitet, und der endgültig fertiggestellte Entwurf muß dann den Vorstand, den Ausschuß und die Hauptversammlung durchlaufen. Erst dann erlangt die Vorschrift Gültigkeit und tritt an dem dafür bestimmten Tage in Kraft. Zu dem Zustandekommen einer Bestimmung müssen also vier nach ganz verschiedenen Gesichtspunkten zusammengesetzte Instanzen zusammenwirken, und der Öffentlichkeit ist breiteste Möglichkeit zur Mitwirkung geboten.

Die Objektivität des Verfahrens wird schließlich auch dadurch dokumentiert, daß — abgesehen von den Regierungstellen, die selbst elektrotechnische Betriebe haben — staatliche Zentralstellen rein behördlichen Charakters, wie z. B. das Reichsversicherungsamt, das Preußische Ministerium für Handel und Gewerbe u. a., dauernd in den Kommissionen des VDE mitarbeiten.

Die große Bedeutung der Selbstverwaltung auf diesem Gebiet liegt darin, daß die Vorschriften elastisch bleiben und sich der sprunghaften Entwicklung der Elektrotechnik schnell und leicht anpassen lassen, während Sicherheitsvorschriften in Form staatlicher Rechtsnormen, die ihrer Natur nach auf einen gewissen Dauerzustand abzielen, unbeweglicher und weniger anpassungsfähig sind.

II.

Selbstverständlich haben die Vorschriften des VDE an sich keine rechtsverbindliche Kraft; trotzdem sind sie von erheblicher rechtlicher Bedeutung. Sie stellen die anerkannten Regeln der Technik auf ihrem Gebiet dar und umschreiben somit den Kreis der im Verkehr erforderlichen Sorgfaltspflicht: Wer in bezug auf elektrische Anlagen und Geräte die VDE-Vorschriften beachtet, ist insoweit gegen den Vorwurf schuldhaften Handelns geschützt, während umgekehrt die Nichtbeachtung der Vorschriften bei allen Personen, die sie kennen müssen, in der Regel als Fahrlässigkeit anzusehen ist. Diese Bedeutung wird von den deutschen Regierungen und der deutschen Rechtsprechung allgemein anerkannt.

Dabei ist es ohne Bedeutung, ob ein einzelner eine andere Ansicht hat als die in den VDE-Vorschriften festgelegte. Solange eine Vorschrift, die nach dem oben Ge-

sagten das Produkt außerordentlich sorgfältiger Beratungen und Prüfungen ist, unverändert besteht, muß sie als allgemein gültige Richtschnur angesehen werden, auf die sich jeder einzelne verlassen kann. Wer sich streng an die VDE-Vorschriften hält, darf auf keinen Fall der Gefahr ausgesetzt werden, daß ihm etwa auf Grund der abweichenden Ansicht eines einzelnen Sachverständigen eine Verantwortlichkeit aufgebürdet wird.

III.

Über den Erlaß der Sicherheitsvorschriften hinaus ist es Aufgabe des VDE, über die allgemeine elektrische Sicherheit zu wachen. Für den Nichtfachmann ist es in den meisten Fällen so gut wie unmöglich, zu beurteilen, ob eine elektrische Anlage oder Maschine oder ein elektrischer Apparat den Sicherheitsvorschriften entspricht oder nicht. Dies gilt ganz besonders von den elektrischen Gebrauchsgegenständen des täglichen Lebens.

Der VDE hat daher Prüfstellen eingerichtet, die Erzeugnisse der elektrotechnischen Industrie untersuchen und den vorschriftsmäßigen die Berechtigung zur Führung eines Prüfzeichens zusprechen. Dabei ist zweierlei zu beachten.

1. Dieses Prüfzeichen bescheinigt nur die Übereinstimmung des Apparates mit den Sicherheitsvorschriften. Es sagt dagegen nichts aus über die Qualität, d. h. also über Bewertungsmomente außerhalb der Sicherheit, wie z. B. über Haltbarkeit und Lebensdauer (soweit diese nicht mit der Frage der Sicherheit zusammenhängen), Wirtschaftlichkeit im Stromverbrauch oder ästhetische Belange.

2. In der Gewährung des VDE-Zeichens liegt keine Verurteilung der nicht mit diesem Zeichen versehenen Gegenstände. Diese können durchaus gleichwertig sein. Das VDE-Zeichen gibt lediglich die Gewißheit, daß dieser Gegenstand vorschriftsmäßig ist; daraus ergibt sich logischerweise für die nicht geprüften Gegenstände lediglich der Schluß, daß eine Gewißheit für ihre Vorschriftsmäßigkeit nicht besteht: sie können den Vorschriften entsprechen oder auch nicht. Darüber, welche der beiden Alternativen zutrifft, muß sich der Käufer durch eigene Untersuchung unterrichten, während er dies beim Vorhandensein des VDE-Zeichens nicht nötig hat.

Die Allgemeinheit ist in hohem Maße daran interessiert, nur zuverlässige elektrische Gegenstände zum Gebrauch zu erhalten, denn andere können zu schweren Schäden und Unfällen führen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß dies für den Eigentümer des Gegenstandes nicht nur dann von Nachteil ist, wenn er die Schädigung am eigenen Leibe erleidet, sondern daß der Gebrauch unvorschriftsmäßiger elektrischer Geräte unter Umständen auch eine zivilrechtliche und strafrechtliche Verantwortlichkeit zur Folge haben kann.

Der VDE dient also wichtigen Interessen der Öffentlichkeit, wenn er sich bemüht, mangelhafte Geräte dem allgemeinen Gebrauch fernzuhalten. Die Förderung geschäftlicher Interessen irgendwelcher Art kommt dabei nicht in Frage, das ergibt sich aus dem oben über die Organisation des Verbandes Gesagten. Es wird auch hier völlige Objektivität gewahrt. Jeder, der sich um das Zeichen bewirbt, hat Anspruch darauf, es zu erhalten, wenn insbesondere die Bedingung erfüllt ist, daß der Gegenstand den Vorschriften entspricht. Eine Bevorzugung einzelner ist ausgeschlossen.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Betr. XXXIV. Jahresversammlung des VDE in Aachen 1929.

Die gesamten Veranstaltungen der 1. Verbandsversammlung am Montag, dem 8. Juli 1929, in Aachen, und zwar die Eröffnungsansprache des Vorsitzenden, die Begrüßungsansprachen der Gäste, der Vortrag des Ministerialdirektors i. R. Geh. Oberpostrat Dr.-Ing. E. h. Craemer über „Der Weltfernsprechverkehr" sowie die Ansprachen der befreundeten elektrotechnischen Vereine in Österreich, Ungarn und Holland werden durch die „Deutsche Welle" sowie die „Westdeutsche Rundfunk A. G." übertragen.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Nachstehend wird ein Entwurf zu einer Änderung des § 20 der „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V.E.Hz./1925", soweit er sich auf Gerätedosen bezieht, bekanntgegeben.

§ 20.

Erster Satz wie bisher.

Gerätedosen müssen in allen ihren Teilen die Mindesttemperatur von 300° während 3 h aushalten, ohne praktisch an elektrischer oder mechanischer Festigkeit einzubüßen.

Es ist beabsichtigt, diese Änderung des § 20 in die „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen", die zur Zeit einer Neubearbeitung unterzogen werden, später aufzunehmen.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis zum 1. September 1929 an die Geschäftstelle zu richten.

Unterkommission für Meßwandler.

Die in § 26 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern" genannten Bestimmungen der „Leitsätze für die Konstruktion und Prüfung von Wechselstrom-Hochspannungsapparaten von einschließlich 1500 V Nennspannung aufwärts" für die Lichtmaße und Prüfspannungen der Primärseite von Stromwandlern bleiben bis auf weiteres in Kraft unbeschadet des Umstandes, daß die genannten Leitsätze an sich am 1. Juli 1929 durch die am gleichen Tage in Gültigkeit getretenen „Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen R.E.H./1929" außer Kraft gesetzt worden sind.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär.
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Betrifft: Firmenkennfäden für isolierte Leitungen.

Der Firma Kabelfabrik und Drahtindustrie Aktiengesellschaft, Wien, ist das Recht erteilt worden, den dem VDE gesetzlich geschützten schwarz-roten Verbandskennfaden in Verbindung mit einem schwarz-grün verdrillten Firmenkennfaden in isolierten Leitungen, welche den Vorschriften des VDE für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen entsprechen, zu verwenden sowie die geschützte Bezeichnung „Codex" neben den Typenbezeichnungen dieser Leitungen zu führen.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

Abschluß des Heftes: 29. Juni 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 20 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Erdungsdrosseln für Starkstrom-gefährdete Fernmeldeleitungen.

Mitteilung der AEG.

Es ist bekannt, daß Einphasen-Wechselstromleitungen und unsymmetrische Drehstromleitungen in parallel verlaufenden Schwachstromleitungen Spannungen induzieren, die, wenn keine Schutzmaßnahmen getroffen sind, je nach dem Abstand der Leitungen und der Länge des Parallelverlaufs eine beträchtliche Höhe erreichen können. Dies gilt ganz besonders bei den Fernmeldeleitungen von Überlandzentralen und elektrisch betriebenen Bahnen, wo man aus mehrfachen Gründen gezwungen ist, in unmittelbarer Nähe der Starkstromleitungen zu bleiben; ferner auch bei den Fernmeldekabeln des öffentlichen Verkehrs, soweit es die örtlichen Verhältnisse nicht erlauben, außerhalb derartiger Gefahrzonen zu bleiben.

Zum Schutz derartiger Leitungen bringt die AEG eine Erdungsdrossel zur Anwendung (DRP. 455 108). Abb. 1 zeigt das Prinzipschaltbild. Die ausgezogenen Pfeile deuten die Stromrichtung der Sprechströme an, die gestrichelten Pfeile die Stromrichtung der induzierten Ströme. Die Drossel besteht aus zwei gleichen Wicklungen auf gemeinsamem Eisenkern, die so geschaltet sind, daß sich die Magnetfelder der Sprechströme addieren und die der induzierten Störströme einander aufheben. Die Störströme fließen über den geerdeten Mittelpunkt der Drossel zur Erde ab. Diese

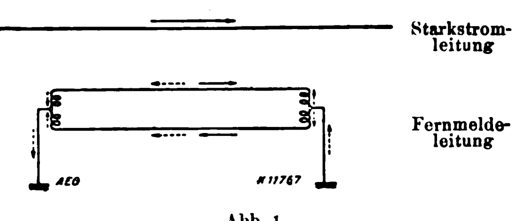


Abb. 1. Prinzipschaltbild der Erdungsdrosseln

Anordnung bewirkt, daß die Spannung der Aderenden gegen Erde nach dem Ohmschen Gesetz stets festgelegt ist als das Produkt aus der Stromstärke des induzierten Stromes und dem Kupferwiderstand der Drossel. An allen anderen Punkten der Leitung ist die Spannung geringer, sofern die Fernmeldeleitung auf der ganzen Länge zwischen beiden Drosseln gleichsinnig beeinflußt wird.

Die praktischen Verhältnisse bei derartigen Anlagen liegen nun meist so, daß relativ wenige, aber entfernt liegende Teilnehmer miteinander verkehren sollen, die ohne wesentliche Verzweigung entlang der Starkstromleitung liegen. Aus wirtschaftlichen Gründen kommen hier Vermittlungszentralen nicht in Frage; die Teilnehmer sind abschnittsweise an die gleiche Doppelleitung angeschlossen und verkehren mit Wähler-Anruf. Als Rufstrom dient Wechselstrom von etwa $16^2/_3$ bis 25 Per/s und etwa 100 V Spannung. Solche Anlagen sind insbesondere für die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft von der Firma Mix u. Genest für 15 Teilnehmer an einer Doppelleitung entwickelt worden.

Die Drosseln, die zwecks bester Ausnutzung ihrer Schutzwirkung unmittelbar parallel zu den Apparaten angelegt werden, müssen daher so bemessen sein, daß sie sowohl für die Sprechströme als auch die niederfrequenten Rufströme einen so großen Scheinwiderstand haben, daß die Sprechverständigung nicht beeinträchtigt wird und die Rufströme nicht unter die erforderliche Mindestspannung gedämpft werden. Der Ohmsche Widerstand und der Drahtdurchmesser müssen allen in Frage kommenden Belastungen durch die Induktionsströme Rechnung tragen.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse hat die AEG die in Abb. 2 dargestellte Drossel entwickelt.

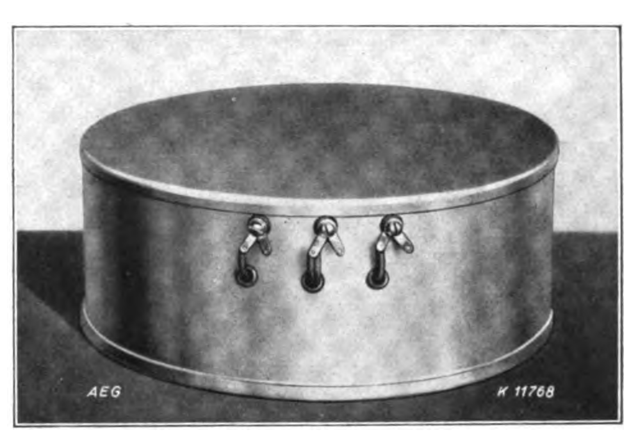


Abb. 2. Erdungsdrossel

Diese wird in Abständen von etwa 25 bis 30 km parallel zum nächstliegenden Apparat angeschlossen. Der Verlauf des Scheinwiderstandes bei Ruffrequenzen ist in Abb. 3 dargestellt. Bei der Auswahl des magnetischen Materials ist der Umstand ausgenutzt, daß diese hohen Scheinwiderstände bei niederen Frequenzen nur im Bereich von etwa 60 bis 100 V erforderlich sind. Material, Abmessungen und Wicklung wurden daher so gewählt, daß für die niederen Frequenzen der Anstieg der Permeabilität der Feldstärke voll ausgenutzt werden konnte.

Die Schutzwirkung der AEG-Drosseln erstreckt sich nun nicht nur auf die Doppelleitungen, in die sie eingeschaltet sind, sondern, was besonders für Bahnanlagen wichtig ist, auch auf benachbarte Telegraphen- und Signalleitungen im gleichen Kabel, da die von dem induzierten Strom durchflossenen Leitungen als „Kompensationsleiter" wirken und so die früher vorgeschlagene kostspielige Unterbringung besonderer Kupferleiter im Kabel entbehrlich machen.

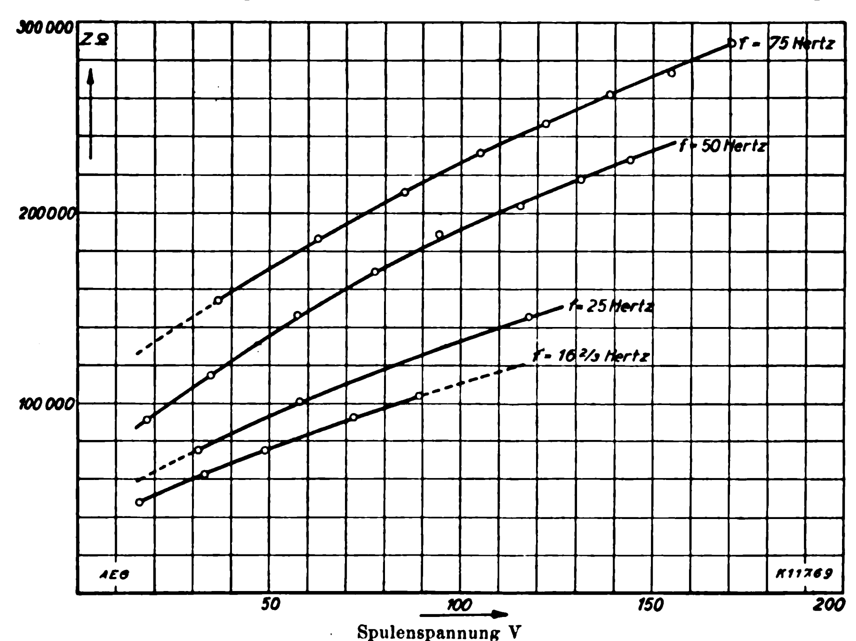


Abb. 3. Scheinwiderstandskurve der Erdungsdrossel


Dr. Siegfr. Guggenheimer
Aktiengesellschaft Nürnberg 19
Fabrik elektrischer Messgeräte

50. JAHRGANG

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

28. HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
(1005—1036) 11. JULI 1929

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
50. Jahrgang Berlin, 11. Juli 1929 Heft 28

Das Schalten großer Leistungen*.

Von **Fritz Kesselring**, Berlin.

Übersicht. Durch Gegenüberstellung eines entladungsfreien und eines entladungsbehafteten Stromkreises wird an Hand einer hydraulischen Analogie gezeigt, daß Stromkreise mit Entladungen sich nicht mehr geschlossen mathematisch behandeln lassen. Daher wird das Einschaltproblem in Teilvorgänge aufgelöst und jeder einzeln behandelt. Die bekannten Messungen an stationären Lichtbogen werden durch Messungen bei großer Stromstärke erweitert sowie die Bedingungen für das Erlöschen eines Wechselstromlichtbogens abgeleitet. Die Anwendung dieser Überlegungen führte zur Konstruktion brauchbarer Schaltstücke für Ölschalter sowie zu vollkommen neuartigen Hochleistungs-Luftschaltern, von denen drei verschiedene Systeme genauer beschrieben werden.

1. Der entladungsfreie und der entladungsbehaftete Stromkreis.

Das Verhalten entladungsfreier elektrischer Stromkreise läßt sich mit Hilfe der Maxwellschen Theorie in einer Klarheit übersehen, wie sie in der Physik wohl einzig dasteht. Sowie jedoch Entladungen auftreten, und dies ist gerade bei den Problemen der Hochspannungs- und Hochleistungstechnik recht oft der Fall, versagt diese Theorie. Man ist gezwungen, die Erkenntnisse der Elektronentheorie und vor allem das Experiment hinzuzuziehen.

Um dieses eigenartige gegensätzliche Verhalten der beiden genannten Theorien verstehen zu können, ist es nötig, sich ganz kurz ihre Grundannahmen zu vergegenwärtigen. Beide Theorien gehen von der Existenz eines elektromagnetischen Feldes aus. Die **Maxwellsche Theorie** ordnet nun den beiden Grundvektoren $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{H}$ je eine Strömung zu, u. zw. geschieht diese Zuordnung in der denkbar einfachsten Weise, indem die elektrische Strömung $\mathfrak{i}_e$ proportional der elektrischen Feldstärke $\mathfrak{E}$, die magnetische Strömung $\mathfrak{i}_m$ proportional der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}$ gesetzt wird:

$$\mathfrak{i}_e = \varkappa \mathfrak{E}$$
$$\mathfrak{i}_m = \mu \mathfrak{H}.$$

Die beiden Hauptgleichungen der Maxwellschen Theorie sagen lediglich aus, daß die beiden Strömungen nicht unabhängig voneinander sondern im wahrsten Sinne des Wortes miteinander verkettet sind. Als weitere Voraussetzung gilt für diese Strömungen das Kontinuitätsgesetz, d. h. die Divergenz von i ist in jedem Punkt der Strömung Null. Daraus geht hervor, daß die beiden Maxwellschen Strömungen eine vollständige Analogie zur Flüssigkeitsströmung unterhalb der kritischen Geschwindigkeit aufweisen, denn auch in diesem Falle ist die Stromdichte bzw. die Strömungsgeschwindigkeit proportional dem Druckgefälle und die Divergenz ist Null. Wesentlich für die Universalität der Maxwellschen Theorie ist der Umstand, daß es nicht nötig ist, irgendwelche Annahmen über die Art des strömenden Mediums zu machen. Dieser große Vorzug hat anderseits zur Folge, daß die Maxwellsche Theorie bei Entladungsvorgängen versagt.

Die **Elektronentheorie** betrachtet es als ihre Hauptaufgabe, die Bewegung der kleinsten elektrisch geladenen Teilchen unter dem Einfluß des elektromagnetischen Feldes zu ermitteln. Sie benötigt dabei noch die Gesetze der klassischen Mechanik, Gaskinetik und der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Auch im Gebiet der Elektronentheorie spricht man von einer Strömung, dem sog. „Konvektionsstrom", welcher unterhalb einer bestimmten Grenzgeschwindigkeit der bewegten Teilchen ebenfalls das Charakteristische einer Flüssigkeitsströmung aufweist. Bei bestimmter Geschwindigkeit erlangen jedoch die bewegten Teilchen die Fähigkeit, durch Stoßionisation neue Ladungsträger zu bilden, so daß die Divergenz der Strömung dann nicht mehr Null ist.

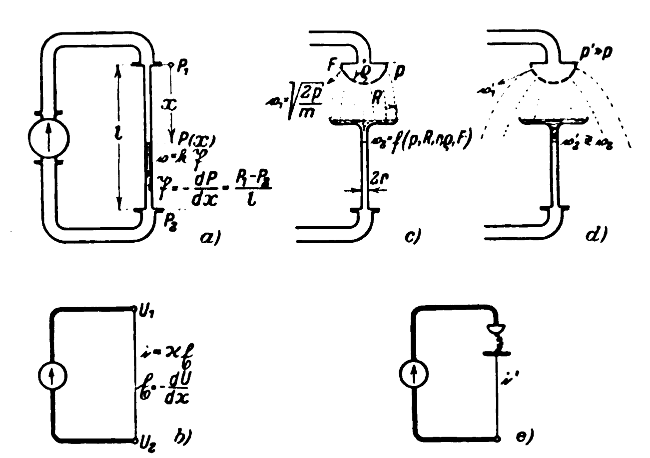


Abb. 1. Entladungsfreier und entladungsbehafteter Stromkreis.

Ich möchte Ihnen nun das Wesen des entladungsfreien (Maxwellschen) und entladungsbehafteten (elektronentheoretischen) Stromkreises an Hand einer hydraulischen Analogie etwas näher erläutern. In Abb. 1a wird von einer Pumpe Flüssigkeit nach dem Punkte P_1 des Rohres P_1P_2 gepreßt. Der ganze Druckabfall zwischen P_1 und P_2 betrage $P_1 - P_2$ [at]. Dann ist das Druckgefälle

$$\mathfrak{P} = -\frac{d P}{d x} = \frac{P_1 - P_2}{l}.$$

Für die Strömungsgeschwindigkeit findet man im Gebiet unterhalb der kritischen Geschwindigkeit

$$\mathfrak{v} = k\,\mathfrak{P}.$$

Die Konstante k stellt die Leitfähigkeit des Rohres P_1P_2 dar und berechnet sich gemäß folgender Formel:

$$k = \frac{r^2}{\xi}.$$

Darin bedeutet r den Radius des Rohres und ξ den Zähigkeitskoeffizienten. In Abb. 1b ist der 1a entsprechende elektrische Stromkreis aufgezeichnet. Aus den dazu geschriebenen Beziehungen ist die Analogie ohne weiteres ersichtlich.

Abb. 1c zeigt einen Flüssigkeitsstromkreis, bei dem die Flüssigkeit aus einer halbkugelförmigen Brause mit dem Radius ϱ durch Öffnungen mit dem Querschnitt F austritt und von einem darunterliegenden Teller mit dem Radius R wieder aufgefangen wird. Die Aufgabe, die Strömungsgeschwindigkeit $\mathfrak{v}_2$ in dem Abflußrohr des Tellers zu bestimmen, ist nun außerordentlich viel schwieriger, als dies bei der Anordnung gemäß Abb. 1a der Fall war. Eine direkte Beziehung zwischen der durch dieses Rohr fließenden Flüssigkeitsmenge und dem Druck, den

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 18. XII. 1928. Die Besprechung erscheint demnächst.

die Pumpe liefert, besteht nicht mehr, denn wie Abb. 1 d zeigt, erreichen bei höherem Druck nicht mehr alle Wassertröpfchen den Teller sondern ein Teil des Wassers fließt an dem Teller vorbei, d. h. es kann sogar der Fall eintreten, daß mit höherem Druck die Flüssigkeitsmenge in dem Abflußrohr abnimmt. Dieser Fall würde einer Gasentladung mit fallender Charakteristik entsprechen. Wie aus Abb. 1 c und 1 d hervorgeht, ist es zur Berechnung von $\mathfrak{v}_2$ notwendig, die Bahn jedes einzelnen Wassertröpfchens zu ermitteln und festzustellen, ob diese Bahn noch innerhalb des Tellers mündet oder daran vorbei geht. Die Geschwindigkeit ist daher eine komplizierte Funktion des Druckes, des Tellerradius, des Krümmungsradius der Brause, der Durchtrittsöffnungen der Brause usw. Ich glaube, daß man schon an dieser einfachen Gegenüberstellung einer Flüssigkeitsströmung gemäß Abb. 1 a und 1c ersehen kann, wie außerordentlich kompliziert die Probleme der entladungsbehafteten Stromkreise sind. Ein Stromkreis gemäß Abb. 1 e, in dem sich eine Entladung, z. B. ein Lichtbogen, befindet, bietet daher unendlich viel größere Schwierigkeiten als die komplizierteste Anordnung ohne Entladung. Bei unseren weiteren Betrachtungen sind wir deshalb gezwungen, wesentliche Vereinfachungen einzuführen; sehr oft werden wir nur Teilprobleme behandeln können und müssen dieselben dann zum Teil gefühlsmäßig in das Gesamtbild einordnen.

2. Das Einschalten großer Leistungen.

Ein elektrischer Stromkreis kann sich in vier Betriebszuständen befinden, nämlich: Er ist geschlossen oder er ist offen; beide Betriebszustände fallen in das Gebiet der Maxwellschen Stromkreise und sollen deshalb nicht weiter erläutert werden. Ferner: Der Stromkreis wird geschlossen oder wird geöffnet. Bei diesen vorübergehenden Zuständen treten im allgemeinen Entladungen auf, mit denen wir uns im folgenden näher beschäftigen müssen. Wir beginnen mit dem Einschalten, u. zw. aus folgendem Grund:

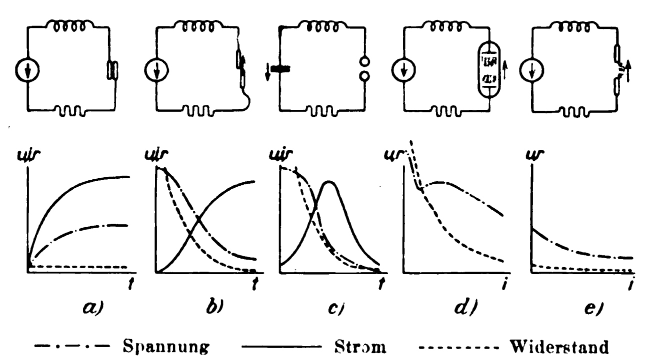


Abb. 2. Einschaltvorgänge.

Beim Einschalten kann bei Annäherung der Elektroden eine Entladung in Form eines Funkens oder Lichtbogens entstehen. Diese Entladung wird jedoch beim Aufeinandertreffen der Elektroden zwangsmäßig zum Erlöschen gebracht, falls der Strom nicht außerordentlich groß ist, so daß dadurch Komplikationen entstehen. Daraus folgt: Die Entladung ist für den Ablauf des Einschaltvorganges nur von untergeordneter Bedeutung. Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Ausschalten, denn die Beendigung des Ausschaltvorganges hängt einzig und allein von dem Abklingen bzw. Erlöschen des Entladungsvorganges ab. Der Ausschaltvorgang ist wesentlich bestimmt durch das Verhalten der Entladung.

In Abb. 2 a ... e sind fünf verschiedene Arten des Einschaltens zusammengestellt. Abb. 2 a entspricht dem Einschalten eines Niederspannungsstromkreises. Der Widerstand r geht bei Berührung der Kontakte von seinem Wert ∞ auf den Übergangswiderstand R zurück, die Spannung u zwischen den Kontakten und der Strom i steigen nach einer Exponentialfunktion an. Abb. 2 b ist insofern geändert, als die Kontaktstücke aufeinander gleiten, wobei vorausgesetzt wird, daß die Leitfähigkeit zwischen den Kontakten proportional ihrer Berührungsfläche sei, woraus man für die zeitliche Abhängigkeit des Übergangswiderstandes das Gesetz

$$r = \frac{R\,T}{t} = \mathrm{f}\,(t)$$

erhält, welches als Schaltfunktion bezeichnet wird. Der Verlauf von Widerstand, Spannung und Strom entspricht im wesentlichen Abb. 2 a, nur sind alle Übergänge jetzt stetig. Abb. 2 c zeigt die Einschaltung über eine Funkenstrecke. Der Widerstand der Entladung berechnet sich nach dem Toeplerschen Gesetz zu

$$r = \frac{R}{\int i\,dt} = \mathrm{f}\,(i, t)^{*1}.$$

u, i und r verlaufen bis zum Maximum von i ähnlich wie in Abb. 2 b. Das Abklingen des Stromes hängt damit zusammen, daß der Kondensator sich entlädt. In den Abb. 2 d und 2 e sind schließlich Stromkreise mit Glimm- bzw. Lichtbogenentladung angedeutet. Es wäre aber ein ganz unmöglicher Versuch, bei diesen Stromkreisen den zeitlichen Verlauf von u, i und r anzugeben, denn wir wissen über die stationären Vorgänge noch derart wenig, daß es vollkommen unmöglich ist, Aussagen über die Ausgleichvorgänge im Gebiet dieser Entladungsformen zu machen. Es sind deshalb nur die Charakteristiken dieser Entladungen und der Verlauf des Widerstandes in Funktion des Stromes aufgetragen. Man sieht, und dies ist für unsere weiteren Betrachtungen von Wichtigkeit, daß im Gebiet der Glimmentladung (Abb. 2 d) mit zunehmendem Strom die Spannung an der Entladung zunächst absinkt, dann ein Minimum erreicht und über ein experimentell nur schwierig verfolgbares Gebiet stetig in die Lichtbogenspannung übergeht. Der Widerstand nimmt dauernd ab und erreicht bei Bogenentladungen großer Stromstärke sehr kleine Werte. Über die Schaltfunktion können wir nur das eine aussagen, daß sie sicherlich von sehr vielen Größen abhängt. Neben den elektrischen Größen werden Druck, Temperatur, Luftströmung, Elektrodenmaterial usw. eine ausschlaggebende Rolle spielen.

Vergegenwärtigen wir uns die Vorgänge, welche beim Einschalten eines Schaltgerätes vorsichgehen, so spielen sie sich in folgender Reihenfolge ab: Bei Annäherung der Elektroden tritt zunächst ein Funkenüberschlag (Abb. 2 c) auf, der über eine Glimmentladung (Abb. 2 d), welche meist vollkommen verkümmert ist, in die Lichtbogenentladung (Abb. 2 e) übergeht. Dann kommen die Schaltstücke zur Berührung und gleiten aneinander entlang, welcher Vorgang Abb. 2 b entspricht. Schließlich ist der vollständige Kontaktschluß gemäß Abb. 2 a erreicht, d. h. bei jedem Einschaltvorgang können die in Abb. 2 zusammengestellten Teilvorgänge auftreten, wobei sie sich im allgemeinen in der Reihenfolge: c — d — e — b — a abspielen. Eine geschlossene mathematische Lösung des geschilderten Einschaltvorganges, welche ausgehend von der Aufstellung der Grundgleichung unter Berücksichtigung der Anfangs- und Randbedingungen das Problem löst, ist vorläufig vollkommen aussichtslos. Wir müssen daher von dem Hilfsmittel Gebrauch machen, die Teilvorgänge einzeln zu diskutieren, um dann diese Teilergebnisse zu einem Gesamtbild zusammenzusetzen. Wenn diese Art der Betrachtungsweise auch nicht vollkommen streng ist, so gestattet sie doch, einen tieferen Einblick in den Ablauf des Einschaltvorganges zu gewinnen.

Wir beginnen mit der Funkenentladung. Ihre Theorie ist durch die Untersuchungen von Townsend und Schumann, sofern es sich um den Durchschlag von gasförmigen Medien handelt, zu großer Vollkommenheit entwickelt worden. Hingegen besteht zwischen dem auf Grund dieser Theorie berechneten zeitlichen Verlauf einer Funkenentladung und dem Experiment noch eine große Diskrepanz. Die Entladungen verlaufen rund tausendmal schneller, als es die Theorie voraussagt. Es erscheint jedoch aussichtsreich, durch Hinzuziehung der angeregten Atomverbände zur Ausbildung der Elektronenwolke beim Durchschlag diese Schwierigkeit zu beseitigen.

Die Glimmentladung stellt diejenige Entladungsform dar, über die wir am besten informiert sind. Spannungs-, Feld- und Raumladungsverteilung einer normalen Glimmentladung sind in Abb. 3 zusammengestellt. Man sieht, daß die Spannung, ausgehend von der Kathode, zunächst stark ansteigt, dann längs des Faradayschen Dunkelraumes annähernd konstant bleibt, um längs der positiven Säule proportional anzusteigen. Kurz vor der Anode zeigt sich im allgemeinen nochmals eine größere Zunahme der Spannung; dem Kathoden- und Anodenfall entsprechen Höchstwerte der elektrischen Feldstärke $\mathfrak{E}$. Insbesondere besteht direkt vor der Katode ein sehr hohes elektrisches Feld. Der so gekennzeichneten Feldverteilung entspricht die senkrecht schraffierte Verteilung der Raumladung. Für unsere weiteren Betrachtungen ist vor allem die Erkenntnis von Wichtigkeit, daß sich vor der Kathode eine große positive Raumladung befindet. Die Entstehung dieser Raumladung kann man folgendermaßen plausibel machen. Die unmittelbar vor der Kathode liegenden

[1] Toepler, Ann. Phys. Bd. 21 (1906), S. 220. Schumann, El. Durchbruchfeldstärke von Gasen. Verlag Julius Springer, Berlin 192. enthält a. S. 94 umfangreiches Literaturverzeichnis.

Elektronen werden beschleunigt und erhalten nach Durchlaufen einer gewissen Weglänge eine so große Geschwindigkeit, daß sie durch Stoßionisation weitere Elektronen abspalten. Da die Masse der so entstehenden Ionen ungemein viel größer ist als die der Elektronen, bewegen sich diese nur ganz langsam gegen die Kathode, d. h. es muß tatsächlich vor der Kathode eine Wolke von Ionen sich befinden, durch die die positive Raumladung gegeben ist. Wir hatten an Hand der Abb. 2d und e gesehen, daß die Glimmentladung bei Steigerung des Stromes stetig in die Lichtbogenentladung übergeht. Diesem stetigen Übergang folgen auch die Kurven der Abb. 3. Die Gesamtspannung verringert sich, ebenso geht der Kathodenfall zurück und kann kleinste Werte bis zu etwa 12 V erreichen. Der charakteristische Verlauf bleibt jedoch der gleiche.

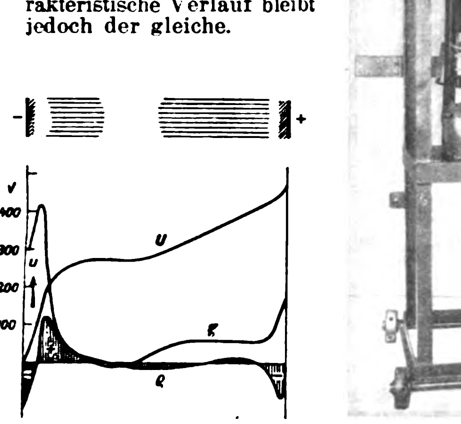


Abb. 3. Glimmentladung. Verlauf von Spannung U, Feldstärke $\mathfrak{E}$ und Raumladung ϱ.

Abb. 4. Ölschalter nach Einschalten von etwa 130 000 A.

Wir kommen nun zum Gleiten der Kontakte gemäß Abb. 2 b. Sofern es sich um kleinere Stromstärken handelt, läßt sich dieser Vorgang mit Leichtigkeit übersehen. Hingegen ist es bekannt, daß bereits die Vorgänge an Kommutatoren rechnerisch sich kaum mehr übersehen lassen. Erst neuerdings bricht sich die Auffassung Bahn, daß die bei der

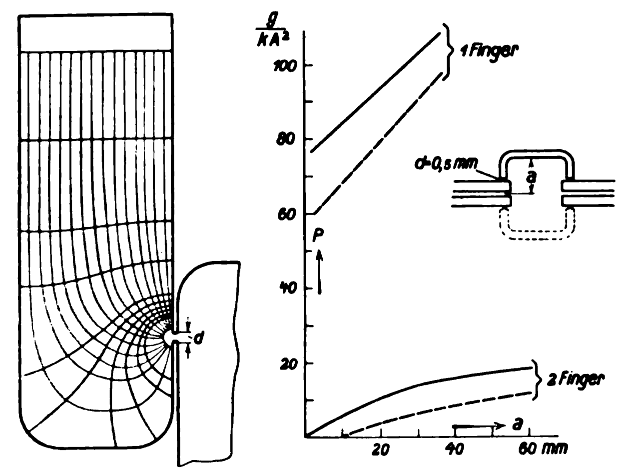


Abb. 5. Kontaktabhebung durch elektrodynamische Einwirkung.

Kommutation beobachteten Schwierigkeiten zum Teil gleicher Art sind wie diejenigen beim Einschalten großer Ströme. Schaltet man nämlich Ströme in der Größenordnung von 50 ... 150 000 A ein, so zeigen sich bei Verwendung normaler Schaltstücke verheerende Wirkungen. Bei dem Ölschalter der Abb. 4 sind nach Einschalten von etwa 130 000 A die Schaltstücke und Stromverbindungsbrücken abgebrochen, der Isolationszylinder zerstört und der Kessel abgetrieben worden. Nachdem wir festgestellt hatten, daß eine Verstärkung bzw. Vermehrung der Anzahl der Kontaktfinger praktisch wirkungslos blieb, haben wir uns entschlossen, den Einschaltvorgang systematisch zu untersuchen, wobei wir mit der elektrodynamischen Kontaktabhebung infolge Stromzusammendrängung im Berührungspunkt begannen. Abb. 5 zeigt links eine experimentelle Aufnahme der Stromverteilung in einem Schaltstück, wobei angenommen wird, daß der Berührungspunkt der beiden Kontakte einen Durchmesser d aufweist. Es ist ohne weiteres klar und in der Literatur[2] schon vielfach erwähnt worden, daß durch diese Stromverteilung beträchtliche abstoßende Kräfte hervorgerufen werden. Da ihre Berechnung schwierig und wenig zuverlässig ist, haben wir versucht, durch Messungen Einblick in die Verhältnisse zu gewinnen. Abb. 6 zeigt die bei den Versuchen

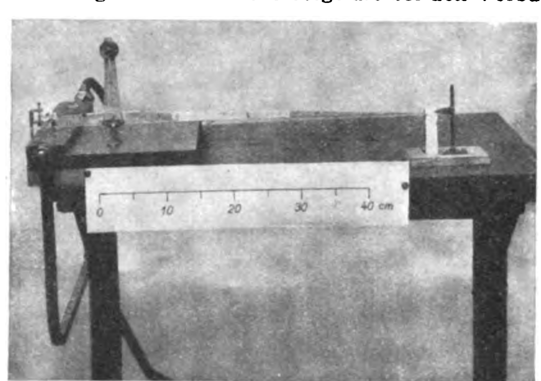


Abb. 6. Waage zur Bestimmung der elektrodynamischen Kräfte beim Einschaltvorgang.

verwendete Waage nebst dem Stromkreis. Die kleinen Bügel am linken Ende des Waagebalkens tauchten in Quecksilbernäpfe ein. Der Durchmesser der eintauchenden Stifte konnte in weiten Grenzen verändert werden, ebenso das Maß a in Abb. 5. Die ersten Meßreihen wurden mit einem einzigen Bügel durchgeführt, welcher sich entweder in der ausgezogenen oder punktierten Lage befand. Vorausgesetzt ist, daß sich die Hauptstromschleife so schließt, daß der punktierte Bügel innerhalb, der ausgezogene außerhalb der Schleife liegt. Dieser Anordnung entsprechend müssen die Kräfte auf den ausgezogenen bzw. punktiert gezeichneten Bügel verschieden sein, was durch die Kurven in der gleichen Strichart wiedergegeben wird. Man findet so z. B. bei $a = 20$ mm, $d = 0{,}5$ mm und $e = 10\,000$ A pro Finger eine abhebende

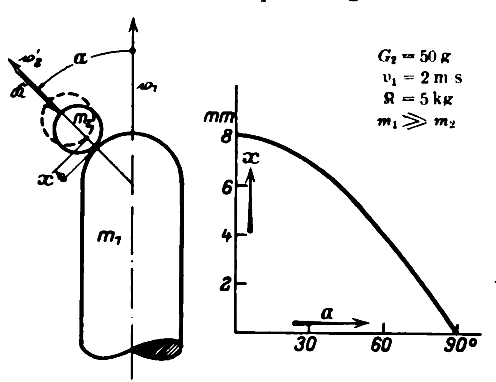


Abb. 7. Kontaktabhebung durch Stoß.

Kraft von 9,6 kg auf den äußeren Bügel. Die Verhältnisse ändern sich jedoch sofort grundlegend, falls man zwei Finger gegenüber anordnet, wie dies ja bei beinahe allen Fingerschaltstücken der Fall ist. Die Kräfte gehen dann auf einen Bruchteil zurück, wie aus den unteren Kurven zu ersehen ist. Bei richtiger Wahl des Maßes a ist es sogar möglich, die abhebende Kraft vollständig zu kompensieren. Macht man das Maß a noch kleiner, so werden die Bügel bzw. die Kontaktfinger bei jeder Stromstärke angepreßt.

Auf Grund dieser Erkenntnis wurden Versuche mit Schaltstücken älterer Konstruktion durchgeführt, bei denen die Verhältnisse so lagen, daß eine anziehende Wirkung der Kontaktfinger auftreten mußte. Diese Versuche haben ergeben, daß eine Besserung auftritt. Ein einwandfreies Einschalten war aber über den ganzen Strombereich nicht möglich, es traten noch starke Verbrennungen ein. Die Untersuchungen wurden unter Hinzuziehung der Zeitlupe durchgeführt, wobei sich folgende für die Wei-

[2] Brühlmann, Bull. SEV Bd. 16, S. 81. — Roth, Hochspannungstechnik, Verlag Julius Springer, Berlin 1928. — Kopeliowitsch, ETZ 1928, S. 676.



terentwicklung äußerst wichtigen Erscheinungen herausstellten. Die Auswertung des Filmes zeigte ganz klar, daß auch bei stromlosem Einschalten Kontaktabhebungen auftraten, welche sich in Form schwach gedämpfter Schwingungen bemerkbar machten. W. Estorff hat schon wesentlich früher ähnliche Beobachtungen mit Hilfe des Oszillographen gemacht, wobei sich zeigte, daß auch beim Einschalten geringer Ströme eine von Null verschiedene Einschaltarbeit auftrat. Von ihm stammt der

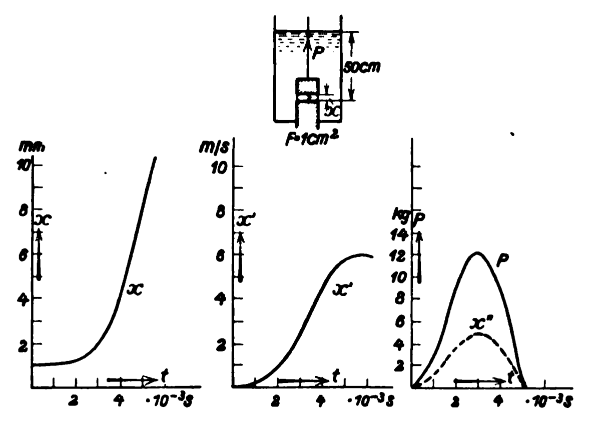
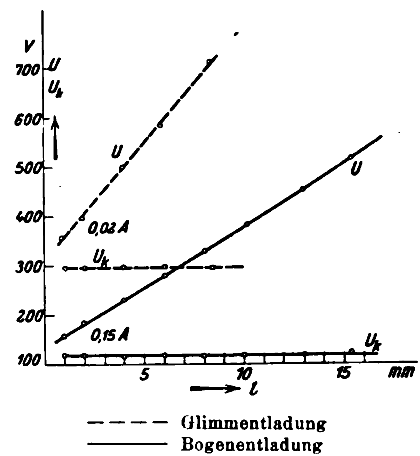


Abb. 8. Kontaktabhebung durch Gasentwicklung.

Vorschlag, diese Schwingungen durch Anordnung einer Stoß- bzw. Reibungsdämpfung zu unterdrücken. Dieser Vorschlag war zunächst infolge konstruktiver Schwierigkeiten kaum anwendbar erschienen, wurde jedoch wieder aufgegriffen und führte zu einem vollen Erfolg.



– – – – Glimmentladung
——— Bogenentladung

Abb. 10. Einfluß des Elektrodenabstandes l auf Kathodenfall U_k und Gesamtspannung U (nach Wehrli[3]).

Welche verheerenden Folgen die Kontaktabhebung durch Stoß haben kann, soll an Hand der einfachen Anordnung gemäß Abb. 7 erläutert werden. Der bewegliche Kontaktstift hat zusammen mit der Traverse des Ölschalters die verhältnismäßig große Masse m_1, gegenüber der die Masse m_2 des kugelförmigen, feststehenden Kontaktfingers sehr klein ist. Der Kontaktstift bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 2 m/s gegen den Kontaktfinger m_2, welcher durch eine Feder mit 5 kg angepreßt wird. Bei Annahme eines rein elastischen Stoßes wird dem Kontaktfinger m_2 beim Zusammentreffen eine Anfangsgeschwindigkeit von

$$\mathfrak{v}_2 = 2\,\mathfrak{v}_1 \cos\alpha$$

erteilt. Die kinetische Energie wird in potentielle Energie, welche sich in der Kontaktfeder aufspeichert, umgewandelt. Aus der Gleichheit dieser beiden Energien berechnet man eine Kontaktabhebung, wie sie in Abb. 7 aufgetragen ist. Man sieht, daß bei zentrischem Stoß der bewegliche Kontakt bis zu 8 mm abgehoben wird, während nur bei genau tangentialem Stoß keine Abhebung auftritt. Dieser Fall läßt sich jedoch praktisch nie verwirklichen. Wird die Bewegung von m_2 gedämpft, entweder durch Reibung an festen oder flüssigen Körpern, so läßt sich in einfacher Weise erreichen, daß die Kontaktabhebung vollkommen verschwindet. Die Größe der Dämpfung ist der Rechnung ohne weiteres zugänglich.

Bei ungedämpften Kontakten tritt jedoch noch eine weitere Schwierigkeit hinzu. Sowie auch nur die geringste Kontaktabhebung auftritt, entsteht zwischen den getrennten Kontakten ein Lichtbogen. Dieser Lichtbogen erzeugt Gase, welche sich zwischen den Kontaktflächen ausbreiten und einen bestimmten Druck auf die Kontakte

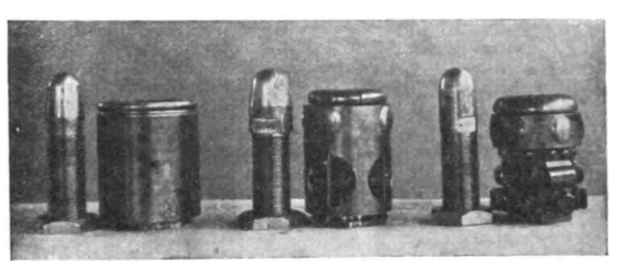


Abb. 9. Richtig bemessene Schaltstücke nach fünfmaliger Einschaltung von Strömen bis zu 80 000 A.

ausüben. An Hand der Anordnung Abb. 8 habe ich eine einfache Rechnung durchgeführt, um die kontaktabhebenden Kräfte infolge Gasentwicklung zu ermitteln. Dabei wurde angenommen, daß sich der bewegliche Kontakt in 1 mm Entfernung vom feststehenden befindet. Die Einschaltarbeit verläuft im wesentlichen nach einer Kosinuslinie, die Gasmenge in heißem Zustand ist der Arbeit in erster Annäherung proportional. Zusammen mit dem Newtonschen Gesetz ergibt sich dann für den Ablauf des Vorganges eine nichtlineare Differentialgleichung zweiter Ordnung, welche man jedoch ohne große Mühe graphisch lösen kann. Das Ergebnis ist in Abb. 8 für die dort angegebenen Annahmen zusammengestellt. Man sieht, daß sich der Kontakt zunächst kaum und dann schneller und schneller vom feststehenden entfernt. Die maximale abhebende Kraft P erreicht einen Wert von etwa 13 kg.

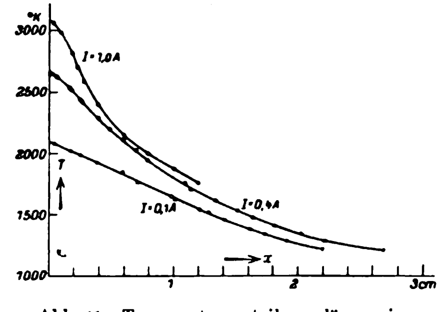
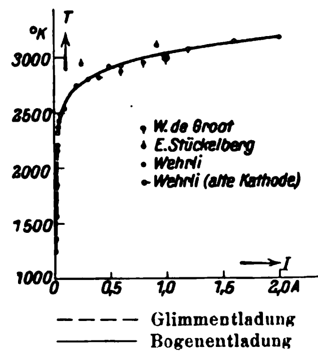


Abb. 11. Temperaturverteilung längs einer Stabelektrode (nach Wehrli).



– – – – Glimmentladung
——— Bogenentladung

Abb. 12. Temperatur der Kathode.

Dieser Höchstwert der Kraft wird nach $3 \cdot 10^{-3}$ s erreicht. Es ist ohne weiteres klar, daß die Kontaktabhebung durch Gasentwicklung sofort verschwindet, falls es durch richtige Dämpfung der Kontaktfinger gelingt, eine erstmalige Trennung bei der Berührung zu verhüten.

Daß die geschilderten Überlegungen richtig sind, zeigte der Versuch mit Schaltstücken, welche elektrodynamisch abgeglichen und hydraulisch gedämpft waren. Mit den in Abb. 9 zusammengestellten Kontakten wurden fünfmal hintereinander Ströme bis zu 80 000 A eingeschaltet, ohne daß sich dabei nennenswerter Abbrand und Gasentwicklung zeigten. Bei dem vielfingrigen Schaltstück konnte überhaupt keine Spur von Abbrand mehr festgestellt werden, ein Ergebnis, das selbst unsere kühnsten Erwartungen übertroffen hat.

Man könnte denken, daß nun nach vollendeter Einschaltung sämtliche Schwierigkeiten überwunden sind, dies trifft jedoch nicht zu, denn man macht unter Umständen die Beobachtung, daß zwar die Einschaltung an sich einwandfrei verlaufen ist, daß jedoch ein Ausschalten des Schalters nicht mehr möglich ist infolge Zusammenklebens der Schaltstücke. Unsere Untersuchungen haben klar gezeigt, daß es für jedes Schaltstück einen sog. Klebestrom gibt. Wird dieser kritische Stromwert überschritten, so schweißen die Kontakte zusammen; unterhalb dieses Stromes lassen sie sich ohne Schwierigkeiten tren-

[3] Wehrli, Helvetica physica acta Bd. 1, S. 323.



nen. Aus grundlegenden Untersuchungen von Holm[4], welche im Forschungslaboratorium des Siemens-Konzerns durchgeführt wurden, geht hervor, daß diese Erscheinung restlos aus der Spannung zwischen den Schaltstücken beim Stromdurchgang erklärt werden kann. Holm hat nämlich das wichtige Gesetz bewiesen, daß die Temperaturverteilung in den Kontakten und die Verteilung der elektrischen Feldstärke, abgesehen vom Maßstab, übereinstimmen. Einer bestimmten Spannung zwischen den Kontakten entspricht deshalb eine bestimmte Temperatur. Das Zusammenkleben tritt auf in dem Moment, in dem das Material schmilzt bzw. anfängt zu sintern. Dieser Temperatur entspricht eine ganz bestimmte Feldverteilung und damit ein kritischer Spannungsabfall an der Berührungsstelle.

Nachdem diese Verhältnisse sich auf Grund dieser Theorie und einer großen Zahl von Versuchen bei großer Stromstärke geklärt haben, war es möglich, die Schaltstücke auch bezüglich des Klebestromes richtig zu dimensionieren. Damit haben wir alle Vorgänge, welche beim Einschalten auftreten können, gestreift und gesehen, daß die richtige Anwendung der Erkenntnisse zu brauchbaren Konstruktionen geführt hat.

3. Das Ausschalten großer Leistungen.

Wir hatten bereits unter 2. erwähnt, daß der Ausschaltvorgang wesentlich bestimmt ist durch das Verhalten der Entladung. Um den Entladungsvorgang in einem für das Ausschalten günstigen Sinne steuern zu können, ist es daher erforderlich, möglichst genau den Mechanismus der Entladung zu kennen. Leider sind aber die Vorgänge, wie ich an Hand der Abb. 1 zu erläutern versuchte, derart verwickelt, daß es bis heute nicht gelungen ist, eine geschlossene Theorie der Bogenentladung aufzustellen. Immerhin sind schon Ansätze dazu vorhanden, welche gestatten, den Vorgang in großen Zügen zu beschreiben. Die Lichtbogentheorie geht im wesentlichen von zwei Grundgesetzen aus, nämlich dem Energiesatz und dem Poissonschen Satz. Die sich daraus ergebenden Schlußfolgerungen sind aber noch so unsicher, daß wir uns nicht mit ihrer Diskussion aufhalten wollen sondern uns gleich den durch das Experiment sichergestellten Ergebnissen zuwenden.

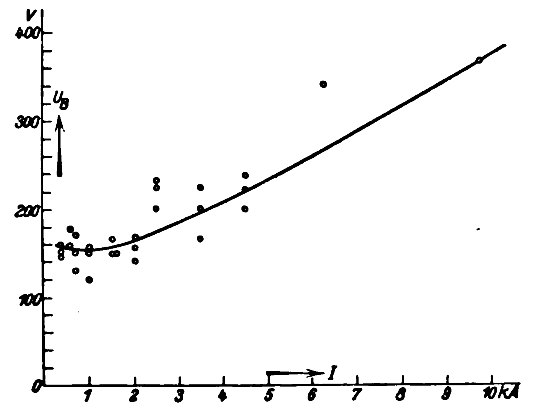


Abb. 13. Charakteristik eines Wechselstromlichtbogens in Luft.

Dabei sollen zunächst einige Messungen der Physik angeführt werden, welche sich über Strombereiche bis zu etwa 2 A erstrecken[5]. Im Anschluß daran erläutern wir Messungen bei großen Strömen bis zu 10 000 A. Durch Vergleich der beiden Messungen soll geprüft werden, inwieweit die Meßresultate der Physik ohne Fehler auf das Verhalten des Lichtbogens bei großen Strömen angewendet werden dürfen. Abb. 10 zeigt klar, daß sowohl im Gebiet der Glimm- als auch der Lichtbogenentladung der Kathodenfall unabhängig von der Lichtbogenlänge ist, während die Gesamtspannung am Lichtbogen mit sehr großer Genauigkeit proportional der Lichtbogenlänge ist. Den Zusammenhang zwischen Lichtbogenspannung und Strom hatten wir bereits an Hand der Abb. 2d und e erläutert. Als wesentliches Ergebnis hat es sich gezeigt, daß die Lichtbogenspannung mit zunehmendem Strom abnimmt. Abb. 11 vermittelt einen Einblick in die Temperaturverteilung längs einer stabförmigen Elektrode. Der Lichtbogenkrater befindet sich bei der Abszisse 0, die Temperatur fällt beim Eindringen in den Stab ab infolge der Wärmeabgabe an die Umgebung. Als Temperatur der Stirnfläche findet man bei 1 A Gleichstrom rd. 3100° abs. Weitere Messungen der Kathodentemperatur in Abhängigkeit vom Strom sind in Abb. 12 zusammengestellt, welche zeigt, daß mit zunehmendem Strom die Kathodentemperatur vollkommen stetig zunimmt. Auch im Verlauf der Temperatur zeigt sich ein stetiger Übergang von der Glimm- in die Lichtbogenentladung.

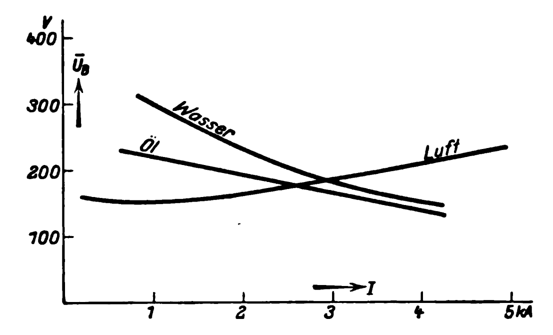


Abb. 14. Charakteristik eines Lichtbogens in Luft, Öl und Wasser.

Die Messungen bei großer Leistung konnten vorläufig nur bei Wechselstrom durchgeführt werden. Die Versuchsanordnung bestand aus einer Funkenstrecke mit stabförmigen Elektroden aus Kupfer von 20 mm Stärke. Die Elektroden waren verschiebbar auf zwei Stützisolatoren befestigt. Die Lichtbogenspannung und der Strom wurden oszillographisch gemessen. Die Genauigkeit ist deshalb nur eine begrenzte. Infolge der starken Beweglichkeit des Lichtbogens war insbesondere die Messung der Spannungsverteilung längs des Lichtbogens mit außerordentlichen Schwierigkeiten verbunden. Diese Kurven können deshalb nur einen rohen Einblick in die Verhältnisse vermitteln. Abb. 13, welche die Lichtbogenspannung in Funktion des Stromes bei Lichtbogen in Luft zeigt, bringt die erste Überraschung. Es zeigt sich, daß die Charakteristik in dem Gebiet von 1000 ... 10 000 A steigend ist, nur unterhalb von 1000 A hat sie Neigung, in fallenden Charakter überzugehen. Dieses Resultat ist für die Beurteilung der Vorgänge in Schaltapparaten von größter Wichtigkeit, denn im Gebiet fallender Charakteristik ist die Energie, welche im Schalter frei wird, nur in verhältnismäßig geringem Maße abhängig von der Schaltleistung. Sowie jedoch der Übergang zu konstanter bzw. steigender Charakteristik erreicht wird, steigt die Energie linear bzw. quadratisch mit der Leistung an, so daß auch die Beanspruchung in gleichem Maße wächst. Daraus erklärt sich das oft beobachtete enorme Ansteigen der Beanspruchung im Bereich der Grenzleistung. Abb. 14 enthält neben der Kurve der Abb. 13 noch zwei weitere Charakteristiken, von denen die eine in Öl, die andere in Wasser aufgenommen wurde. Man sieht, daß die Charakteristiken in Flüssigkeit noch schwach fallenden Charakter zeigen. Bei etwa 5 kA wird vermutlich das Minimum erreicht. Die Größenordnung der Lichtbogenspannung stimmt mit den Werten in Luft überein, der Minimumpunkt liegt jedoch vermutlich bei wesentlich höheren Stromwerten, was wahrscheinlich auf die erhöhte Kühlung der Elektroden zurückzuführen ist. Abb. 15 veranschaulicht das lineare Anwachsen der Lichtbogenspannung in Funktion der Lichtbogenlänge. Man sieht, daß das Gesetz der Linearität in einem Bereich von 0,15 ... 5000 A Gültigkeit hat. Es liegen vorläufig keine Anzeichen vor, daran zu zweifeln, daß dieses Gesetz auch für noch wesentlich größere Ströme anwendbar ist. Eine Gegenüberstellung der entsprechenden Messungen in Luft,

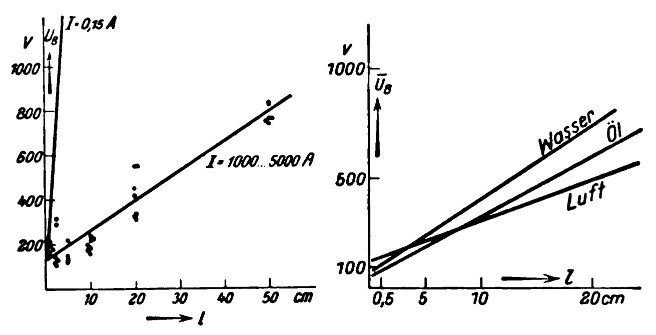


Abb. 15. Lichtbogenspannung und -länge in Luft.

Abb. 16. Lichtbogenspannung und -länge in Luft, Öl und Wasser.

[4] R. Holm u. E. Holm, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, S. 217.
[5] M. Wehrli, wie Fußnote 3.

Öl und Wasser enthält Abb. 16. Auch in Flüssigkeiten nimmt die Lichtbogenspannung proportional mit der Lichtbogenlänge zu.

Wie bereits erwähnt, war die Messung der Spannungsverteilung längs des Lichtbogens mit außerordentlich großen experimentellen Schwierigkeiten verknüpft. Einige Versuchsergebnisse an einem Lichtbogen in Luft, Öl und Wasser sind in Abb. 17 zusammengestellt. Der

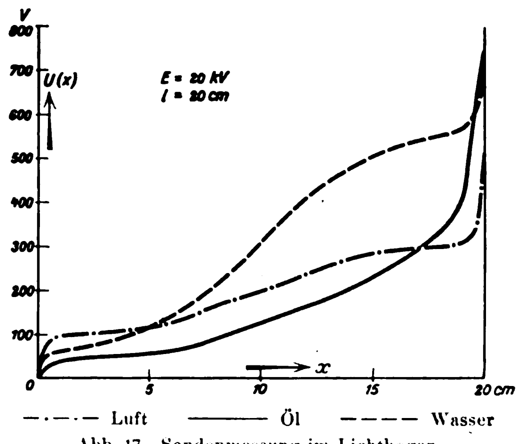


Abb. 17. Sondenmessung im Lichtbogen.

Nullpunkt der Abszisse war im Zeitpunkt der Messung Kathode, der Punkt 20 cm Anode. Ob die verhältnismäßig sehr großen Anodenspannungen tatsächlich vorhanden sind oder auf Störungen in der Sondenmessung, welche bekanntlich nicht besonders einwandfreie Resultate ergibt, zurückzuführen sind, läßt sich, bevor weitere Meßresultate vorliegen, nicht entscheiden. Eins aber zeigt diese Kurve mit aller Deutlichkeit. Der Spannungsverlauf längs des Lichtbogens stimmt in großen Zügen mit dem Spannungsverlauf einer Glimmentladung gemäß Abb. 3 überein. An den Elektroden liegen Gebiete hoher Feldstärke, dazwischen nimmt die Spannung annähernd proportional zu, d. h. ist die Feldstärke praktisch konstant. Zum Schluß haben wir noch untersucht, welchen Einfluß die EMK und die Frequenz der Stromquelle auf die Lichtbogenspannung ausüben. Die Messungen sind in den Abb. 18 und 19 zusammengestellt. Es zeigt sich, daß

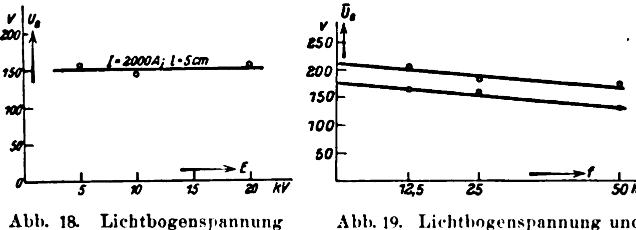


Abb. 18. Lichtbogenspannung und EMK des Stromkreises.

Abb. 19. Lichtbogenspannung und Frequenz.

weder die EMK noch die Frequenz einen nennenswerten Einfluß auf die Höhe der Lichtbogenspannung ausübt. Nach neueren Messungen scheint vor allem die Frequenzabhängigkeit der Lichtbogenspannung noch kleiner zu sein, als sie nach Abb. 19 erscheint.

Zusammenfassend können wir deshalb aussagen:

Die Lichtbogencharakteristik ist im Gebiet kleiner Ströme immer fallend, erreicht jedoch mit zunehmendem Strom einen Minimalwert, um von da an wieder zuzunehmen. Die Lage des Minimums hängt ab von der Form und dem Material der Elektroden sowie von der Kühlung. In Luft wird das Minimum der Lichtbogenspannung bei kleineren Strömen erreicht als in Öl und Wasser. Das Gesetz der Linearität zwischen Lichtbogenspannung und Lichtbogenlänge ist für einen Strombereich bis zu 5000 A in Luft, Wasser und Öl als bestätigt gefunden worden. Die Spannungsverteilung längs eines Lichtbogens entspricht auch bei sehr großen Strömen in ihren Grundzügen der Spannungsverteilung einer Glimmentladung. Auch dieses Gesetz gilt für Lichtbogen in Luft und in Flüssigkeiten. Die elektromotorische Kraft des Stromkreises und die Änderung der Frequenz in einem Bereich von 12,5 ... 50 Hz haben praktisch keinen Einfluß auf die Lichtbogenspannung. Temperaturmessungen an den Kathoden bei großen Strömen konnten nicht durchgeführt werden. Nach Messungen der Physik liegt die Temperatur in der Größenordnung von 3500 ... 4000 ° K.

4. Die Existenzbedingungen eines Lichtbogens und ihre Vernichtung.

Die Kenntnis des Verhaltens eines stationär brennenden Lichtbogens ist zwar wichtig für die Beurteilung der Vorgänge in einem Schaltapparat, gestattet aber noch nicht, den Vorgang in irgend einem Sinne zu steuern. Während der Pysiker sein ganzes Bestreben darauf richtet, einen möglichst stabilen, für die Messung geeigneten Lichtbogen zu erzeugen, hat die Schaltertechnik nur den einen Wunsch, die Stabilität zu stören, um ein frühzeitiges Erlöschen zu erreichen.

Die Stabilitätsbedingungen eines Gleichstromlichtbogens sind durch die Arbeiten von Kaufmann und Busch seit langem bekannt. Verfeinerungen wurden noch angegeben von Dällenbach[6]. Ein Erlöschen ist nur dann möglich, wenn die Lichtbogencharakteristik über die Widerstandscharakteristik des zugehörigen Stromkreises zu liegen kommt. Man erreicht das Löschen des Lichtbogens dadurch, daß man ihn in die Länge zieht, was durch elektrodynamische Wirkung, magnetische und Luftblasung erreicht werden kann. Wesentlich neue Gesichtspunkte sind bis heute nicht bekannt geworden. Man hat jedoch durch umfangreiche Versuche insbesondere die magnetische Blasung zu hoher Vollkommenheit entwickelt. Grundlegend anders liegen die Verhältnisse beim Wechselstromlichtbogen, denn bei jedem Stromnulldurchgang erlischt der Lichtbogen für ganz kurze Zeit. Es hängt nun alles davon ab, ob die Bedingungen für eine Neuzündung vorhanden sind oder nicht. In ersterem Falle brennt der Lichtbogen weiter, im zweiten Fall bleibt er erloschen. Beim Abschalten eines Schalters unter Kurzschluß besteht zwischen wiederkehrender Spannung und Strom meist eine Phasenverschiebung von annähernd 90 °, d. h., in dem Moment, in dem der Strom durch Null geht und dabei der Lichtbogen erlischt, tritt an den Elektroden die Amplitude der Spannung auf und versucht, die Gasstrecke zwischen den Elektroden wieder in leitenden Zustand zu bringen. Bei rein induktivem Stromkreis würde die Spannung in unendlich kurzer Zeit nach dem Erlöschen des Stromes mit ihrer vollen Höhe zwischen den Elektroden vorhanden sein.

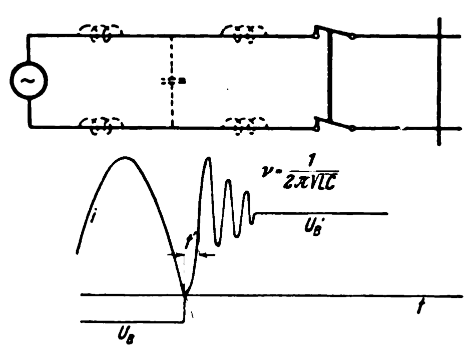


Abb. 20. Wechselstromlichtbogen-Zündung beim Stromnulldurchgang.

Nun sind aber rein induktive Stromkreise in Wirklichkeit nie vorhanden. Jeder Stromkreis weist neben Induktivität auch Kapazität auf und bildet daher ein schwingungsfähiges System. Überschlagsrechnungen zeigen, daß die Eigenfrequenz der in der Praxis vorkommenden Stromkreise zwischen 100 und 10^6 Hz liegt. In Abb. 20 ist ein einfacher Stromkreis mit Schalter und Kurzschlußstelle dargestellt. Durch die punktiert eingezeichneten Spulen und Kondensatoren soll angedeutet werden, daß die Leitungen mit Induktivität und Kapazität behaftet sind. Der Lichtbogen brennt zunächst mit einer Spannung U_B bis zum Moment, in dem der Strom i seinen Nullwert erreicht und der Lichtbogen erlischt. Dann beginnt ein Ausgleichvorgang in Form einer Eigengeschwingung mit der Frequenz

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

welche auf die Lichtbogenspannung U_B' überleitet. U_B' ist im allgemeinen größer als U_B, da sich in der Zwischenzeit die Elektroden weiter voneinander entfernt haben. Aus Abb. 20 geht klar hervor, daß die Steilheit des Spannungsanstieges nach dem Stromnulldurchgang wesentlich bestimmt ist durch die Eigenfrequenz ν des Netzes. Je größer diese Eigenfrequenz ist, um so größer ist der Spannungsanstieg. Die Neuzündung des

[6] Kaufmann, Ann. Phys. Bd. 2 (1900), S. 158. — Busch, Stabilität, Labilität u. Pendelungen in d. Elektrotechnik. Verlag S. Hirzel. Leipzig 1913. — Dällenbach, Phys. Z. Bd. 27, S. 101.



Lichtbogens hängt nun einzig und allein davon ab, ob es der ansteigenden Spannung innerhalb der Zeit t' möglich ist, das Gasgemisch wieder in leitenden Zustand zu überführen. Diese Erkenntnis ist von äußerster Wichtigkeit für die Beurteilung von Hochleistungsversuchen im Prüffeld. Bei der Prüffeldanordnung ist im allgemeinen die Induktivität nicht sehr groß und die Kapazität außerordentlich klein, was eine sehr hohe Eigenfrequenz bedingt. Im Netz wird die Induktivität immer in gleicher Größenordnung, die Kapazität ebenso sicher immer viel größer sein, d. h. die Bedingungen für das Erlöschen des Lichtbogens sind im Netz infolge der kleineren Eigenfrequenz ganz bedeutend günstiger. Daraus erklärt sich, warum Ölschalter, welche im Prüffeld bei Leistungen von 50...70 MVA zerstört werden, im Netz an Stellen, an denen sicherlich über 100 MVA Abschaltleistung auftritt, einwandfrei arbeiten.

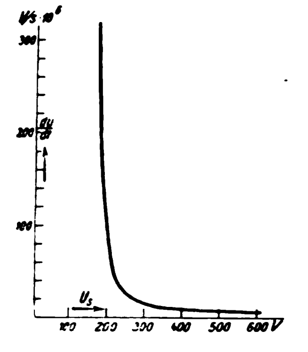


Abb. 21. Sperrspannung U_s an der Unterbrechungstelle und Spannungsanstieg du/dt (nach S l e p i a n).

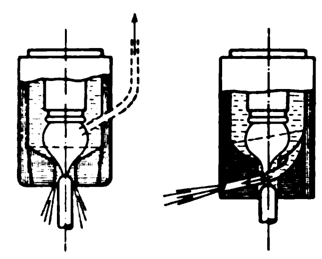


Abb. 24. Löschkammer und Querstromkammer.

Ich möchte nun im nachstehenden einige Versuche kurz erläutern, welche die Schaffung eines H o c h l e i s t u n g s - L u f t s c h a l t e r s o h n e Ö l zum Ziel haben.

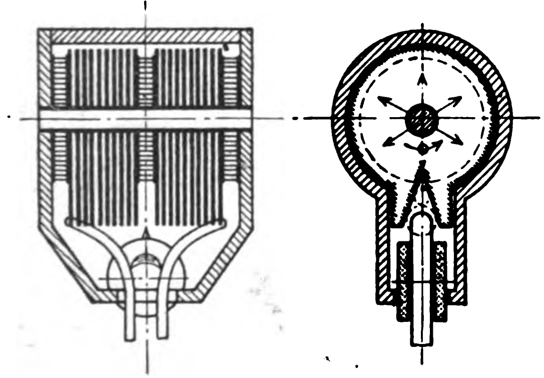


Abb. 22. Deion-Breaker.

Wir beginnen dabei mit dem D e i o n - B r e a k e r v o n W e s t i n g h o u s e [7], welcher seine Entstehung den Überlegungen von S l e p i a n verdankt. Slepian hat durch theoretische und experimentelle Untersuchungen gefunden, daß die der Kathode unmittelbar vorgelagerte Gasschicht in außerordentlich kurzer Zeit ihre Leitfähigkeit verliert. Dies erscheint plausibel, denn nach Abb. 3 herrscht an dieser Stelle ein relativ hohes Feld, welches die positiven und negativen Ladungsträger in außerordentlich kurzer Zeit trennt und zur Entladung an der Kathode bzw. zur Wiedervereinigung im Gebiet der positiven Raumladung führt. Wir haben gesehen, daß die Neuzündung wesentlich abhängig ist von dem Spannungsanstieg nach dem Stromnulldurchgang. Untersucht man nun experimentell, welche Spannung man an eine Funkenstrecke im Moment des Erlöschens des Lichtbogens anlegen kann, wobei der Spannungsanstieg variiert wird, so findet man eine Abhängigkeit gemäß Abb. 21. Daraus geht hervor, daß eine wiederkehrende Spannung bis zu 200 V praktisch bei beliebiger Höhe des Spannungsanstieges nicht mehr zur Neuzündung führt, während Spannungen von 400 und 600 V schon bei Spannungsanstiegen von etwa $5 \ldots 10 \cdot 10^6$ V/s zur Neuzündung ausreichen. Diese Feststellung steht in Übereinstimmung mit der Erfahrung, wonach Luftschalter bis zu 200 V kaum Schwierigkeiten bieten, während Luftschalter für 500 und 1500 V, wie sie bei Bahnanlagen gebräuchlich sind, bereits ganz erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Der geniale Gedanke von Slepian besteht nun darin, durch Zwischenschalten von Platten in die Bahn des Lichtbogens weitere künstliche Kathoden zu schaffen, in deren unmittelbarer Umgebung jeweils eine nach außerordentlich kurzer Zeit nicht leitende Schicht entsteht. Dadurch wird der Spannungsbereich der Apparate entsprechend erhöht. Bei einer Platte zwischen den Elektroden wird eine zulässige wiederkehrende Spannung von etwa 350 V erreicht, bei zwei Platten erreicht man 500 V usw. Der prinzipielle Aufbau eines Luftschalters ist in Abb. 22 dargestellt. Der Lichtbogen wird durch ein Blasfeld in ein Plattensystem hineingetrieben, in welchem er durch ein radial gerichtetes Magnetfeld zur Rotation gezwungen wird. Dies hat den Zweck, einem Abbrand der Platten vorzubeugen. Mit einem derartigen Schalter sind bei 12 kV Schaltleistungen bis zu 400 MVA einwandfrei bewältigt worden.

In den letzten Jahren hat man sich an verschiedenen Stellen mit dem Problem des V a k u u m s c h a l t e r s [8] beschäftigt. Der Vakuumschalter beruht darauf, daß eine Stromleitung nur dann möglich ist, wenn genügend Ladungsträger zur Verfügung stehen. Erzeugt man ein Vakuum in der Gößenordnung von $10^{-4} \ldots 10^{-6}$ mm Hg, so kann man darin einen Stromkreis praktisch ohne Entladung unterbrechen. Die wenigen Atome, welche in der Umgebung der Elektroden noch vorhanden sind, werden vielleicht gespalten, die entstehenden Ladungsträger genügen aber bei weitem nicht, um eine Stromübertragung nennenswerter Größe zu vermitteln. Der Versuch zeigt, daß man einwandfrei Ströme bis zu 3000 A bei wiederkehrenden Spannungen in der Größenordnung von 5000 V unterbrechen kann. Steigert man die Leistung noch weiter, so treten zunächst Entladungen auf, welche dann bald zur Zerstörung des Vakuumschalters führen. Diese Erscheinung kann vermutlich folgendermaßen erklärt werden. Die Trennung der Schaltstücke ist nicht momentan möglich sondern ihr geht ein Zustand verminderten Kontaktdruckes voran. Während dieser Zeit ist der Übergangswiderstand wesentlich höher, und die Übergangsfläche wird bei großem Strom auf hohe Temperatur erhitzt, so daß Gase aus den Metallen austreten oder, falls diesem vorgebeugt wurde, das Metall selbst verdampft. Sowie aber eine Verdampfung auftritt, sind die Vorbedingungen für den Vakuumschalter, nämlich der Mangel an Ladungsträgern, nicht mehr erfüllt, und die Möglichkeit, daß der Lichtbogen stehen bleibt, ist gegeben. Es scheint deshalb, daß der Vakuumschalter vorläufig nicht berufen ist, als Hochleistungschalter zu dienen. Seiner Einführung würde auch die an sich recht schwierige Haltung eines Hochvakuums entgegenstehen.

Abb. 23. SSW-Preßluftschalter.

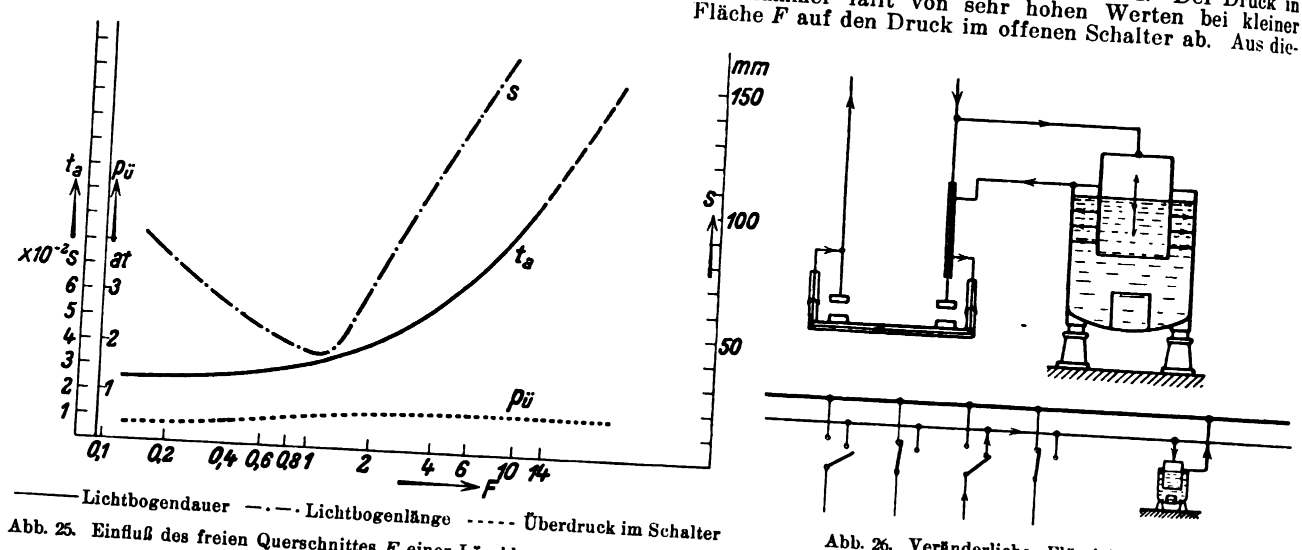
Verhältnismäßig günstige Resultate haben wir in neuester Zeit mit Schaltern erreicht, bei denen die L i c h t - b o g e n l ö s c h u n g d u r c h P r e ß l u f t hervorgerufen wird. Bei diesen Schaltern nimmt man an, daß die ionisierten Gase, welche sich im Moment des Stromnulldurchgangs zwischen den Elektroden befinden, durch einen Luftstrom sehr hoher Geschwindigkeit (bis zu 700 m/s) aus dem Bereich der Elektroden gespült werden, so daß zwischen diesen Elektroden nach sehr kurzer Zeit ein Medium hoher Durchschlagfestigkeit sich befindet. Eine Versuchsanordnung eines derartigen Preßluftschalters, mit der Drehstromleistungen bis zu 400 MVA abgeschaltet wurden, zeigt Abb. 23.

Das bekannteste Mittel zur Löschung eines Lichtbogens besteht darin, die Unterbrechungstellen unter Öl

[7] ETZ 1929, S. 686.

[8] ETZ 1927, S. 436.

anzuordnen. Wenn man sich aber die Frage stellt, warum eigentlich unter Öl die Unterbrechung sich so viel leichter durchführen läßt als in Luft, so bleibt man meistens eine klare Antwort schuldig. Die einen führen es auf die Kühlwirkung des Öles, die anderen auf die Isolation des Öles zurück. Eine befriedigende Erklärung liegt aber bis heute nicht vor.



——— Lichtbogendauer —·—· Lichtbogenlänge ----- Überdruck im Schalter

Abb. 25. Einfluß des freien Querschnittes F einer Löschkammer auf Lichtbogen und Überdruck.

Abb. 26. Veränderlicher Flüssigkeitswiderstand.

Auf Grund von Rechnungen erscheint es möglich, daß bis zu Eigenfrequenzen des Netzes von 1000 Hz die Löschung unter Öl dadurch zustande kommt, daß sich über dem beweglichen Schaltstück ein Ölfilm schließt, dessen Durchschlagspannung so hoch ist, daß sie über der wiederkehrenden Spannung liegt. Insbesondere tritt dieser Effekt bei Eigenfrequenzen der genannten Größe sicherlich bei der Löschkammer auf. Geht man aber zu höherer Eigenfrequenz über, so erscheint es nicht mehr möglich, den Löschvorgang in der genannten Weise zu erklären. Die vielen im Hochleistungsprüffeld der SSW durchgeführten Versuche sowie Erfahrungen, welche ich im Jahre 1925 bei Modellversuchen an einem Glasschalter sammeln konnte[9], haben mich zu folgender Hypothese geführt. Für das Erlöschen des Lichtbogens ist vor allem eine Druckänderung der Gasblase von hohen zu tiefen Drücken maßgebend. Es hat sich nämlich gezeigt, daß beim Abtreiben eines Kessels oder beim Springen einer Scheibe des Glasschalters sowie bei plötzlicher Druckentlastung in Löschkammern (Abb. 24), welche künstlich herbeigeführt wurde, immer eine sofortige Löschung des Lichtbogens eintrat. Eine Erklärung für dieses Verhalten kann evtl. darin erblickt werden, daß bei der plötzlichen Druckentlastung eine Kondensation des Dampfes in der Gasblase um die Ladungsträger herum erfolgt, ähnlich wie dies bei dem bekannten Millikanschen Versuch der Fall ist. Dadurch wird die Masse der Elektronen derart erhöht, daß ihre Bewegung nur sehr langsam wieder einsetzt und eine weitere Stoßionisation praktisch unmöglich ist. Zur Klärung der geschilderten Verhältnisse werden z. Z. im Forschungslaboratorium des Siemens-Konzerns eingehende experimentelle Untersuchungen durchgeführt.

Zum Schluß möchte ich noch einiges Grundsätzliches zur Frage der Löschkammern erwähnen. Seit Bestehen der Löschkammer ist diese Einrichtung heiß umstritten worden. Die Siemens-Schuckertwerke haben die Löschkammer lange Zeit abgelehnt unter dem Hinweis darauf, daß die Verhältnisse sich kaum übersehen lassen, falls man nicht umfangreiche Hilfsmittel zur experimentellen Erforschung zur Verfügung hat. Mit Fertigstellung des neuen Hochleistungsprüffeldes haben wir uns jedoch zur Aufgabe gestellt, die Verhältnisse beim Schalten mit Löschkammern sorgfältig und objektiv zu untersuchen. Dabei hat sich gezeigt, daß das Verhalten der Löschkammer außerordentlich stark von der konstruktiven Durchbildung der Kammer abhängig ist. Nach unseren Versuchen ist es so gut wie ausgeschlossen, eine Löschkammer auf dem Reißbrett zu entwickeln. Es sind vielmehr für jede Betriebspannung große Versuchserien notwendig, um schließlich die günstigste Form der Kammer zu finden. In Abb. 25 sind einige Messungen zusammengestellt, wobei als Abszisse die Ringfläche zwischen Bodenöffnung und Schaltstift aufgetragen ist. Man sieht, daß mit Abnahme dieser Fläche die Ausschaltzeit t_a des Schalters stark zurückgeht, ebenso fällt der Druck im Ölschalter etwas ab. Die Lichtbogenlänge hat ein ausgesprochenes Minimum bei der relativen Fläche $F = 1$. Der Druck in der Kammer fällt von sehr hohen Werten bei kleiner Fläche F auf den Druck im offenen Schalter ab. Aus dieser Abbildung geht hervor, daß bei 6 kV eine Relativfläche $F = 1$ zu wählen ist, um günstige Wirkung der Löschkammer zu erzielen. Geringe Abweichungen davon führen dazu, daß der Löschkammerschalter ungünstiger arbeitet als ein offener Schalter. Hat man jedoch auf Grund sorgfältiger Messungen die Löschkammer richtig

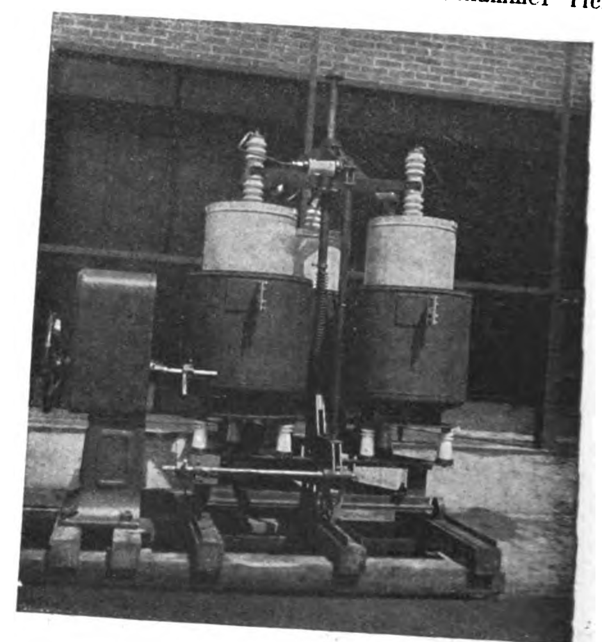


Abb. 27. Regelbarer Widerstand.

dimensioniert, so kann anderseits gesagt werden, daß die Löschkammer ein Hilfsmittel darstellt, um auf billigste Weise Schalter für sehr hohe Abschaltleistungen zu erzielen. Die Siemens-Schuckertwerke haben sich deshalb entschlossen, für Spannungen bis einschließlich 45 kV Löschkammern anzuwenden, falls Abschaltleistungen von 300 und mehr MVA bewältigt werden müssen. Für Spannungen von 60 ... 200 kV wird jedoch mit Rücksicht auf das Schalten leerlaufender Leitungen die Vielfachunterbrechung, welche sich ausgezeichnet bewährt hat, beibehalten.

Schließlich möchte ich noch auf eine Schaltanordnung hinweisen, welche z. Z. im Hochleistungsprüffeld der SSW eingebaut wird. Das Prinzip dieser Anordnung beruht darauf, den Schaltvorgang in einen Regelvorgang umzuwandeln und die dabei auftretende Energie in einem Ge-

[9] ETZ 1927, S. 1278.

fäß aufzunehmen, welches dafür besonders geeignet ist. In Abb. 26 ist links ein normaler Vorstufenschalter angedeutet, rechts mit diesem verbunden ein regelbarer Flüssigkeitswiderstand. Derselbe ist zwischen Haupt- und Vorkontakt angeschlossen. Der Einschaltvorgang vollzieht sich nun folgendermaßen: Der Hauptschalter links wird auf die Vorstufe geschaltet, der regelbare Widerstand ändert sich in diesem Moment von hohem Widerstand auf kleinen Widerstand durch Eintauchen der beweglichen Elektrode, dann werden die Hauptkontakte geschlossen. Beim Ausschalten vollzieht sich der Vorgang in umgekehrter Reihenfolge. Die im Widerstand freiwerdende Energie hängt neben dem Strom vor allen Dingen von der Zeitdauer des Regelvorganges ab. Durch geschickten Aufbau des Apparates ist es gelungen, den ganzen Vorgang auf ⅓ ... ⅙ s zusammenzuziehen, daraus folgt, daß man mit verhältnismäßig kleinem Flüssigkeitswiderstand enorme Ströme schalten kann. Befinden sich in einer Anlage mehrere Schalter, so kann durch Legen einer Hilfssammelschiene ein regelbarer Widerstand für sämtliche eingebauten Hauptschalter verwendet werden, wie dies aus Abb. 26 klar ersichtlich ist. Den Aufbau eines derartigen regelbaren Widerstandes zeigt Abb. 27. Dieser Widerstand wird z. Z. im Hochleistungsprüffeld der SSW eingebaut, die Vorversuche haben gezeigt, daß er mit Strömen bis zu 60 000 A einwandfrei arbeitet.

Gelenkzug der Städtischen Straßenbahn Dresden.

Der Gelenkzug oder D-Wagen (Durchgangswagen) der Städtischen Straßenbahn Dresden ist das letzte Glied im Entwicklungsgang des Straßenbahnwagenbaues. Der Entwurf für diese Wagengattung wurde in längerer eingehender gemeinsamer Durcharbeitung mit der Städtischen Straßenbahn Dresden von der Christoph & Unmack A. G., verbunden sind. Die Langträger der Endwagen werden gegen unzulässige Formänderungen durch ein Sprengwerk ausgesteift.

Das Kastengerippe ist nach einer dem ausführenden Werk geschützten Sonderbauart „Hohlsäule Bauart Niesky" hergestellt. Die Kastensäulen bestehen aus U-

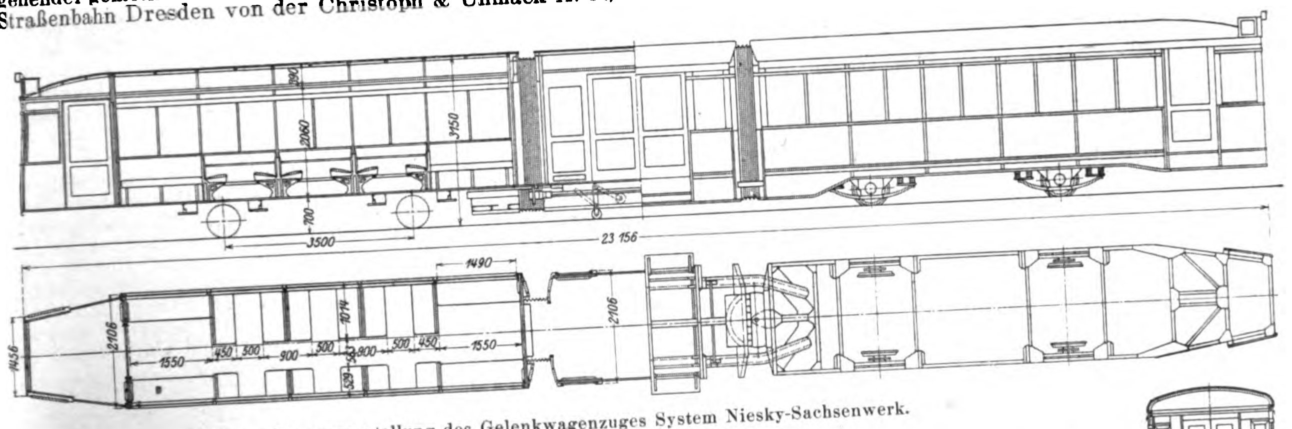


Abb. 1. Zusammenstellung des Gelenkwagenzuges System Niesky-Sachsenwerk.

Niesky (O.-S.), aufgestellt. Der Gelenkwagenzug besteht aus zwei Triebwageneinheiten und einem von diesen getragenen Mittelteil (Abb. 1). Durch diese Anordnung ergibt sich der Vorteil, daß die Grundteile des Zuges zweiachsige Triebwageneinheiten in üblicher Bauart darstellen, die für sich vollkommen betriebsfähig sind, während der Mittelteil die Kupplung zwischen diesen beiden Endwagen ersetzt. Infolge der Längeneinteilung des Zuges wird der in den Gleiskrümmungen zur Verfügung stehende Lichtraum weitestgehend ausgenutzt, da beim Einfahren in die Gleisbogen der Mittelteil nach außen bis an die Grenze des Lichtraumquerschnittes ausgeschwenkt wird.

Die Raumeinteilung des Zuges weist zwei große Abteile zu je 30 Sitzplätzen und je 6 Stehplätzen, ein Mittelteil zu 30 Stehplätzen und zwei Vorbauten zu je 8 Stehplätzen auf. Der Mittelteil ist mit seinem über das Kopfstück hinaus verlängerten Langträger im Gelenkkopfstück der Endwagen unter Zwischenschaltung von Abfederungen gelagert. Die Führung der Teile in der waagerechten Ebene erfolgt durch einen Gelenkbolzen, welcher in einer allseitig drehbaren Bronzebuchse geführt ist. Diese Anordnung der Gelenkverbindung weist folgende Vorteile auf. Der Mittelteil ist durch die seitliche Übertragung der Lasten sehr gut gegen Querschwankungen gesichert. Das eigentliche Gelenk hat nur die Gelenkkräfte, keine lotrechten Belastungen zu übertragen und kann sich aus diesem Grunde sehr leicht einstellen. Die Übertragung der lotrechten Lasten durch abgefederte Rollenlager auf Gleitbahnen, welche im Endwagen liegen, bewirkt eine vollkommene Abbremsung der vielfach beobachteten Schlingerbewegungen der Zweiwagenzüge. Die Endwagen sind als zweiachsige Triebwagen ohne Laufgestell ausgeführt. Die Stöße infolge der Gleisunebenheiten werden durch eine doppelte Abfederung, bestehend aus einer Blattfeder und hinzugeschalteten Schraubenfedern in Dreipunktlagerung, vom Kasten ferngehalten, so daß ein sehr ruhiger Gang des Wagens gewährleistet ist.

Das Untergestell des gesamten Wagenzuges besteht aus Walzeisenquerschnitten, welche durch kräftige Knotenplatten und Streben zu einem biegungsfesten Rahmen förmig gebogenen Blechen, deren Flanschen durch eingenietete Winkel verstärkt sind. Der Obergurt und die Zwischengurte bestehen ebenfalls aus gepreßten Blechgurten. Die Faltenbalg-Stirnwände der Endwagen und des Mittelteils sind als reine Blechwände ausgeführt und enthalten gleichzeitig die Schutztaschen für die Faltenbälge. Das Dach ist als Tonnendach mit hölzernen, eisenbewehrten Spriegeln ausgeführt und mit wasserdichtem Segeltuch nach Reichsbahnvorschrift eingedeckt.

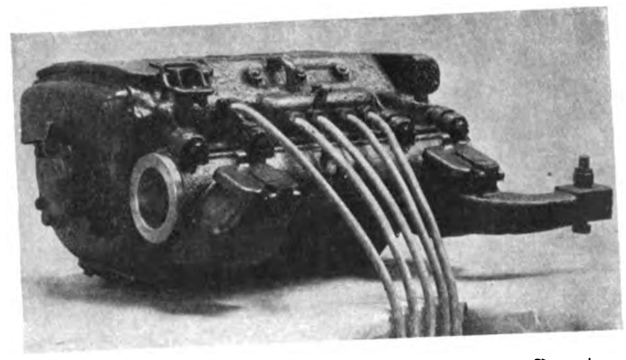


Abb. 2. Gleichstrom-Hauptstrom-Bahnmotor niedriger Bauart.

Die Innenausstattung des Wagens besteht aus Eichenholz, u. zw. in den Hauptabteilen in geräucherter Ausführung, im Mittelteil und auf den Vorbauten in naturheller Ausführung. Die Innendecke ist als Steinpappendecke ausgeführt. Die Wandbekleidung unterhalb der Brüstung besteht aus dunkelbraunem Triolin. In jedem Abteil sind auf jeder Wagenseite zwei Fensterfelder mit Schiebefenstern ausgerüstet. Sämtliche Fenster sind in



Metallrahmen eingefaßt. Oberhalb der Fenster befinden sich mit Eisblumenglas versehene Lüftungsklappen. Die Lüftung wird ergänzt durch je drei Flettnerlüfter auf dem Dach der Hauptabteile. Die Sitze sind als Rindleder-

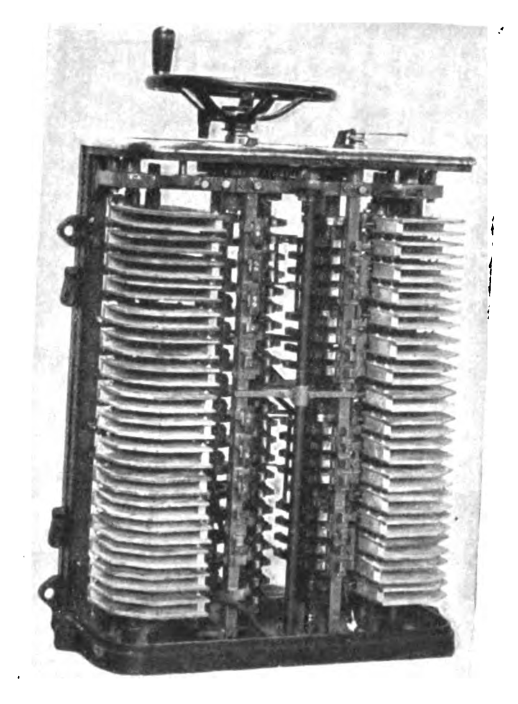


Abb. 3. Nocken-Doppelfahrschalter.

Polstersitze ausgeführt. Für die Quersitze sind Leichtmetall-Sitzwangen vorgesehen worden. Sämtliche Schiebetüren sind auf Dowald-Kugelrollenlaufführungen gelagert, bei der Reichsbahn, aus zwei übereinanderliegenden Eisenblechplatten. Sämtliche sichtbaren Beschläge der Wagenausstattung sind in verchromtem Rotguß hergestellt.

Die Bremsausrüstung des Gelenkzuges ist dreifach. Vorgesehen sind eine elektrische Kurzschlußbremse, eine durchgehende, auf vier Kniehebelbremsen der Bergischen Stahlindustrie, Remscheid, wirkende Ausgleichhandbremse und eine Schienenbremse, Bauart Jores. Zur Verbesserung der Bremswirkung ist ferner wie üblich eine Sandstreuvorrichtung eingebaut, die sowohl elektromagnetisch als auch jeweils für die vordere Achse vom Führerstand aus durch Hand betätigt werden kann. Die elektromagnetische Auslösung der Sandstreuer erfolgt selbsttätig beim Einschalten der Gefahrbremsstufen des Fahrschalters sowie beim Einschalten des Schienenbremsstromes.

Zur Kenntlichmachung des Fahrzieles sind über den Führerständen Richtungs- und Nummernschildkästen Bauart Christoph & Unmack mit nach unten herausziehbaren Schildhaltern für die Streckenbezeichnung eingebaut.

Die elektrische Ausrüstung des Zuges wurde vom Sachsenwerk, Licht- und Kraft-A. G., Niedersedlitz, geliefert. Sie ist für direkte Steuerung der Motoren entworfen. Bedingungsgemäß sollten beide Triebwagen von jedem der beiden an den Stirnseiten des Zuges aufgestellten Fahrschaltern gesteuert werden können; es war somit die Durchführung sämtlicher Frischstrom- und Steuerleitungen durch den ganzen Zug erforderlich. Sie sind in einem an der Wagendecke hierzu vorgesehenen Kabelkanal verlegt und durch Spezialklemmbretter unter Verwendung hochflexibler, der Gelenkigkeit Rechnung tragender Kupplungskabel zwischen den End- und dem Mittelwagen miteinander verbunden.

Jede der vier Achsen des Zuges wird von einem neuzeitlichen, mit Eigenlüftung und Rollenlagern ausgestatteten, normalen Hauptstrommotor der Tatzenlagertype angetrieben. Die Stundenleistung jedes Motors beträgt 33 kW bei 550 V Gleichstrom und 800 U/min. Obgleich der Triebraddurchmesser nur 650 mm beträgt, ist es gelungen, die Bauhöhe des Motors so niedrig zu halten, daß einerseits betriebsichere Abstände zwischen Schienen und Motor und anderseits zwischen Motor und Unterkante des Wagenfußbodens erzielt wurden (Abb. 2).

Abb. 4. Abwicklung des Nocken-Doppelfahrschalters und Auswertung der Schaltung für einzelne Fahrschalterstellungen.

die zweiflügeligen mit einer Kupplungsvorrichtung zum gleichzeitigen Öffnen beider Flügel ausgerüstet. Die Faltenbälge sind als Lederbälge mit Segeltuchüberzug hergestellt. Die Übergangsbrücke besteht, ähnlich wie

Als Gebrauchsbremsung wurde die elektrische Kurzschlußbremsung gewählt. Im Interesse der unbedingten Betriebsicherheit dieser Bremsung sind zwei voneinander unabhängige Bremsstromkreise angewendet worden, in-



dem je zwei Motoren eines Wagens auf je einen getrennten Satz Bremswiderstände arbeiten. Dadurch ist die Gewähr gegeben, daß bei Versagen eines Motors die Bremsung nur für die Hälfte des Wagenzuges wirkungslos wird, während bei Vorhandensein eines einzigen Bremsstromkreises, auf den sämtliche vier Motoren arbeiten, die Kurzschlußbremsung in einem solchen Falle vollkommen versagen würde.

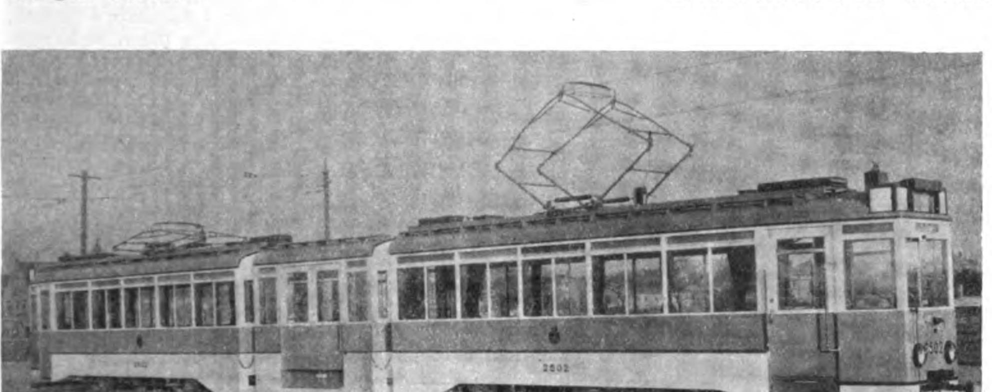


Abb. 5. Außenansicht des Gelenkwagenzuges System Niesky-Sachsenwerk.

Um die eingangs erwähnte Bedingung der direkten Steuerung von vier Bahnmotoren verhältnismäßig großer Leistung und eine betriebsichere, voneinander unabhängige Kurzschlußbremsung beider Triebwagen von einem Steuerschalter aus erzielen zu können, war es nötig, einerseits für jede Motorgruppe einen besonderen Satz Anfahr-, Regelungs- und Bremswiderstände und anderseits Doppelfahrschalter zu verwenden, d. h. Fahrschalter, welche aus zwei zwangläufig miteinander betätigten Walzen bestehen

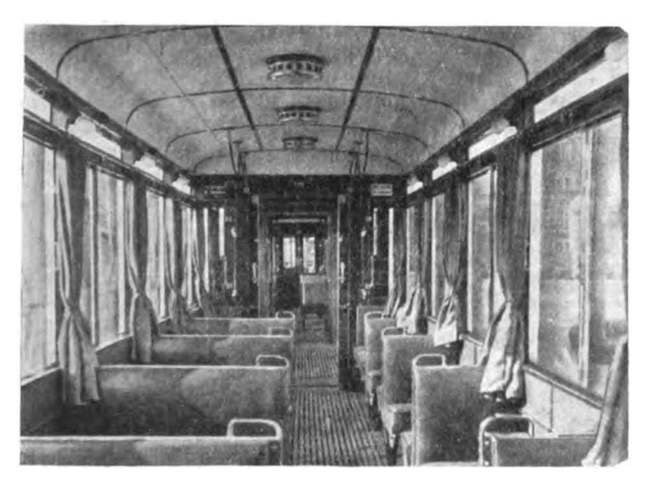


Abb. 6. Innenansicht des Gelenkwagenzuges System Niesky-Sachsenwerk.

(Abb. 3). Damit die Betätigung dieser Fahrschalter in der üblichen Weise durch Kurbel bzw. Handrad bei ungefähr gleicher Kraftaufwendung ermöglicht wurde, wie sie bei den normalen Straßenbahnwagen vorhanden ist, mußte der Fahrschalter als Nockenfahrschalter ausgebildet und durch Anwendung besonderer Mittel auf leichte Betätigungsmöglichkeit großer Wert gelegt werden. Das ist tatsächlich auch vollkommen erreicht worden. Die Fahrschalter sind im übrigen so ausgebildet, daß von jedem Fahrschalter aus nicht nur der ganze Zug, also alle vier Motoren vorwärts und rückwärts gefahren und betriebsmäßig im Kurzschluß gebremst werden kann, sondern daß genau die gleichen Manöver wahlweise mit einem der beiden Wagen sowohl in gekuppeltem als auch in entkuppeltem Zustande ausführbar sind. Abb. 4 zeigt die Abwicklung des Nocken-Doppelfahrschalters und die Fahrschalterstellungen.

Außerdem ist eine Gefahrbremsung als Schienenbremsung, bestehend aus vier Magneten System Jores, verwendet worden, durch die die Bremsverzögerung im Gefahrfalle verdoppelt und damit die Betriebsicherheit des Zuges wesentlich erhöht wird. Die Betätigung der Schienenbremse, welche durch Frischstrom gespeist wird, erfolgt durch neben den Fahrschaltern angeordnete Schienenbremsschalter. Die bequem zu betätigenden Schienenbremsschalter führen den einzelnen Schienenbremsmagnet-Gruppen den Frischstrom derart zu, daß jeweils die Magnete des Endwagens zuerst ansprechen, wodurch eine Stauchung des Zuges vermieden wird. Ferner sind die Schalter so ausgebildet, daß die Magnete, falls erforderlich, durch Betätigung besonderer Sandstreumagnete gesandet werden können. Diese Magnete sind mit Frischstromwicklung versehen, während die in der letzten Kurzschlußbremsstellung in Tätigkeit tretenden Sandstreumagnete nur für den Motorenkurzschlußstrom bemessen sind. Die Anordnung ist so getroffen, daß während der Betätigung des Schienenbremsschalters eine Frischstromglocke ertönt, um zu verhindern, daß die Magnete unabsichtlich längere Zeit von Frischstrom durchflossen werden.

Die übrigen Apparate der elektrischen Ausrüstung, wie auf den Wagendächern montierte Anfahr-, Regelungs- und Bremswiderstände, die Stromabnehmer mit den Schleifstücken System Fischer, die Blitzableiter, Automaten sowie die Beleuchtungs- und Heizungseinrichtung und die akustische Signalglocke für Schwachstrom sind in normaler Ausführung verwendet worden.

Die Hauptabmessungen des Wagens sind:

Länge über Stirnwandblech	23 156	mm
Länge über Kupplungsmitte	24 166	„
Länge des Sitzabteils	7 300	„
Länge des Mitteleinstieges	4 000	
Länge der Vorbauten	1 928	„
Größte Wagenbreite	2 200	„
Breite über Seitenwandblech	2 116	„
Höhe O. K. Wagendach über O. K. S.	3 150	„
Höhe O. K. Wagenfußboden über O. K. S.	700	„
Höhe der ersten Trittstufe	395	„
Höhe der zweiten Trittstufe	305	„
Spurweite	1 448	„
Laufkreisdurchmesser	650	„
Achsstand	3 500	„
Entfernung der Gelenkpunkte von Mitte Achsstand	4 000	„
Entfernung der beiden Gelenkpunkte	4 000	„
Gewicht des betriebsfertigen Zuges	28 000	kg
Gewicht der elektrischen Ausrüstung	7 000	„
Anzahl der Sitzplätze	60	„
Anzahl der Stehplätze	58	„
Gesamtplatzzahl	118	„

Der Gelenkzug in der dargestellten Ausführung hat sich im Betrieb gut bewährt. Vor allem zeichnet sich der Zug durch einen außerordentlich ruhigen Lauf auch in den Gleiskrümmungen aus. Der wesentliche Vorteil der Gelenkzüge liegt einmal in der vorzüglichen Anpassungsfähigkeit an den Spitzenverkehr durch die Möglichkeit, die beiden Zughälften in ihrer Belastung auszugleichen, anderseits durch die Möglichkeit, bei Strecken mit größeren Haltestellenabständen (Schnell- und Außenbahnen) an Schaffnern sparen zu können. Die Linienführung und das Aussehen des Zuges werden allen zu stellenden Anforderungen gerecht (Abb. 5). Besonders hervorzuheben ist die gute Raumwirkung im Innern des Zuges durch die großen Wagenabteile, welche einen ungehinderten Durchblick auf große Längen gewähren (Abb. 6).

Buchholzschutz für Generatoren.

Von Dr. **H. Schwenkhagen,** Kassel.

Übersicht. Es wird ein neuartiger Fehlerschutz für elektrische Generatoren beschrieben, seine Wirkungsweise erläutert und Näheres über seinen konstruktiven Aufbau mitgeteilt. Versuche im Laboratorium und im praktischen Betrieb haben seine Unempfindlichkeit gegen äußere Beeinflussungen erwiesen. Die beschriebenen Vorversuche über seine Empfindlichkeit bei wirklichen Generatorfehlern haben günstige Ergebnisse gezeitigt.

Mit der Einführung des Buchholzschutzes für Transformatoren[1] hat die Elektrotechnik zum erstenmal den Weg verlassen, den sie bis dahin für den Schutz elektrischer Hochspannungsapparate für einzig gangbar hielt. Sie hat hierbei darauf verzichtet, die Schwankungen von Strom, Spannung oder Leistung, die im Fehlerfalle auftreten, als Hauptmerkmal für das Vorhandensein eines Fehlers anzusehen. Statt dessen wird als Kriterium für den nicht ordnungsmäßigen Zustand des zu schützenden Apparates das Vorhandensein von Zersetzungsstoffen des Isoliermaterials benutzt. Die Praxis hat erwiesen, daß es bei Benutzung dieses Prinzips möglich ist, ein Schutzsystem zu entwickeln, das allen bestehenden elektrischen Systemen an Einfachheit und Betriebsicherheit wie auch Empfindlichkeit und Selektivität mindestens gleichkommt. Es hat sich überraschenderweise ergeben, daß die Ausnutzung einer bis dahin unliebsamen und lästigen Begleiterscheinung jeder Störung den auf alle anderen scheinbar primären Vorgänge begründeten Schutzarten überlegen war. Bei der guten praktischen Bewährung dieses Systems im Betriebe für flüssigkeitsisolierte elektrische Apparate mußte der Gedanke naheliegen, den Grundgedanken des Buchholzschutzsystems auch auf nichtflüssigkeitsisolierte Apparate, insbesondere Generatoren, anzuwenden. Die Beschreibung eines für diese Zwecke entwickelten Apparates soll im folgenden gegeben werden.

Es liegt im Betrieb des soeben geschilderten wie aller anderen Systeme, daß kein danach ausgebildeter Apparat die Fähigkeit besitzt, die Entstehung von Fehlern in elektrischen Apparaten grundsätzlich zu verhindern. Sein Schutzwert kann stets nur darin liegen, im Augenblick der Entwicklung eines inneren Fehlers so rechtzeitig anzusprechen, daß durch die frühzeitige Einleitung von Gegenmaßnahmen die Ausbreitung der Zerstörung auf die der Störungstelle benachbarten Teile in den engsten Grenzen gehalten werden kann. Aufgabe des Schutzapparates ist also nicht die Verhütung von Fehlern sondern die Eingrenzung des Schadenumfanges auf ein Minimum durch Abschaltung der Energiezufuhr zur Fehlerstelle, Betätigung von Löscheinrichtungen usw. Im Gegensatz zu allen anderen Systemen elektrischer Art besitzt aber der Fehlerschutz durch Zersetzungstoffe den Vorzug, daß er mit Sicherheit nur bei wirklichen Fehlern arbeitet und Fehlauslösungen bei ihm ausgeschlossen sind, die sich sonst kaum mit absoluter Sicherheit vermeiden lassen.

Für den Bestand der Wicklung eines elektrischen Generators sind alle diejenigen Fehler gefährlich, die eine große Wärmeentwicklung an der Fehlerstelle oder an anderen vom Fehlerstrom durchflossenen Teilen mit sich bringen. Bei jeder derartigen Erwärmung findet nun eine Zersetzung von Isoliermaterial statt, die man trotz der starken Luftzufuhr, die eine Oxydation begünstigt, am besten als Destillation bezeichnet. In den von der Kühlluft fortgespülten Zersetzungsteilen finden sich die typischen Destillationsprodukte organischen Materials: Wasserstoff, feste und flüssige Kohlenwasserstoffe, Kohlenoxyd und unverbrannter Kohlenstoff. Es wäre nun z. B. denkbar, die Wechselwirkung zwischen dem Wasserstoffgehalt der Generatorenabluft und katalytischen Stoffen, beispielsweise Platin, zur Einleitung der Schutzfunktion auszunutzen. Auch der osmotische Druck, das Wärmeleitvermögen, das spezifische Gewicht, die Durchsichtigkeit oder chemische Reaktionen der Zersetzungstoffe ließen sich für diese Zwecke verwenden. Der Versuch hat jedoch gezeigt, daß die im folgenden beschriebene Einrichtung allen anderen denkbaren Ausbildungsformen bei weitem überlegen ist hinsichtlich der Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit des Ansprechens.

In Abb. 1 ist schematisch die Konstruktion eines solchen Apparates dargestellt, der das Absorptionsvermögen der festen und tropfenförmigen Zersetzungsbestandteile der Abluft für Wärmestrahlung ausnutzt. Ein kreisrundes Rohr ist durch eine Trennwand in zwei Kammern geteilt, von denen die eine als Vergleichskammer dient, während der zweiten ein Teil der Generatorabluft durch einen der beiden Stutzen zugeführt wird; durch den anderen Stutzen wird dieser Teilstrom — im allgemeinen sind das nur wenige Prozent der Gesamtluftmenge — wieder in den Hauptluftstrom zurückgeleitet. Der an einem Ende das Rohr abschließende Hohlspiegel sammelt die von einer Wärmestrahlquelle ausgehenden Wärmestrahlen und wirft sie annähernd parallel durch die beiden Kammern hindurch auf den am anderen Rohrende in einem abgeschlossenen Gehäuse untergebrachten Wärmeempfänger, der dazu bestimmt ist, die Unterschiede der Wärmezustrahlung in die für die Betätigung eines Relais erforderlichen elektrischen Ströme umzusetzen.

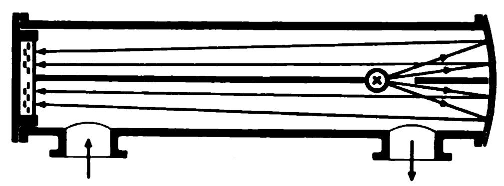


Abb. 1. Schematische Darstellung des Buchholz-Generatorenschutzes.

Als Wärmestrahlquelle wird in diesem Apparat eine Glühlampe mit einer Systemgröße von 11 × 12 mm benutzt, die bei ihrer Nennspannung von 110 V eine Energieaufnahme von 500 W hat. Da es in diesem Apparat nicht auf die Lichtausbeute der Lampe ankommt, sondern nur ihre Wärmestrahlung benutzt wird, kann man die Lampe mit einer Leistung von nur etwa 300 W betreiben und dadurch die Lebensdauer auf das für die praktische Verwendbarkeit der Apparatur erforderliche Maß heraufsetzen. Der Hohlspiegel hat bei 15 cm Brennweite 25 cm Dmr., also ein Öffnungsverhältnis von 1 : 0,6. Der verwendete Spiegel ist rückseitig versilbert, so daß sein Reflexionsvermögen dauernd unverändert bleibt.

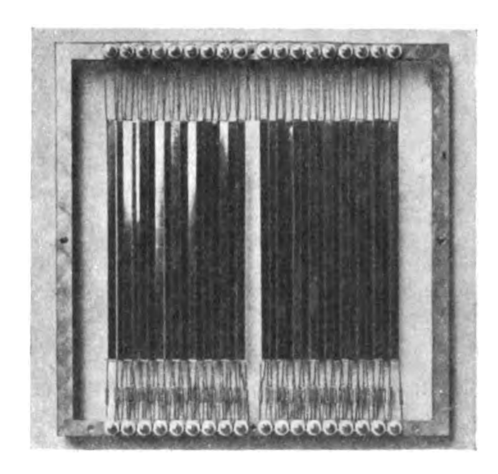


Abb. 2. Wärmeempfänger.

Das wichtigste Glied des Apparates ist endlich der Wärmeempfänger, den Abb. 2 in seiner praktischen Ausführung zeigt. Er besteht aus 3 mm breiten Reinnickelbändern von $^1/_{100}$ mm Stärke, die in zwei Ebenen derart angeordnet sind, daß eine geschlossene Fläche von zweimal 54 × 90 mm Größe entsteht. Je nach der Menge der von beiden Kammern durchgelassenen Wärmestrahlung, die von je einer dieser beiden Flächen aufgenommen und zu rd. 65 % absorbiert wird, verändert sich die Temperatur der Nickelbänder. Die Temperaturschwankungen folgen dabei den Schwankungen der Wärmestrahlung praktisch unverzögert wegen der geringen Dicke der Einzelbänder. Die Einzelbänder jeder Wärmeempfangsfläche sind elektrisch in Reihe geschaltet und ergeben so einen Widerstand, dessen Größe sich wegen des hohen Temperaturkoeffizienten von Reinnickel (0,006) der Wärmestrahlung entsprechend verändert.

[1] ETZ 1928, S. 1257.

Diese beiden Widerstände bilden nach Abb. 3 zusammen mit zwei ebensogroßen temperaturunabhängigen Widerständen aus Konstantan eine Wheatstonesche Brücke; das im Brückenzweig selbst liegende Drehspulrelais kann bei Verwendung einer Gleichspannung von im Mittel 14 V an der Brücke so widerstandsfähig ausgebildet werden, daß es allen betriebsmäßigen Ansprüchen hinsichtlich Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen und Sicherheit der Kontaktgabe vollständig genügt.

Solange sich in beiden Kammern des Apparates, dessen praktische Ausbildung Abb. 4 wiedergibt, Luft von gleichem Absorptionsvermögen befindet, erhalten die beiden Widerstände des Empfängers gleiche zugestrahlte Wärmemengen, nehmen infolgedessen gleiche Temperaturen an und besitzen also auch gleichen elektrischen Widerstand. Die Brücke ist im Gleichgewicht, das Relais stromlos. Gelangt nun in die in Abb. 1 untenliegende von der Abluft durchströmte Kammer Luft, die Rauchbestandteile enthält, so decken diese Teile einen gewissen Prozentsatz der Durchstrahlung dieser Kammer ab, der zugehörige Empfängerwiderstand wird kälter und kleiner, das Relais erhält Strom und schließt bei Überschreitung eines einstellbaren Mindestwertes den Kontakt für ein Hilfsrelais (Abb. 5), das seinerseits mittels eines Quecksilberkontaktes, der eine Schaltleistung von 1 kVA einwandfrei bewältigt, den Generatorschalter, den Entregungsschalter, die Löscheinrichtung, ein Warnungssignal oder dgl. betätigt.

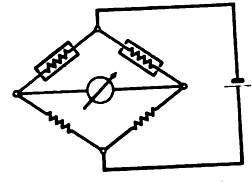


Abb. 3. Prinzipielle Schaltung des Wärmeempfängers.

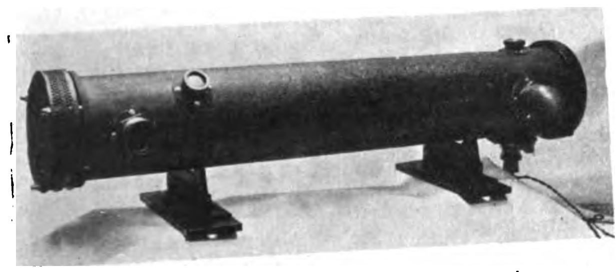


Abb. 4. Äußere Ansicht des Buchholz-Generatorschutzes.

Es liegt in der Natur der soeben beschriebenen Schutzeinrichtung, daß sie vollständig unabhängig ist von allen Vorgängen im äußeren Stromkreis des zu schützenden Generators, denn sie hängt ja mit seinem Stromkreis in keiner Weise zusammen. Sie wird auch von äußeren Kurzschlüssen der Maschine unbeeinflußt bleiben, solange dabei nicht die Wicklung auf Temperaturen aufgeheizt wird, die über der Zersetzungstemperatur der Isolierstoffe liegen. Induktive Beeinflussungen durch den Stoßkurzschlußstrom sind, soweit sie von dessen Wechselstromkomponente herrühren, völlig unschädlich, da die Apparatur an Gleichstrom angeschlossen wird und das Relais nur mit Gleichstrom betätigt werden kann. Eine denkbare Beeinflussung durch das Gleichstromglied des Stoßkurzschlußstromes ist durch Verlegung der Zuleitung als verdrilltes Kabel mit Metallmantel bequem so klein zu halten, daß sie auf das Gerät ohne jeden Einfluß bleibt.

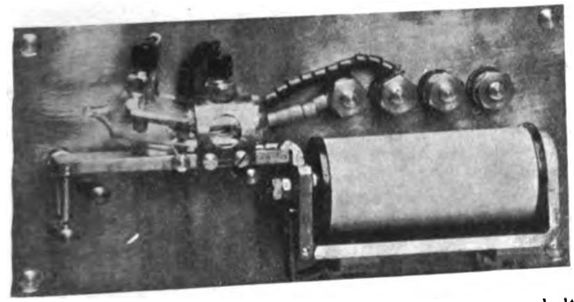


Abb. 5. Zwischenrelais für die Steuerung der Generatorschalter.

Aber auch von Spannungsänderungen des Stromkreises, an den der Apparat selbst nach Abb. 6 angeschlossen ist, ist er weitgehend unabhängig. Bei Spannungsschwankungen in diesem Kreis ändert sich zwar die Energiezufuhr zu der wärmestrahlenden Lampe und damit auch die Wärmeausstrahlung. Von diesen Änderungen werden jedoch beide Empfängerwiderstände in gleicher Weise betroffen; das Gleichgewicht der Brücke bleibt erhalten. Auch jede Spannungsänderung an der Brücke selbst bleibt einflußlos, da die Brücke im Normalzustand stromlos ist. Derartige Änderungen bewirken nur eine Veränderung der Empfindlichkeit, nicht aber eine Störung der Gleichgewichtslage.

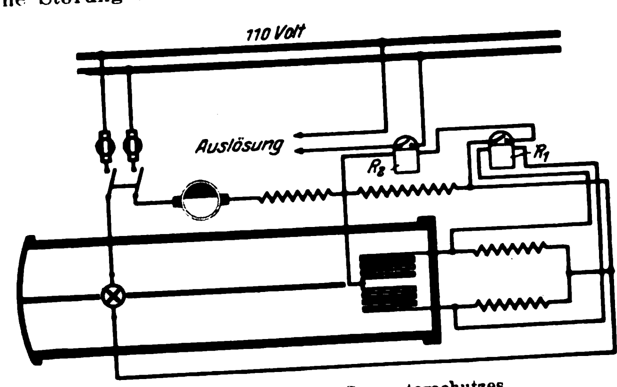


Abb. 6. Schaltbild des Generatorschutzes.

Monatelange Versuche im Laboratorium haben bewiesen, daß diese Unabhängigkeit von den Strom- und Spannungsverhältnissen tatsächlich vorhanden ist, und daß die konstruktive Gestaltung der Einkapselung der Empfängerwiderstände auch eine genügende Unabhängigkeit des Gerätes von der Temperatur der durch die eine Kammer streichenden Generatorabluft garantiert. Bei diesen Versuchen konnte gleichzeitig ermittelt werden, ob die erforderliche Unabhängigkeit des Apparates vom Feuchtigkeits- und Fremdgasgehalt der Abluft vorhanden ist. Eine merkliche Verschiebung des Brückengleichgewichts konnte weder bei Veränderungen der Luftfeuchtigkeit zwischen 0 und 100 % noch bei starken Beimengungen von Wasserstoff oder Kohlensäure festgestellt werden. Diese Versuche über die Unempfindlichkeit der neuen Generatorschutzeinrichtung sind in vollem Umfange bestätigt durch die Erfahrungen, die bisher an dem seit etwa zwei Monaten an einer 10 000 kW-Maschine angeschlossenen Apparat gesammelt werden konnten.

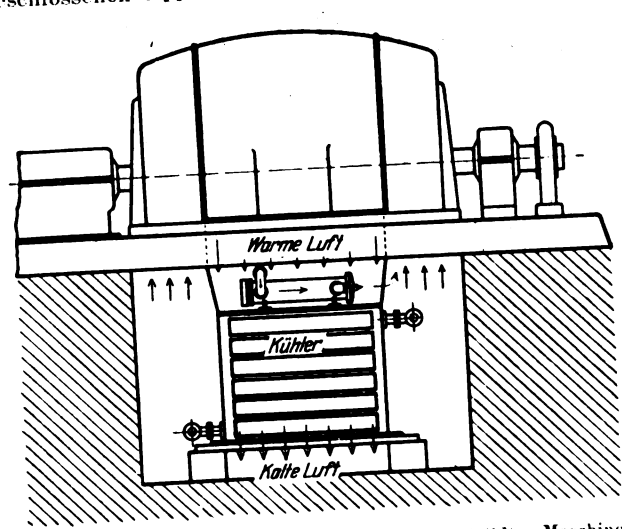


Abb. 7. Einbau des Schutzes bei einer kreislaufgekühlten Maschine.

Auch über die Empfindlichkeit des Apparates bei Generatorfehlern liegen schon einige Versuchsergebnisse vor. Wenn es bisher auch noch nicht möglich war, derartige Versuche mit betriebsmäßig eingeleiteten wirklichen Fehlern auszuführen — solche Versuche sollen jedoch in Kürze stattfinden[2] —, so gestatten die bisherigen Versuche doch schon einige Rückschlüsse auf die Betriebsbrauchbarkeit. Sie wurden in der Art ausgeführt, daß in den Kühlluftstrom des Generators besondere Spulen mit normaler Wicklungsisolation eingebracht wur-

[2] Derartige Versuche haben in der Zwischenzeit bereits stattgefunden. Über ihr Ergebnis wird in Kürze berichtet werden.

den; diese Spulen wurden dann ähnlich hoch belastet, wie ihrer Beanspruchung im Falle eines Windungsschlusses entspricht. Z. B. wurde dieser Versuch bei einer 7500 kVA-Wasserkraftmaschine mit Kreislaufkühlung ausgeführt, die 17 m³/s Kühlluft umwälzt. Die Hilfsspule hatte 5 Windungen von 10 mm² bei 50 × 100 mm Kantenlänge. Die Spule wurde u. a. bei einem Versuch so lange belastet, bis der Apparat die zehnfache Rauchdichte anzeigte, die zur Auslösung erforderlich wäre. Nach dieser Beanspruchung war die Spulenisolation zwar angegriffen, der Befund aber so, daß man schließen konnte, die Spule würde die Belastung noch wesentlich

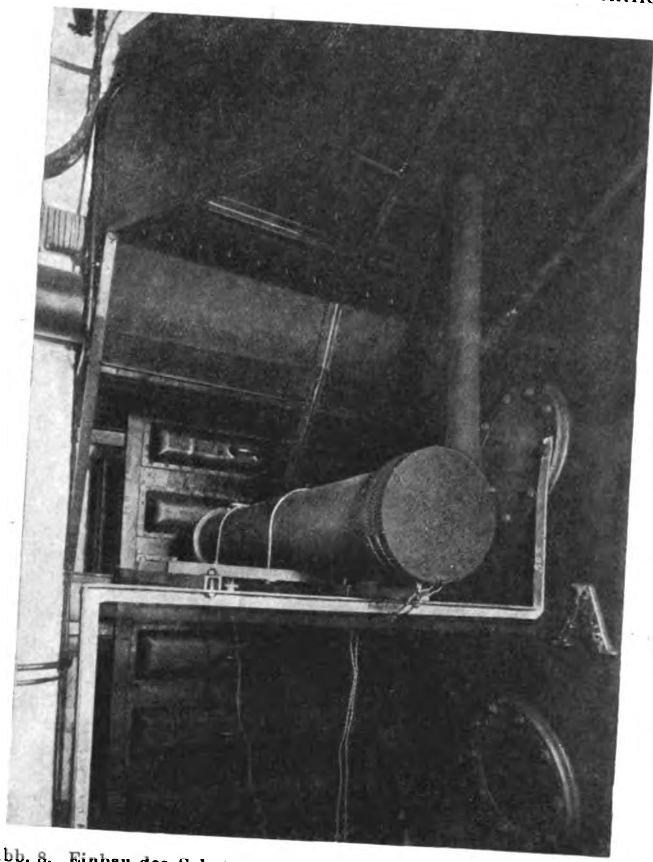


Abb. 8. Einbau des Schutzes in der Kaltluftkammer eines kreislaufgekühlten 10000 kW-Generators.

länger ertragen haben, ohne vollständig zerstört zu werden. Die Verlustenergie betrug bei diesem Versuch ½ kW, also etwa 1/10 ‰ der Generatornennleistung. Ein ähnlicher Versuch wurde auch bei einer freiausblasenden Wasserkraftmaschine von 17500 kVA Leistung ausgeführt, die 50 m³/s Kühlluft verbrauchte. Die Spule hatte bei diesen Versuchen etwa ¼ der Abmessungen der wirklichen Generatorspule. Bei windungsschlußähnlicher Belastung mit etwa 20 ... 30 kW, also entsprechend 1 ... 2 % der Generatorleistung, ergab sich die vierfache Rauchdichte, die zur Auslösung erforderlich gewesen wäre. Die Spule hat dabei diese Belastung ohne schwere Zerstörung minutenlang ertragen. Wenn man also als Kriterium für die Brauchbarkeit des Apparates zur Eingrenzung eines Windungschlusses die Forderung ansehen will: Der Apparat muß so empfindlich sein, daß er schon anspricht, wenn die überlastete Spule noch eine Lebensdauer von etwa 20 s hat, so hat der Apparat dieser Probe völlig Genüge geleistet.

Läßt man bei diesen Versuchen durch den Apparat in der betriebsmäßigen Einstellung die Spulenüberlastung ausschalten, so kann man den Versuch mehrfach wiederholen, ohne daß die Spule betriebsunfähig wird. Es dürfte damit einwandfrei erwiesen sein, daß der neue Apparat vorzüglich geeignet ist, Generatoren beim Eintreten von Windungschluß zu schützen. Daß er mit der gleichen Sicherheit auch beim Auftreten eines Phasenkurzschlusses innerhalb der Maschine arbeiten wird, bedarf keiner weiteren Untersuchung. Sein Schutzbereich umfaßt aber nicht nur die Wicklung des Stators: er arbeitet bei jeder Rauchentwicklung aus luftgekühlten Teilen, also auch bei Rotorschäden und ebenso bei Eisenbrand, sobald die damit verbundene Rauchentwicklung durch Zerstörung der Papierisolation des Eisenpaketes die Empfindlichkeitsgrenze des Gerätes überschreitet. Bei Erdschluß innerhalb der Statorwicklung hängt seine Wirkungsweise von der Art und Bedeutung des Fehlers ab. Ist der Erdschluß rein metallisch, ohne daß eine Erwärmung der Fehlerstelle eintritt, so kann der Schutz naturgemäß nicht ansprechen. Erwärmt sich jedoch die Erdschlußstelle oder erfolgt der Stromübergang durch einen Lichtbogen, d. h. besteht eine akute Gefahr für den Bestand der Wicklung, so ist damit unvermeidlich eine Rauchentwicklung und damit das Ansprechen des Apparates verbunden.

Abb. 7 zeigt schematisch den Einbau des Apparates an einer kreislaufgekühlten Maschine mit Axialkühlung. In bezug auf den Luftweg ist dabei, wie man sieht, der Apparat dem Kühler parallel geschaltet. Daß die geringe Luftmenge, die für den Apparat benötigt wird, ungekühlt in den Generator zurückkehrt, ist praktisch bedeutungslos. Die Vergleichskammer ist bei diesem Einbau abgeschlossen oder wird fortdauernd mit einer ganz geringen Menge Frischluft durchspült. Beim Einbau an einer Maschine mit Frischluftkühlung empfiehlt es sich, durch die Vergleichskammer die gleiche Menge Frischluft zu schicken, wie als Abluft durch die Hauptkammer hindurchgeht. Man erreicht so, daß Verunreinigungen in der angesaugten Luft beide Kammern gleichzeitig beeinflussen und nur bei zusätzlicher Rauchentwicklung im Generator eine Auslösung zustandekommt.

Die praktische Ausführung des Einbaues zeigt Abb. 8 am Beispiel einer kreislaufgekühlten 10000 kW-Maschine. Das Bild zeigt einen Einblick in die Kaltluftkammer des Kreislaufes, in die der Apparat eingebaut ist. Die Zuführung der Abluft aus der Warmluftkammer, die sich über dem im Hintergrund sichtbaren Kühler befindet, erfolgt durch ein 3"-Rohr, das durch die Trennwand zwischen Warm- und Kaltluftraum hindurchragt und am oberen Ende (im Bilde nicht sichtbar) trompetenförmig etwas aufgeweitet ist. Aus dem Austrittstutzen des Apparates bläst die Luft frei in den Kaltluftraum hinein.

Die bisherigen Ergebnisse der Versuche und Erprobungen mit der neuen Schutzeinrichtung berechtigen zu der Annahme, daß der Buchholzschutz für Generatoren einen bedeutsamen Fortschritt auf dem Gebiete des Fehlerschutzes von luftgekühlten elektrischen Maschinen und Apparaten darstellt. Seine unbedingte Selektivität, die Unabhängigkeit von äußeren Einflüssen und die Einfachheit in Schaltung und Aufbau, verbunden mit seiner hohen Empfindlichkeit bei wirklichen Fehlern, die besonders bei kreislaufgekühlten Maschinen hervortritt, wo auch die schwächste Rauchentwicklung durch langsame Verdichtung schließlich zum Ansprechen führt, bieten dem betriebführenden Ingenieur die seit langem entbehrte Möglichkeit, einen Fehlerschutz für Generatoren mit einfachen und betriebsicheren Mitteln durchzuführen.

Luftleiteranordnungen für rotierende Peilfunksender.

Unter verschiedenen Vereinfachungen stellt Smith-Rose[1] die Gleichungen für das magnetische Feld auf für den einfachen Rahmen, für zwei in einem bestimmten Abstand angeordnete konplanare Rahmen und für das sog. Adcock-System. Letzteres wird durch ein Paar vertikaler Luftleiter gebildet, deren Ströme gegenphasig fließen. An Hand von Beispielen werden die bei Funkpeilungen besonders nachts auftretenden Mißweisungen behandelt, und es wird gezeigt, daß sowohl bei der einfachen Rahmenanordnung als auch beim konplanaren Doppelrahmen infolge Reflexion durch die obere ionisierte Schicht diese Mißweisungen — besonders auf dem Festlande — erheblich sein können. Sie sind dadurch bedingt, daß die Minima des Peilzeichens sich verschieben bzw. beim Doppelrahmensystem mehrfach auftreten. Beim Adcock-System ergibt sich ein Empfangsminimum, wenn die Ebene des Antennenpaares senkrecht zur Richtung Sender—Empfänger steht. Dieses Minimum wird durch nachts auftretende Reflexionen nicht beeinflußt, auch treten keine sekundären Minima auf. Demzufolge erscheint dieses System am geeignetsten. Anschließend folgt der Bericht einer Diskussion über diese Fragen, die am 4. I. 1928 vor der Wireless Section stattgefunden hat. *Poh.*

[1] R. L. Smith-Rose, J. Inst. El. Engs. London, Bd. 66, S. 270.

Drahtloses Gegensprechen.

(Mitteilung aus dem Reichspostzentralamt [Telegraphentechnisches Reichsamt])

Von Postrat Dipl.-Ing. **W. Hahn,** Berlin.

Übersicht. Nach Erwähnung früherer, vom Reichspostzentralamt gemeinsam mit den Fachfirmen ausgeführter Versuche mit drahtlosem Gegensprechen werden die grundsätzlichen Schaltungen sowie die bei dem Anschluß von Fernsprechleitungen erforderlichen Maßnahmen erörtert, wobei auf die Doppel- und einfachbetätigten Rückkopplungssperrer besonders eingegangen wird. Über die auf der Versuchsstrecke Berlin—Hamburg unter Benutzung kurzer Wellen ausgeführten Stabilitätsmessungen und über die beobachteten Schwunderscheinungen innerhalb des Sprachfrequenzbandes werden Mitteilungen gemacht. Die Einrichtungen für den Fernsprechverkehr Deutschland—Argentinien und die auf dieser Strecke angestellten Versuche werden beschrieben. Den Schluß der Arbeit bildet ein Ausblick auf die weitere Entwicklung des drahtlosen Gegensprechens.

1. Definition und Anwendungsgebiete des drahtlosen Gegensprechens.

Unter „drahtlosem Gegensprechen" wird eine Fernsprechbetriebsart verstanden, bei der die Übertragung der Sprache zum Teil auf drahtlosem Wege erfolgt und bei der die Anlage so eingerichtet ist, daß — wie bei dem normalen Fernsprechverkehr über Leitungen — jederzeit eine Unterbrechung des Sprechers durch den anderen Teilnehmer möglich ist. Dies setzt voraus, daß beide Teilnehmer mit je einem Sender und je einem Empfänger in Verbindung stehen müssen.

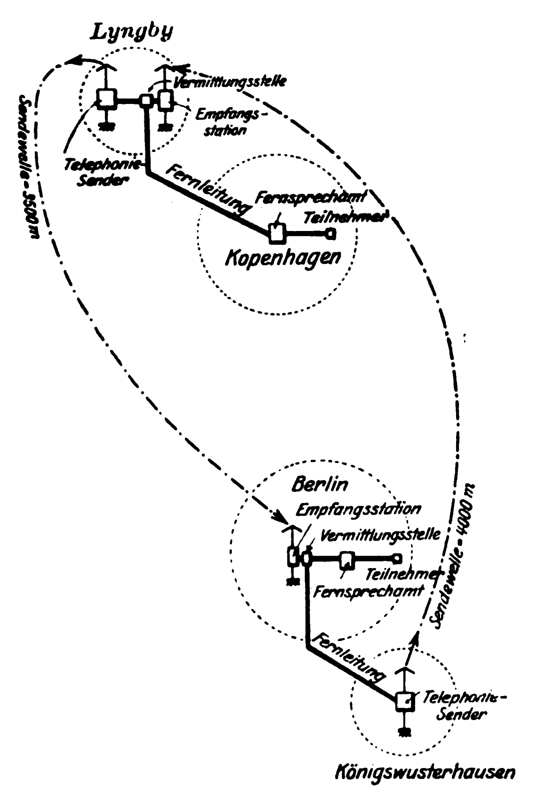


Abb. 1. Gegensprechversuche Berlin—Kopenhagen.

Das drahtlose Gegensprechen kommt überall da in Frage, wo es sich darum handelt, eine Fernsprechverbindung herzustellen zwischen solchen Orten, die nicht durch Leitungen miteinander verbunden werden können, also in erster Linie zwischen beweglichen Sprechstellen, z. B. Schiffen, Luftfahrzeugen untereinander sowie zwischen ortsfesten Stationen und solchen Fahrzeugen. Ferner kommt das drahtlose Gegensprechen in Betracht zwischen ortsfesten Stationen, die aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht durch Fernsprechleitungen miteinander verbunden werden können, also z. B. im Überseeverkehr.

Vom Reichspostzentralamt (TRA) wurden schon im Jahre 1919 zum Teil in Gemeinschaft mit den Fachfirmen Versuche auf diesem Gebiet begonnen. Auf diese Versuche sei kurz eingegangen. Im Jahre 1920 wurden gemeinsam mit Telefunken Gegensprechversuche zwischen der Marinefunkstelle Warnemünde und dem dänischen Fährschiff „Prinsesse Alexandrine" durchgeführt. Schwierigkeiten zeigten sich auf der Landstation, da es hier nicht in ausreichendem Maße gelungen war, den Empfänger von den störenden Beeinflussungen des Senders freizumachen. Der für Wechselstromheizung und Anodengleichrichtung gebaute Landsender hatte eine Leistung von etwa 800 W und stand in unmittelbarer Nähe vom Empfänger. Der Schiffsender, der nur einige Watt Leistung hatte, störte den Bordempfänger nicht.

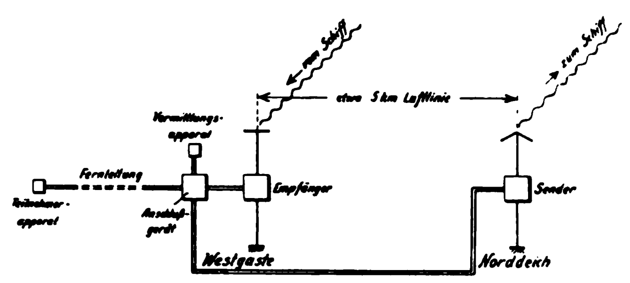


Abb. 2. Gegensprechanlage der Hauptfunkstelle Norddeich.

Im nächsten Jahre wurden Gegensprechversuche zwischen Berlin und der dänischen Station Lingby aufgenommen. Für die Versuche standen Lichtbogensender der Firma C. Lorenz A. G. zur Verfügung. Der Sender auf deutscher Seite war auf der Hauptfunkstelle Königswusterhausen untergebracht. Die zugehörige Empfangsanlage befand sich im Laboratorium des Reichspostzentralamts in der Neuen Friedrichstraße, wo auch der Übergang auf das Fernsprechnetz vorgenommen wurde. Die Gesamtanordnung zeigt Abb. 1. Der Sender in Königswusterhausen arbeitete auf 4000 m, der dänische Sender auf 3500 m. Zur Verbindung der drahtlosen Geräte mit den Fernsprechnetzen dienten gewöhnliche Gabeln. Auf beiden Seiten konnten Anschlüsse an das Fernsprechnetz mit Erfolg durchgeführt werden.

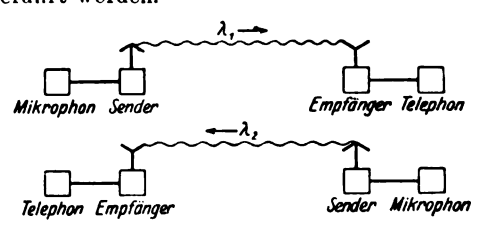


Abb. 3. Elektrisch und akustisch getrennte Wege.

In den Jahren 1924 und 1925 wurden wiederum Versuche mit Schiffen in See („Albert Ballin", „Columbus" u. a.) ausgeführt[1]. Als Landstation wurde die Hauptfunkstelle Norddeich herangezogen. Die Landsendewelle betrug 2300 m, die Schiffsendewelle 1800 m. Die Anordnung in Norddeich zeigt schematisch Abb. 2. Bei den Versuchen machte es anfangs Schwierigkeiten, den Bordempfänger in ausreichendem Maße vor den Störungen durch den Bordsender zu schützen. Es konnte deshalb bei der ersten Versuchsreihe an Bord nur im Wechselverkehr gearbeitet werden, d. h. während des Empfangs an Bord mußte der Sender abgeschaltet werden. Bei den späteren Versuchen gelang es, den Bordempfänger so auszugestalten, daß er nicht mehr durch den Bordsender gestört wurde. Es war nunmehr möglich, auch an Bord in Gegensprechverkehr zu arbeiten.

Auf die neueren Gegensprechversuche mit kurzen Wellen wird später eingegangen werden.

[1] W. Hahn, Der Fernsprechverkehr mit Schiffen in See. Jahrbuch für das gesamte Funkwesen, 2. Jahrg. 1926; Der Funk 1924, S. 173; El. Nachr. Techn. Bd. 3, S. 100.



2. Die grundsätzlichen Anordnungen. Elektrisch und akustisch getrennte Wege. Einseitiger und doppelseitiger Fernsprechnetzanschluß. Fernsprechen im Wechselverkehr mit Umschaltungen.

Ist an den Orten, die miteinander in Verkehr treten sollen, nur eine bestimmte Sprechstelle vorgesehen, so kann man die Anlage in zwei elektrisch und akustisch getrennten Wegen ausführen (Abb. 3), wenn die Wellenlängen für beide Sprechrichtungen verschieden sind. Man erhält hiermit die einfachste Anordnung, bei der keine Störungen durch Rückkopplung (Selbsterregung) oder durch Echo auftreten können. Derartige Anlagen lassen sich jedoch nur in besonderen Fällen einrichten.

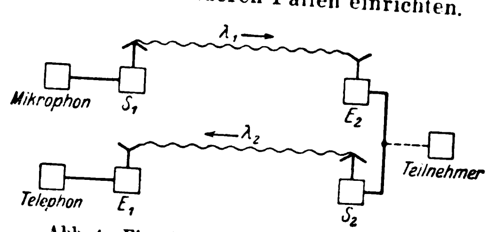


Abb. 4. Einseitiger Fernsprechnetzanschluß.

Soll auf einer Seite ein Anschluß an das Fernsprechnetz vorgesehen werden, so erhält man eine Anlage, wie sie Abb. 4 zeigt. Hier könnten die Leitungen, die zum Sender und zum Empfänger führen, ohne weiteres mit dem Fernsprechnetz verbunden werden, ohne daß die Gefahr einer Rückkopplung besteht. Solch ein unmittelbarer Anschluß der Sender- und Empfängerleitungen an das Fernsprechnetz ist jedoch nicht zweckmäßig, da alle die vom Empfänger aufgenommenen Störungen über den Sender derselben Seite wieder ausgestrahlt werden und Störungen auf der Gegenseite hervorrufen. Bei den Versuchen mit Schiffen in See konnten diese Störungen wiederholt festgestellt werden. Man wird also auch in diesem Falle dafür sorgen müssen, daß der Sender und der Empfänger über einen Gabelabgleich mit dem Fernsprechnetz verbunden werden. Ist die drahtlose Strecke so groß, daß bereits eine merkbare Zeit für die Übertragung der Sprache in Frage kommt, so ist es nötig, um Echoerscheinungen auf der Gegenseite zu vermeiden, Echosperren[2] auf der mit dem Fernsprechnetz in Verbindung stehenden Seite vorzusehen.

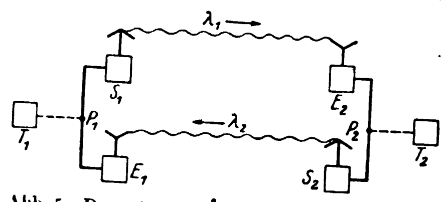


Abb. 5. Doppelseitiger Fernsprechnetzanschluß.

Besondere Maßnahmen müssen getroffen werden, wenn auf beiden Seiten Anschlüsse an das Fernsprechnetz vorgenommen werden sollen. Abb. 5 zeigt schematisch eine solche Anlage. Eine direkte Verbindung (bei P_1 und P_2 in Abb. 5) von Sender und Empfänger mit dem Fernsprechnetz auf jeder Seite ist nicht angängig, da wegen der vorhandenen Rückkopplung sofort ein Pfeifen auftreten würde. Man muß also in diesem Fall immer für einen Abgleich sorgen.

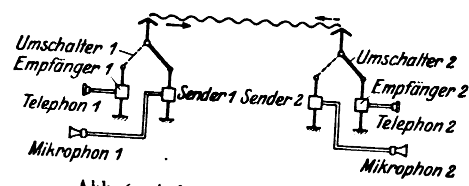


Abb. 6. Anlage für Wechselverkehr.

Die vorher genannten Anordnungen waren alle für einen Gegensprechbetrieb geeignet. Eine wesentliche Vereinfachung kann man erzielen, wenn die Anlagen für Wechselbetrieb eingerichtet werden. Der Wechselbetrieb bedingt jedoch, daß jedesmal Umschaltungen von Hören auf Sprechen und umgekehrt auf beiden Sprechstellen vorgenommen werden müssen. Abb. 6 zeigt schematisch eine für Wechselverkehr eingerichtete Anlage, bei der die Antenne jeweils an den Sender oder an den Empfänger angeschlossen wird. Vom Reichspostzentralamt wurde im Jahre 1925 zur Verständigung zwischen zwei Kabeldampfern eine im Wechselverkehr arbeitende drahtlose Fernsprechanlage eingerichtet[3]. Es wurde hierbei mit Hilfe eines Druckknopfes, der während des Sprechens niedergedrückt werden mußte, die Antenne an den Sender gelegt und der Sender eingeschaltet. Beim Loslassen des Druckknopfes wurde die Antenne mit dem Empfänger verbunden. Diese Anlage hat gut gearbeitet. Der Wechselverkehr setzt jedoch voraus, daß die miteinander in Verbindung tretenden Personen über die Eigenart der Umschaltung unterrichtet sind. Er eignet sich nicht für Sprechstellen des öffentlichen Verkehrs.

3. Lange und kurze Wellen. Verschiedene und gleiche Wellenlängen für beide Richtungen.

Für den drahtlosen Gegensprechverkehr ist die Wellenlänge an sich ohne Belang. Sie spielt jedoch eine große Rolle hinsichtlich der zu überbrückenden Entfernung. Wir müssen für den Fernsprechverkehr dieselben Wellenlängen benutzen, die sich für den drahtlosen Telegraphiebetrieb als die geeignetsten erwiesen haben. Für kürzere Entfernungen, z. B. für den Flußmündungsverkehr, sind Wellenlängen von 160 und 190 m vorgesehen. Für größere Entfernungen sind diese Wellenlängen nicht geeignet. Man wird hier auf kurze Wellen zurückgreifen müssen, da der Bereich der langen Wellen mit Telegraphiesendern bereits so stark besetzt ist, daß lange Wellen für neueinzurichtende Gegensprechanlagen nicht mehr in Frage kommen. Während bei der Benutzung von langen Wellen der Empfang — besonders während der Sommermonate — stark unter atmosphärischen Störungen zu leiden hat, bereiten bei kurzen Wellen die Schwunderscheinungen (Fading) und Doppelzeichen[4] Empfangsschwierigkeiten.

Bei Benutzung verschiedener Wellenlängen für beide Sprechrichtungen ergeben sich einfachere Bedingungen für die Ausgestaltung der Anlagen, als wenn für beide Richtungen die gleiche Wellenlänge benutzt wird. Man wird also, soweit es der verfügbare Wellenbereich zuläßt, für den Gegensprechverkehr zwei Wellen vorsehen.

4. Maßnahmen zur Beseitigung von Rückkopplung und Echo. Gabelabgleich mit Echosperren. Fadingregelung. Sprachbetätigte Rückkopplungssperrer.

Wir haben schon gesehen, daß beim beiderseitigen Anschluß der drahtlosen Strecke an das Fernsprechnetz besondere Maßnahmen getroffen werden müssen, um Rückkopplung und damit Pfeifen zu vermeiden. Die Verbindung des Senders und des Empfängers jeder Seite kann also nicht unmittelbar mit dem Leitungsnetz erfolgen; es müssen vielmehr besondere Schaltungen vorgesehen werden. Die einfachste Anordnung ist der Gabelabgleich mit Leitungsnachbildung. Diese Anordnung wird benutzt im Sprechverkehr über Leitungen zur Verbindung von Vierdrahtleitungen mit Zweidrahtleitungen.

Während bei reinen Drahtverbindungen die Dämpfungsverhältnisse ziemlich konstant bleiben, haben wir bei der drahtlosen Verbindung mit starken Schwankungen der Dämpfung zu rechnen. Diese Schwankungen sind besonders groß bei kurzen Wellenlängen durch Schwunderscheinungen (Fading). Es dürfte also eine normale Gabel für eine Kurzwellenverbindung ohne weiteres nicht ausreichen, um Rückkopplung zu vermeiden.

Von Siemens & Halske ist eine Anordnung entwickelt worden, die eine Kompensation der durch Fading hervorgerufenen Störungen bezweckt. Die Einrichtung ist so getroffen, daß neben der Sprache ein konstanter Ton von etwa 2750 Hz, der oberhalb des Sprachfrequenzbandes liegt, ausgestrahlt wird (vgl. Abb. 7). Auf der Empfangseite der Gegenstation ist durch Gitterpotentialverlagerung bis zu einem gewissen Grad ein Ausgleich der Schwunderscheinungen möglich. Diese Kompensation von S & H kann in Verbindung mit einer normalen Gabel arbeiten.

Auf ganz anderem Prinzip beruhen die Rückkopplungssperrer, die durch die Sprache selbst betätigt werden. Die Einrichtung ist hierbei ganz allgemein so getroffen, daß durch die Sprachlaute selbst mit Hilfe besonderer Einrichtungen möglichst trägheitslos Umschaltungen vorgenommen werden, derart, daß nur immer ein Weg, z. B. vom Empfänger zum Leitungsnetz oder vom Leitungsnetz zum

---

[2] H. Mayer u. Nottebrock, Echosperrer für Fernsprechverbindungen, Siemens-Z. Bd. 6, S. 446.

[3] W. Hahn, Kleine drahtlose Fernsprechanlage für Schiffe, Dt. Schiffahrt 1925, S. 408.

[4] E. Quäck u. H. Mögel, Hörbarkeitsgrenzen und günstigste Verkehrszeiten bei Kurzwellen auf den einzelnen Überseelinien, El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 542. Doppel- und Mehrfachzeichen bei Kurzwellen, El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 45.

Sender durchgeschaltet ist, während der andere für die Zeit unterbrochen wird. Auf diese Rückkopplungsperrer soll im nachstehenden näher eingegangen werden.

5. Doppelbetätigte Rückkopplungssperrer.

Bei der Telephonieverbindung Nordamerika—England[5] werden solche doppelbetätigten Rückkopplungssperrer angewendet.

Bei dieser Verbindung, die am 7. I. 1927 eröffnet worden ist, wird für beide Richtungen das gleiche Frequenzband (die mittlere Wellenlänge beträgt etwa 5000 m) benutzt. Es wird hier beim Besprechen des Senders nur das eine Seitenband ausgestrahlt, während das andere Seitenband und die Trägerwelle unterdrückt werden. Dies wird dadurch erreicht, daß unter Zuhilfenahme von zwei verschiedenen Hilfsfrequenzen und geeigneter Siebketten den Verstärkerkreisen der letzten Stufen des Senders nur ein Sprachband von 58,5 ... 61,5 kHz (5130 bis 4870 m) zugeführt wird. Eine nähere Beschreibung der Senderanlage ist u. a. in einem Referat in der ETZ und in der El. Nachr. Techn. erschienen[6]. Auf der Empfangsseite ist es — um die Sprache aufnehmen zu können — erforderlich, entsprechende Hilfsfrequenzen dem Empfänger zuzuführen und geeignete Siebkreise einzuschalten.

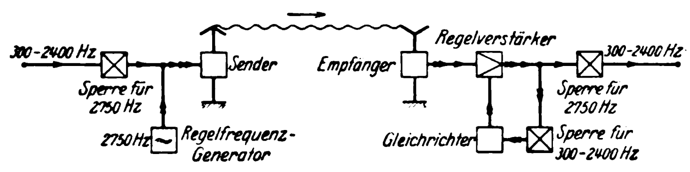


Abb. 7. Fadingregelung.

Hierdurch wird das dem Sender zugeführte Sprachfrequenzband wiederhergestellt.

Da bei dieser Verbindung mit der gleichen Wellenlänge für beide Richtungen gearbeitet wird, sind zur Vermeidung von Rückkopplung besondere Maßnahmen erforderlich. Betrachten wir zuerst nur die eine Seite der Verbindung (vgl. Abb. 5), so haben wir hier einen Stromkreis: Sender S_1, Verbindungsleitung, Anschlußpunkt an die Fernsprechleitung P_1, Verbindungsleitung, Empfänger E_1. Wäre keine besondere Maßnahme getroffen, so würden die vom Sender S_1 ausgehenden Sprachschwingungen auch von dem Empfänger E_1 derselben Seite aufgenommen werden und zu einer Rückkopplung führen. Um dies zu vermeiden, muß nun dafür gesorgt werden, daß zu den Zeiten, während welcher der Sender besprochen wird, also Schwingungen ausstrahlt, der auf derselben Seite befindliche Empfänger von der Leitung abgetrennt wird.

Dieses Abschalten des Senders bzw. des Empfängers geschieht nun mit Hilfe von Rückkopplungssperrern, die von der Sprache gesteuert werden. Auf der amerikanischen Seite werden mechanische Relais benutzt, während auf der englischen Seite Röhrenanordnungen vorgesehen sind, die nach dem Prinzip der Gitterpotentialverlagerung arbeiten. Die Wirkungsweise dieser Geräte ist im Grunde genommen die gleiche. In Abb. 8 ist das Schema eines solchen Rückkopplungssperrers dargestellt. Im Ruhezustand, d. h. wenn keiner der beiden Teilnehmer spricht, ist der Empfänger mit der Leitung L verbunden, während der Senderstromkreis, d. h. die Verbindung zwischen Sender und Leitung gesperrt ist. Nimmt nun der Empfänger Zeichen auf, so gelangt die Sprache über Verstärker EV, Punkt E, Verstärker VE und Gabel G über Leitung L zum Teilnehmer T. Wegen des unvollkommenen Gabelabgleichs geht ein Teil der Sprache über den Punkt S zum Verstärker V und könnte den Sendeverstärker SV öffnen. Um dies zu vermeiden, wird vom Punkt E aus abgezweigt und ein Teil der Sprache nach Gleichrichtung (GE) dem Verstärker V zugeführt, wodurch dieser außer Betrieb gesetzt wird und keine Öffnung des Sendeverstärkers SV bewirken kann.

Soll nun von der Leitung L aus über den Sender gesprochen werden, so wird zuerst ein Teil der Sprache vom Punkt S abgezweigt, über den Verstärker V geleitet und mittels des Gleichrichters GS gleichgerichtet. Diese gleichgerichtete Spannung dient nun dazu, dem Verstärker EV im Empfangstromkreis eine so große negative Vorspannung zu geben (durch Gitterpotentialverlagerung), daß dieser gesperrt wird. Außerdem gelangt ein Teil der gleichgerichteten Spannung zu dem Verstärker SV des Sendestromkreises, dem eine so große positive Vorspannung zugeführt wird, daß er dadurch betriebsbereit wird. Die von der Leitung über S kommenden Sprachlaute werden dann verstärkt dem Sender zugeführt.

Die eben geschilderte Anordnung bezieht sich auf die Anlage des General Post Office in London, bei der mit Gitterpotentialverlagerung gearbeitet wird. Bei der Anlage in Amerika werden mechanische Relais benutzt, mit denen mit Hilfe des gleichgerichteten Hilfsstromes mechanische Umschaltungen bewirkt werden. Die Arbeitsweise ist aber sonst genau die gleiche wie bei der beschriebenen englischen Anlage.

Man kann solche Schaltgeräte, bei denen sowohl von der Empfang- wie von der Sendeseite aus Steuervorrichtungen betätigt werden, als doppelbetätigte Rückkopplungssperrer bezeichnen. Eine solche Doppelbetätigung ist notwendig, wenn für beide Sprechrichtungen die gleiche Wellenlänge benutzt wird. Auch bei Verwendung verschiedener Wellen ist diese verhältnismäßig komplizierte Schaltung nötig, wenn im Ruhezustand der Empfangsweg geöffnet und der Sendeweg gesperrt sein soll.

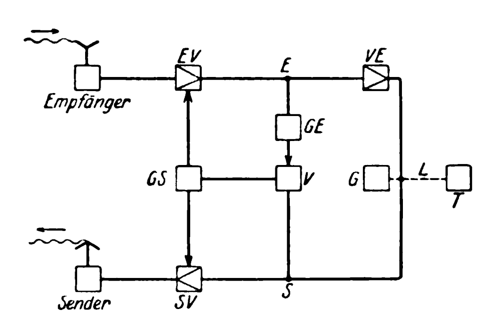


Abb. 8. Doppelbetätigter Rückkopplungssperrer.

6. Einfachbetätigte Rückkopplungssperrer.

Arbeitet man bei einer drahtlosen Gegensprechanlage mit verschiedenen Wellenlängen für beide Richtungen, so kann man eine wesentlich einfachere Schaltung anwenden, wenn im Ruhezustand nicht der Senderverstärker sondern der Empfangsverstärker gesperrt ist. In diesem Fall braucht der Rückkopplungssperrer nur von einer Seite aus betätigt zu werden, u. zw. von der Empfangseite aus. Man kann solche Rückkopplungsperrer als einfachbetätigte Rückkopplungssperrer bezeichnen. Im Reichspostzentralamt ist ein solcher Rückkopplungssperrer[7] entwickelt worden. Seine grundsätzliche Schaltung zeigt Abb. 9. Im Ruhezustand, d. h. wenn keiner der beiden Teilnehmer spricht, ist bei dieser Anordnung der Sendestromkreis betriebsbereit, während der Empfangstromkreis gesperrt ist. Spricht nun der Teilnehmer T, so gelangt seine Sprache über die Leitung L und den Sendeverstärker SV zum Sender, ohne daß an dem Ruhezustand irgend etwas geändert wird. Nimmt dagegen der Empfänger Sprache auf, so muß die Verbindung zwischen Empfänger und Teilnehmer, die, wie wir gesehen haben, gesperrt ist, erst geöffnet werden. Dies geschieht dadurch, daß ein Teil der Sprache in Punkt E abgezweigt und über einen Verstärker V einem Gleichrichter GE zugeführt wird, der seinerseits sowohl mit dem Empfangsverstärker EV als auch mit dem Sendeverstärker SV in Verbindung steht.

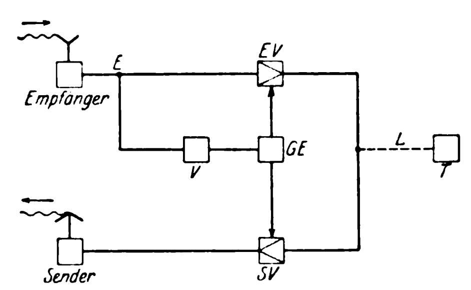


Abb. 9. Einfachbetätigter Rückkopplungssperrer.

[5] H. D. Arnold u. L. Espenschied, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 42, S. 815. — L. Espenschied, C. N. Anderson u. A. Beiley, El. Commun. 1925, S. 7; Post Off. El. Engs. J. Bd. 20, S. 51; Bell syst. techn. Journ. Bd. 6, S. 736. — E. Wollner, El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 489. — K. W. Waterson, Bell. syst. techn. Journ. Bd. 7, S. 187. — O. B. Blackwell, Bell syst. techn. Journ. Bd. 7, S. 168.

[6] ETZ 1923, S. 712; El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 489.

[7] W. Hahn u. H. Warncke, Ein neuer Rückkopplungssperrer El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 522.

Die gleichgerichteten Ströme des Gleichrichters bezwecken nun eine Öffnung des Empfangsverstärkers *EV* und gleichzeitig eine Sperrung des Sendeverstärkers *SV*.

Als Schaltorgane für diesen neuen Rückkopplungssperrer werden Magnetronröhren verwendet, die gegenüber dem mechanischen Relais praktisch trägheitslos sind. Auch gegenüber der Anordnung mit Gitterpotentialverlagerung haben die Magnetronröhren den Vorzug, daß zwischen dem Steuerkreis und dem Anodenkreis keine galvanische Verbindung besteht, so daß bei der Benutzung der gleichen Stromquelle keine Störungen auftreten können. Die Magnetronröhren sind mit zwei Wicklungen versehen, nämlich einer Ruhewicklung und einer Arbeitswicklung. Von diesen Wicklungen dient die Ruhewicklung zur Erzeugung einer konstanten Vormagnetisierung, die so eingestellt wird, daß die im Sendestromkrei liegende Röhre (*SV* in Abb. 9) ihre betriebsmäßig erforderliche Verstärkung hat. Dies entspricht also dem Ruhezustand, d. h. die Leitung ist über diese Röhre mit dem Sender in betriebsfähigem Zustand verbunden. Die Arbeitswicklung ist im Ruhezustand stromlos.

Die Einrichtung ist also so getroffen, daß die von der Leitung zum Sender gelangenden Ströme nur den Sender beeinflussen können, ohne sonstige Schaltvorgänge zu bewirken.

Schaltvorgänge werden erst bewirkt, sobald der Empfänger Sprache aufnimmt. Diese Zeichen gelangen über die Empfangsmagnetronröhre (entspr. *EV* in Abb. 9) zur Leitung *L* erst dann, wenn dieser Weg geöffnet worden ist. Diese Magnetronröhre hat nämlich im Ruhezustand eine so große Vormagnetisierung erhalten, daß sie gesperrt ist; diese Sperrung muß erst aufgehoben werden. Ein Teil der vom Empfänger kommenden Ströme wird abgezweigt und über einen Verstärker (*V*) einem Gleichrichter (*GE*) zugeführt. Der gleichgerichtete Strom durchfließt nun in Reihe die beiden Arbeitswicklungen der Magnetronröhren. Die Schaltung dieser beiden Wicklungen ist derart, daß durch das Zusammenwirken von Steuerstrom und Ruhestrom das Sendemagnetron (*SV*) gesperrt und das Empfangsmagnetron (*EV*) geöffnet wird. Die vom Empfänger kommenden Sprechströme gelangen also nur in die Leitung *L*, jedoch nicht zum Sender *S*; sie können also nicht wieder ausgestrahlt werden.

7. Neue Versuche mit Gegensprechen auf kurzen Wellen zwischen Berlin—Hamburg und Berlin—Buenos Aires.

Vom Reichspostzentralamt wurde in Gemeinschaft mit den Firmen Siemens & Halske und Telefunken eine Versuchsanlage geschaffen, mit der weitere Versuche auf dem Gebiet des drahtlosen Gegensprechens durchgeführt werden sollen. Neben der Untersuchung der durch die Benutzung von kurzen Wellen auftretenden Erscheinungen waren die für den Anschluß des Fernsprechnetzes notwendigen Schalteinrichtungen zu erproben. Zu diesem Zweck wurden zwei Kurzwellensender beschafft, von denen der eine in Bergedorf bei Hamburg, der andere in Döberitz[8] bei Berlin aufgestellt wurde. Diese kristallgesteuerten Sender sind mit mehreren Stufen gebaut und haben ein Endrohr von 20 kW Aufnahme. Sie sind angeschlossen an horizontale Dipole. Da der Döberitzer Sender für andere Versuche benötigt wurde, hat die Firma Telefunken auf dem Gelände der Großfunkstelle Nauen einen kleinen Ersatzsender, der ebenfalls mit horizontalen Dipolen arbeitet, zur Verfügung gestellt.

Auf der Hamburger Seite ist die Empfangsanlage in Altengamme in der Nähe von Bergedorf untergebracht. Die entsprechende Empfangsanlage auf der Berliner Seite befindet sich auf dem Gelände der Telefunken-Gesellschaft in Geltow bei Potsdam. Neben dieser Empfangsanlage wird auch zeitweise ein Empfänger im Reichspostzentralamt in Berlin-Tempelhof herangezogen.

Sender und Empfänger jeder Seite sind durch Leitungen mit der Gabelstelle verbunden. Auf der Hamburger Seite befindet sich die Gabelstelle im Fernamt Hamburg, auf der Berliner Seite zeitweise im Reichspostzentralamt, zeitweise im Wernerwerk der Siemens & Halske A. G.

Anfangs wurde mit Wellen zwischen 30 und 35 m gearbeitet. Es hatte sich jedoch bald gezeigt, daß die Schwunderscheinungen auf diesem Wellenbereich für die vorliegende Versuchsstrecke außerordentlich störend zutage traten, so daß es nötig wurde, die Wellenlänge zu erhöhen. Nach mehrmaligem Wechsel der Wellenlänge wurde der größte Teil der Versuche dann auf den Wellenlängen von 70 und 75 m ausgeführt. Auch auf diesen Wellen traten noch starke Schwunderscheinungen auf.

[8] G. Kette. Der Kurzwellensender „AFK" in Döberitz. Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd. 17, S. 305. Ref.: ETZ 1929, S. 268.

Der erste Teil der Versuche bezog sich auf Stabilitätsmessungen der drahtlosen Verbindungen. Es wurde hier sowohl mit als auch ohne Fadingregelung von Siemens & Halske gearbeitet. Diese Fadingregelung, die bereits erwähnt wurde, soll dazu dienen, die durch die Schwunderscheinungen hervorgerufenen Lautstärkeschwankungen so weit zu kompensieren, daß noch eine Sprachverständigung möglich ist. Für diese Versuche wurde folgende Anordnung getroffen:

Sender und Empfänger jeder Seite wurden unter Zuschaltung einer regelbaren Dämpfung miteinander verbunden. Die eine Dämpfung, z. B. auf der Berliner Seite, wurde auf einen konstanten Wert eingestellt, während die Dämpfung auf der Gegenseite, also in Hamburg, verändert wurde. Zu jedem Wert dieser Dämpfung wurde dann festgestellt, wie oft bzw. wie lange innerhalb eines bestimmten Zeitraumes Rückkopplung und damit Pfeifen auftrat. Die veränderliche Dämpfung wurde dann schrittweise so weit vergrößert, bis eine Rückkopplung nicht mehr beobachtet werden konnte. Diese Versuchsreihe wurde durchgeführt mit und ohne Fadingregelung. Da infolge Fading die Dämpfungsverhältnisse der drahtlosen Strecke sich ständig ändern, so ist es erklärlich, daß ohne Benutzung der Fadingregelung eine viel größere Dämpfung in Hamburg eingeschaltet werden mußte, um die Rückkopplung zu verhindern, als wenn mit dieser Regelung gearbeitet wurde. Abb. 10 zeigt diese Ergebnisse als Mittelwert aus zwei Versuchstagen. Auf der Ordinate ist angegeben, wie lange je Minute ein Pfeifen auftrat, während die Abszisse die entsprechenden, jeweils eingestellten Dämpfungswerte in Hamburg zeigt. Die Dämpfung in Berlin wurde auf 3 Neper konstant gehalten. Wie die Kurven zeigen, ist der unstabile Bereich etwa 3 Neper mit Regelung und etwa 8 Neper ohne Regelung.

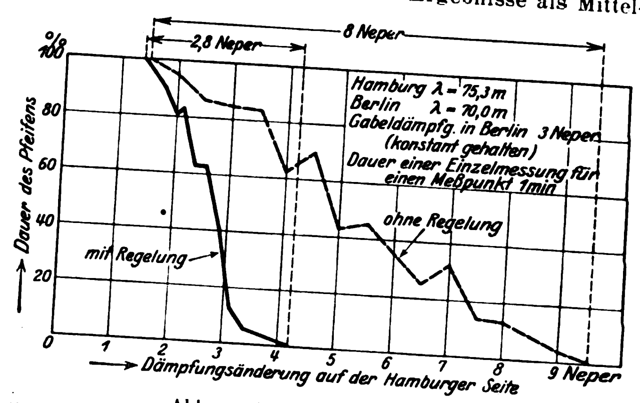


Abb. 10. Stabilitätsmessungen.

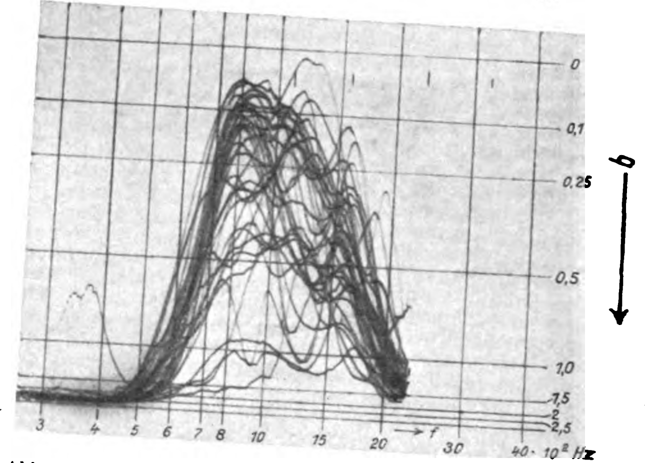


Abb 11. Schwunderscheinungen innerhalb des Sprachfrequenzbandes.

Interessante Beobachtungen sind gemacht worden hinsichtlich der innerhalb des Sprachfrequenzbandes auftretenen Schwunderscheinungen (selektives Fading). Abb. 11 zeigt die oszillographische Aufnahme der für die einzelnen Frequenzen verschiedenen Dämpfungsverhältnisse. Die Kurven wurden am 21. XII. 1928 um 12 h 30 min aufgenommen; Dauer einer Messung 4 ... 5 s. Wie zu ersehen ist, ist von einer gewissen Regelmäßigkeit nicht die Rede. Die Dämpfung der einzelnen Fre-

quenzen ist sehr verschieden. Es erklärt sich hieraus die bei der Telephonie mit kurzen Wellen öfter beobachtete vorübergehende Unklarheit in der Sprache, ohne daß dabei die Gesamtlautstärke der Sprache schwankt. Dies rührt eben von den die einzelnen Sprachfrequenzen verschieden beeinflussenden Schwunderscheinungen und Interferenzen her.

Außer diesen Untersuchungen wurden mit Rückkopplungssperrern Versuche aufgenommen. Diese Versuche sowie die Arbeiten zur weiteren Durchbildung dieser Geräte sind noch nicht abgeschlossen.

Nachdem bereits im Sommer 1927 erfolgreich Sprache von Berlin nach Buenos Aires übertragen werden konnte, wurden im Frühjahr 1928 von Telefunken Gegensprechversuche zwischen diesen beiden Städten begonnen. Diese Versuche wurden dann unter Mitwirkung des Reichspostzentralamts fortgeführt und zu einem gewissen Abschluß gebracht. Da sich gezeigt hat, daß diese Verbindung für den öffentlichen Verkehr geeignet ist, konnte dieser am 10. XII. 1928 eröffnet werden[9].

Auf deutscher Seite wird vorerst zur Übertragung der Sprache ein Versuchsender auf der Großfunkstelle Nauen benutzt. Zum Empfang der von Buenos Aires kommenden Sprache dient eine Empfangsanlage auf dem Gelände der Transradio-Gesellschaft in Geltow bei Potsdam. In Argentinien befindet sich der Gegensender auf der Großfunkstelle Monte Grande der Transradio Argentina (25 km von Buenos Aires entfernt), der Empfänger auf der Empfangsanlage in Villa Elisa (vgl. Abb. 12).

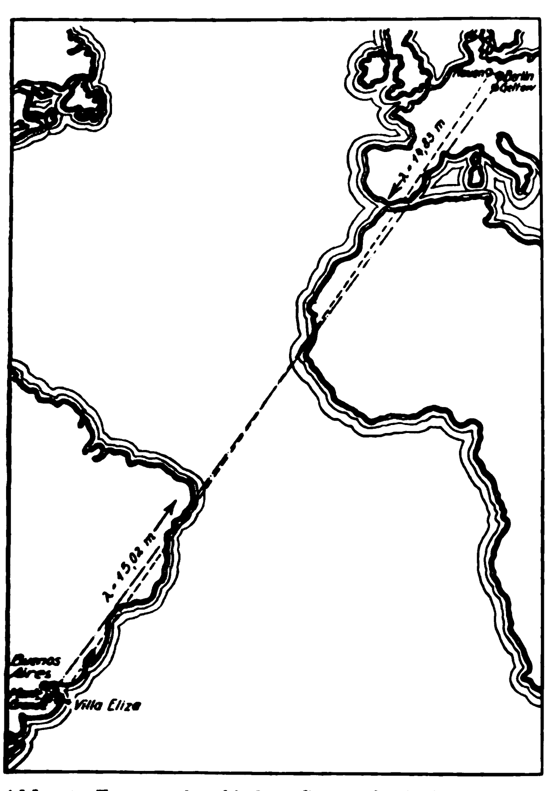


Abb. 12. Fernsprechverbindung Deutschland—Argentinien.

Beide Sender sind von Telefunken gebaut, besitzen Kristallsteuerung und in der letzten Kaskade wassergekühlte Röhren. Sie stehen in Verbindung mit Strahlwerfern, die zur Vermeidung einer rückwärtigen Strahlung mit Reflektoren versehen sind. Auch für die Empfänger sind auf beiden Seiten ähnlich gebaute Strahlwerferantennen vorhanden. Die Wellenlänge des Nauener Senders beträgt 14,83 m, die des argentinischen Senders 15,02 m.

Auf argentinischer Seite sind Sender und Empfänger durch Leitungen mit der Betriebszentrale der Transradio Argentina in Buenos Aires verbunden, wo sich die Sprechstelle für das Publikum befindet. Telephon und Mikrophon sind nicht miteinander verbunden, es besteht also auf dieser Seite z. Z. noch eine offene Schaltung. Auf deutscher Seite ist dagegen der Anschluß an das Fernsprechnetz bereits durchgeführt. Die Gabelstelle befindet sich in dem neuen Berliner Verstärkeramt in der Winterfeldtstraße, von wo aus über das Fernamt der Anschluß zu den Teilnehmern hergestellt wird. An der Gabelstelle ist vorerst eine gewöhnliche Gabel mit Leitungsnachbildung vorgesehen, die einerseits an das Fernsprechnetz, anderseits über Leitungen mit dem Sender und dem Empfänger in Verbindung steht. Da auf der Gegenseite in Argentinien keine elektrische oder akustische Verbindung zwischen Sender- und Empfängerkreis besteht, ist eine Rückkopplung — auch bei ungünstigem Abgleich der Gabel — nicht möglich, ein Pfeifen kann also nicht auftreten.

Anders steht es nun aber mit dem Echo, da auf der langen Strecke von 12 000 km der Lauf der drahtlosen Wellen bereits eine merkbare Zeit erfordert. Spricht der Teilnehmer in Buenos Aires, so wird ein Teil seiner Sprache wegen des unvollkommenen Gabelabgleichs auf der Gegenseite über den Sender in Nauen wieder ausgestrahlt, wodurch er seine eigene Sprache mit einer gewissen Verzögerung wieder hört. Dieses Echo tritt auf nach einer Zeit von etwa $^1/_{12}$ s, entsprechend einer Wegstrecke von etwa 24 000 km. Das Echo ist für den Betrieb sehr störend, da der Sprecher den Eindruck hat, als würde er dauernd von der Gegenseite unterbrochen. Es ist deshalb nötig, an der Gabelstelle Echosperren vorzusehen.

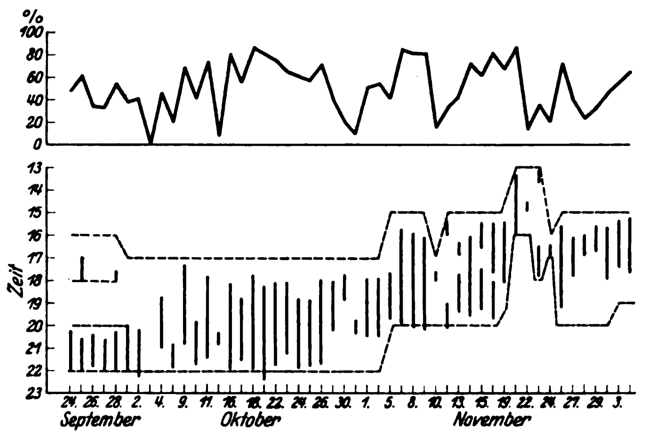


Abb. 13. Gegensprechversuche Berlin—Buenos Aires.

Vor Eröffnung des Betriebes wurde eine längere Versuchsreihe aufgenommen, um zu ermitteln, welches hinsichtlich der drahtlosen Übertragung die günstigste Verkehrszeit ist, und ferner, wieviel Gespräche trotz der noch vorhandenen Störungen durch Fading als brauchbar angesehen werden können. In Abb. 13 ist für die Monate September bis November 1928 die jeweilige Versuchszeit angegeben. Die Zeit, während der eine gute Verständigung zwischen Berlin und Buenos Aires möglich war, ist durch senkrechte Striche dargestellt. Die oben abgebildete Kurve zeigt den Prozentsatz von der gesamten Versuchszeit an, bei der beiderseitig gut verstanden werden konnte.

Die für den Fernsprechverkehr angesetzte Betriebszeit ist 15 ... 18h. Diese Zeit ist für die Übertragung günstig und liegt für Buenos Aires ganz, für Berlin teilweise innerhalb der Geschäftszeit. Der Zeitunterschied zwischen Buenos Aires und Berlin beträgt etwa fünf Stunden.

8. Ausblick auf weitere Entwicklung des drahtlosen Gegensprechens. Wellenlänge. Fadingkompensation. Unterdrückung der Trägerwelle. Geheimtelephonie. Gleichzeitige Telegraphie und Telephonie mit einem Sender.

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, daß infolge der starken Besetzung des Bereichs der langen Wellen für die drahtlose Telegraphie diese Wellen für neu einzurichtende Gegensprechanlagen nicht mehr in Frage kommen. Für Fernsprechdienste auf große Entfernungen bleiben daher nur die kurzen Wellen übrig, die sich ja, wie die Telegraphie zeigt, für große Entfernungen besonders eignen.

Ein großer Übelstand der kurzen Wellen sind die Schwunderscheinungen (Fading). Es ist daher besonderes Augenmerk zu richten auf die weitere Durchbildung von Schaltanordnungen und sonstige Mittel, mit denen die durch Fading hervorgerufenen Störungen beseitigt oder wesentlich verringert werden können.

Sollte infolge der Verbreitung der drahtlosen Telegraphie und Telephonie auch auf dem Gebiet der kurzen Wellen ein Wellenmangel eintreten, so kann man auch hier

[9] K. Höpfner, Neue Funkfernsprechverbindungen, Europ. Fernspr. 1928, H. 9, S. 159. Ref.: ETZ 1928, S. 1410. — W. Hahn, Der Fernsprechverkehr Deutschland—Argentinien, Die Sendung 1929, S. 79.

zu einer Verschmälerung des Frequenzbandes übergehen, d. h. man kann die Kurzwellentelephoniesender so bauen, daß sie nur ein Seitenband ausstrahlen, während die Trägerwelle und das andere Seitenband unterdrückt werden.

Diese Art von Telephonie würde gleichzeitig das Mithören durch Unbefugte erschweren. Es wird sich auf die Dauer wohl nicht durchführen lassen, das drahtlose Fernsprechen in der bisherigen Form aufrechtzuerhalten. Es wird nötig sein, Maßnahmen zu ergreifen, die Sprache so zur Ausstrahlung zu bringen, daß sie mit den gewöhnlichen Empfängern nicht aufnehmbar ist.

Im Interesse der Wirtschaftlichkeit wäre noch zu prüfen, inwieweit der gleiche Sender sowohl für Telegraphie als auch für Telephonie gleichzeitig benutzt werden kann. Diese Doppelausnutzung kann dadurch geschehen, daß das zu übertragende Sprachfrequenzband begrenzt wird und außerhalb dieses Sprachbandes der Sender noch mit Telegraphie (Unterlagerungstelegraphie oder Überlagerungstelegraphie) betrieben wird.

Vorarbeiten und Versuche auf diesen für die Weiterentwicklung des drahtlosen Gegensprechens wichtigen Gebieten sind bereits aufgenommen worden.

Die Elektrizität in Peru.

Von **Otto Zobernig**, Hda. Chucarapi.

Durch das Fortschreiten der kulturellen Entwicklung im allgemeinen und durch die wirtschaftlichen Zusammenhänge ist für Peru als Teil des südamerikanischen Festlandes der Stand der Elektrizitätswirtschaft gekennzeichnet. Bei etwa 5 Mill Einwohnern und einem Landausmaß von zweiundeinhalbmal der territorialen Größe des Deutschen Reiches stellt Peru mit seinen reichen Bodenschätzen und dem dauernd zunehmenden Durchgangsverkehr nach dem Innern des Festlandes einen wirtschaftlich bedeutungsvollen Staatskomplex dar. Beeinflußt durch die aufkeimende landwirtschaftliche und metallurgische Eigenindustrie und eine anscheinend tatkräftige Staatspolitik der letzten Jahre, wächst der Bedarf an industriellen Einrichtungen deutlich wahrnehmbar an. Der Einfluß, den die Vereinigten Staaten von Amerika bis nach dem Weltkriege auf das peruanische Wirtschaftsleben fast ausschließlich ausüben konnten, hat sich teilweise zugunsten europäischer Länder gewandelt, ein Erfolg, der wohl hauptsächlich dem Umstande zu danken ist, daß fortschreitende Technik und einsetzende Propaganda mehr als ehedem Hand in Hand gingen und so der gewaltigen U. S. A.-Reklame eine, wenn auch nur mäßige Parallele schufen. Keineswegs ist aber das Ausmaß der möglichen Beteiligung an der Einfuhr nach Peru von seiten Deutschlands, Englands, Frankreichs und der nordischen europäischen Länder wie auch der Schweiz schon erreicht, so daß in der Zukunft weiterhin gesteigerte und zielbewußte Arbeit zu leisten bleibt. Im besonderen sind es Westinghouse, die General Electric Co. und die SSW, die hierzulande ihre elektrotechnischen Erzeugnisse absetzen konnten. Auf dem Gebiet der Wasserkraftmaschinen treten J. M. Voith und italienische Firmen häufig als Hersteller hervor. Wärmekraftanlagen zur Erzeugung elektrischer Energie arbeiten zum großen Teil mit Dieselmotoren, da die Brennstoffpreise als sehr günstig für die Verwertung gelten können. Hier behaupten wieder amerikanische, englische und deutsche Fabrikate das Feld. Die Erzeugung und der Verbrauch elektrischer Arbeit sind wegen der Eigenart der ländlichen Siedlungsverhältnisse mengenmäßig noch sehr gering. Die wenigen Städte des Landes besitzen meist Wasserkraftwerke und decken ihren Spitzenbedarf durch Wärmekraft. Hauptsächlich wird der abgegebene Strom für Beleuchtungszwecke verwendet. Zuckerfabriken, Reismühlen und Minenbetriebe als die fast allein vorhandenen Industrien decken ihren Bedarf mit eigenen Anlagen. Staat und Gemeinden sind als kommunale Einheiten an der Stromerzeugung und -lieferung gar nicht beteiligt. Der Einfluß, den die Behörden auf die Errichtung elektrischer Kraftanlagen ausüben, beschränkt sich auf die Erteilung der Baubewilligung und auf die geringe Besteuerung dieser Betriebe. Wohl bestehen hinsichtlich der technischen Durchführung von Kraftwerksbauten sogen. Errichtungsvorschriften, etwa nach einem italienischen Muster, doch beweisen durchweg alle bestehenden Anlagen einerseits das geringe Interesse, das man diesen Bestimmungen entgegenbringt, und anderseits die fehlende Kontrolle durch den Staat. Die Strompreise schwanken je Kilowattstunde zwischen 32 und 80 Pf für Lichtstrom. Das Zählersystem ist nur in den größeren Städten anzutreffen. Ortschaften bis zu 3000 Einwohner sind noch meist ohne elektrisches Licht, größere Siedlungen erhalten ihren Strom von in der Ortschaft selbst errichteten Dieselkraftwerken, die jedoch nur in den Nachtstunden in Betrieb sind. Hier kostet der Strom für die 25 W-Glühlampe als Einheit 4 RM/Monat. Für Kochzwecke wird verhältnismäßig wenig Strom abgegeben, für Heizzwecke kommt ein Absatz wegen der klimatischen Verhältnisse des Landes nicht in Betracht. Als Stromart steht in den Städten hauptsächlich Drehstrom zu 50 Hz, in den Ortschaften Gleichstrom (Zweileiter, 220 V) zur Verfügung. Kleinere Gutshöfe erwerben in letzter Zeit häufig dieselelektrische Maschinensätze von 2 ... 5 kW Leistung. Geschlossene Stromlieferungsgesellschaften zur Versorgung der ländlichen Bezirke bestehen nicht. Wohl sind Bestrebungen einzelner Kapitalistengruppen festzustellen, Versorgungsanlagen zu errichten und ausgedehnte Leitungsnetze zu bauen, doch wird die Durchführung vorderhand wohl noch auf unüberwindliche Schwierigkeiten stoßen, welche sich aus den wirtschaftlichen und landeseigentümlichen Verhältnissen ergeben. Mehr Erfolg dürfte in dieser Beziehung den einzelnen privaten Unternehmen beschieden sein, die es sich zur Aufgabe machen wollen, Ortschaften und kleinere Städte durch Einzelanlagen in den betreffenden Bezirken zu elektrisieren. Diese Einrichtungen lassen sich außerordentlich wirtschaftlich erstellen und betreiben. So gibt die folgende Zahlentafel für ein hier errichtetes kleines Dieselkraftwerk eine Übersicht der Rentabilität. Es ist nur während der Nacht (12 Arbeitstunden täglich) in Betrieb und hat weder einen Reservemaschinensatz noch Akkumulatoren. Der verhältnismäßig niedere Anschaffungswert wurde durch die günstige zentrale Lage der gesamten Anordnung erreicht. Bis zu einer installierten Leistung von 50 PS ist jedes elektrische Kraftwerk laut Gesetz steuerfrei und nicht zu irgendwelchen sonstigen Abgaben an die Gemeinde u. dgl. verpflichtet. Der Stromlieferungsvertrag wurde mit der Gemeinde als Vertreterin der Bevölkerung abgeschlossen.

A. Einnahmen

Stromabsatz für 1000 Brennstellen zu je 25 W bei einem Strompreis von 3,60 RM/Monat	43 200 RM	
Stromabsatz für Straßenbeleuchtung 4 kW zu 0,09 RM je 1 W/Monat	4 320 „	
Summe der Einnahmen		47 520 RM

B. Ausgaben

a) Direkte Ausgaben:

1. Rückzahlung des Anlagekapitals bei 5jähriger Amortisation	6 000 RM	
2. Verzinsung des Anlagekapitals zu 10 %	4 000 „	
3. Betriebsmittel für 50 PS-Dieselmotor, u. zw. Betriebstoff zu 0,10 RM, Betriebsöl zu 0,64 RM/kg	5 500 „	
4. Unterhaltungskosten, Putz- u. Schmiermittel	2 000 „	
5. Gehalt des Verwalters . .	5 000 „	
6. Löhne	3 000 „	
7. Bureauhaltung	1 000 „	
8. Versicherung und Repräsentation	2 000 „	

b) Indirekte Ausgaben:

9. Wertabschreibung auf Bauten, installierte Maschinen und Materialien	2 000 „	
Summe der Ausgaben		30 500 RM
Sonach jährlicher Reingewinn		17 020 „

Alle Elektrizität erzeugenden Unternehmungen des Landes sind in finanzieller Hinsicht äußerst rentabel. Auf besonders gute architektonische Bauweise u. dgl. wird keinerlei Wert gelegt, leider aber auch in bezug auf Betriebsicherheit bei der Errichtung von solchen Anlagen wenig Rücksicht genommen. Ebenso ist das gesamte beschäftigte Personal durchgehends ungeschult und nicht zuverlässig. Es bleibt dem eingewanderten ausländischen Techniker vorbehalten, diesen Mängeln gegenüber tatkräftigst Stellung zu nehmen.

Elektrische Bahnen besitzt das Land z. Z. noch nicht, mit Ausnahme der Triebwagen in den Städten Lima und Arequipa. Die Hauptstadt Lima mit heute etwa 0,3 Mill

Einwohnern hat auch in elektrischer Hinsicht in den letzten Jahren bedeutende Verbesserungen erfahren durch die planmäßig durchgeführte Modernisierung der Stadt, die Errichtung von Villenvierteln an der Peripherie und durch hinzugekommene, rasch aufblühende Kleinindustrie. In einem Stadtteile wurde sogar bereits mit der Verkabelung begonnen.

Für den Telegraphen- und Fernsprechverkehr bestehen durchweg nur veraltete und mangelhaft organisierte Zentralen. Auch diese Einrichtungen befinden sich ausschließlich in privatem Besitz. Für den Telegraphenverkehr dient auch ein Seekabel, das, einer U. S. A.-Gesellschaft gehörend, längs der Küste von Trujillo bis Ilo finanziell mit gutem Erfolg arbeitet. Einige Funkstationen versehen den Empfangsdienst für den Schiffsverkehr. Die drahtlose Telephonie ist wegen des Fehlens von Sendestationen und der schweren atmosphärischen Störungen unentwickelt. Wohl besitzen einzelne Wohlhabende gute Empfangsapparate, doch bedeuten die angeführten Hindernisse heute noch eine zu bedeutende Hemmung für die schnellere Entwicklung dieses Zweiges.

Zusammenfassend kann man nach jahrelangen Beobachtungen und Studien sagen, daß das Land mit ernstem Willen entsprechend seiner heutigen Kultur und seiner wirtschaftlichen Bedeutung die durchgreifenden und einschneidenden Erfolge der Elektrotechnik zu erkennen und zu verwerten sucht. Das deutsche Erzeugnis ist auf dem besten Wege, sich auch in Peru seinen verdienten Platz zu erobern, und durch fortgesetzte und gesteigerte Propaganda kann das Ansehen, das Deutschland heute hierzulande besitzt, nutzbringend für beide Teile wachsen und wertvolle Beziehungen schaffen.

RUNDSCHAU.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Thermische Gasmengenmesser (Thomas-Messer). — Der thermische Gasmengenmesser wurde zuerst von C. Thomas entwickelt und wird deshalb gewöhnlich als Thomas-Messer bezeichnet. Die Wirkungsweise des Instrumentes beruht darauf, daß die Gastemperatur erhöht, diese Temperaturzunahme und die dafür aufgewendete Wärmemenge genau gemessen wird. Da man die spezifische Wärme bei konstantem Druck genau kennt, so kann man das Gasgewicht, das in der Zeiteinheit fließt, daraus genau berechnen. Da man aber am Gasvolumen meist mehr interessiert ist als am Gasgewicht, so kann man auf Volumen umrechnen, wenn man den Druck und die Temperatur kennt. In der praktischen Ausführung wird das Gas elektrisch geheizt. Die Temperaturzunahme wird gemessen entweder mit zwei Widerstandsthermometern in Brückenschaltung, die vor und hinter dem Heizkörper angeordnet sind, oder mit Vielfach-Thermoelementen (einer Thermosäule).

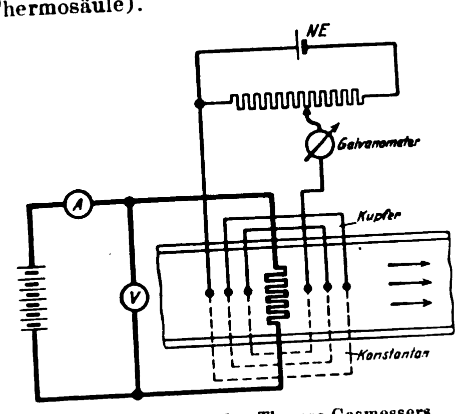


Abb. 1. Schaltung des Thomas-Gasmessers.

Eine Abhandlung von Penney und Fechheimer nimmt auf die letztere Art der Temperaturmessung Bezug und schildert die damit bei der Westinghouse Company gemachten Erfahrungen. Bei der normalen Ausführung (Abb. 1) sind der Heizkörper und die mit ihm verbundene Meßeinrichtung in einem Gehäuse aus Holz, bei den kleinsten Modellen aus Glimmer, eingebaut, das noch durch Korkplatten thermisch isoliert wird. Die Temperatursteigerung beträgt nicht mehr als 5° über die Umgebungstemperatur, der Wärmeverlust an die Umgebung ist vernachlässigbar klein. Der Heizkörper besteht aus Drahtspiralen, die über den Querschnitt gespannt werden. Seine eigene Übertemperatur beträgt nicht mehr als 50°, um die Strahlungsverluste auf das Gehäuse klein zu halten. Die Zahl der Thermoelemente beträgt 16 oder mehr, die gleichmäßig über den Querschnitt verteilt werden. Bei 25 Elementen mit je 40 µV/° C erhält man für 2° Temperaturzunahme 2 mV. Die wichtigsten Fehlerquellen sind die ungleichmäßige Erwärmung des Gases, ungleiche Geschwindigkeit und Wärmeverluste, weniger bedeutsam ist die thermische Trägheit, die Änderung der spezifischen Wärme und Feuchtigkeit. Die Trägheit nimmt mit steigender Größe des Gasmessers ab; bei großen Modellen kann man die Temperaturdifferenz schon nach 1 min bestimmen, bei den kleinen dauert es bis zu 10 min. (G. W. Penney u. C. F. Fechheimer, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 181.) *Kth.*

Kathodenstrahloszillographen und ihre Anwendung. — In ausführlicher Weise berichtet S. Lee zunächst über die Geschichte und die Entwicklung des Kathodenstrahloszillographen mit kalter Kathode und Glühkathode. Ausgehend von dem Dufour-Oszillographen hat die GEC einen Oszillographen entwickelt, der den Bedürfnissen der Betriebsforschung angepaßt ist. Die Einrichtung ist fahrbar und besteht aus zwei Teilen, der Kathodenröhre mit dem konstruktiv verbundenen Zubehör und der Vakuumvorpumpe und dem Synchronschalter zur Einleitung des aufzunehmenden Vorganges. Das Gesamtgewicht ist rd. 300 kg, die Grundfläche 2 × 3 m, der Verbrauch 4 kW bei 110 V, 60 Hz. Die Spannungsempfindlichkeit ist 200 V/cm bei Erzeugung des Kathodenstrahles mit 60 kV zwischen Anode und Kathode. Die maximale Ablenkung ist ± 5 cm. Spannungen bis 1000 V können direkt angelegt werden. Die elektromagnetische Ablenkungsempfindlichkeit ist 120 A.-W./cm, gleichfalls bei 60 kV. Mit den Spulen selbst können Ströme von einigen Milliampere (alles Scheitelwerte) bis zu einigen 1000 A oszillographiert werden, darüber werden Nebenwiderstände verwendet. Die Aufzeichnung erfolgt auf einem Filmstreifen für sechs Aufnahmen, die Fortschaltung durch einen eingeschliffenen Drehknopf. Für niedrigere Frequenzen wird ein bewegter Film mit 50 cm Länge verwendet. Die bei diesem Oszillographen verwendete Hilfsfrequenz[1] kann von 20 ... 1000 kHz geändert werden.

Der Aufsatz bringt neun schöne Aufnahmen mit diesem Oszillographen. Dem Berichterstatter scheint, daß die Leistungsfähigkeit des Original-Dufour-Oszillographen nicht überboten worden ist und daß sich die Verbesserungen im wesentlichen auf leichte Handhabung und die transportable Anordnung beziehen. Sicher ist es aber, daß die Leistungen des unter der Leitung von Rogowski an der T. H. Aachen entstandenen Kathodenstrahloszillographen bei weitem nicht erreicht worden sind, im Vergleich zu diesem und dem bei der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen entwickelten fällt vor allem auf, daß die Zeitablenkung bei den deutschen Apparaten sehr viel eleganter gelöst ist. Wenn aber aus dem GEC-Oszillographen noch nicht das Letzte herausgeholt worden ist, so ermöglicht er doch Forschungen in dem Gebiete der dem Schleifenoszillographen verschlossenen hochfrequenten Schwingungen, und er hat vor den anderen Oszillographen den Vorteil, daß er jetzt schon käuflich ist. (E. S. Lee, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 404.) *Kth.*

Beleuchtung.

Notbeleuchtung der Fördermaschinenräume. — Für Fördermaschinenräume ist von der Bergbehörde eine Notbeleuchtung vorgeschrieben, die beim Versagen der Hauptlichtleitung in Tätigkeit treten muß. Die Fuchsgrube in Waldenburg hat daher in den Stromkreis der Hauptbeleuchtung *a* (Abb. 2) einen Magnet *b* geschaltet. Solange die Magnetspule stromdurchflossen ist, wird der Kern *c* angehoben, beim Versagen der Beleuchtung tritt eine Unterbrechung des Stromkreises ein, so daß der Eisenkern durch

[1] Vgl. Keinath, Meßgeräte, 3. Aufl., Bd. 1, S. 421.

sein Gewicht aus der Spule fällt und über den Quecksilberkontakt *d* die Notbeleuchtung *e* einschaltet. Der Hebelschalter *f* gestattet, eine zwangläufige Verbindung der Haupt- und Notbeleuchtung, so daß beide gleichzeitig entweder ein- oder ausgeschaltet sind. Als Kraftquelle ist für Fördermaschinen mit Gleichstromantrieb die Erregermaschine des Ilgner-Umformers verwendbar, weil bei Störungen im Drehstromnetz der Umformer durch die im Schwungrad aufgespeicherte Energie noch etwa 20 ... 30 min lang eine genügende hohe Drehzahl hat, um eine ausreichende Spannung für die Raumbeleuchtung zu gewährleisten. Bei Dampf- oder Drehstromantrieb dient als Kraftquelle eine besondere Batterie. (R. Brandes, Glückauf Bd. 65, S. 509.) *y*

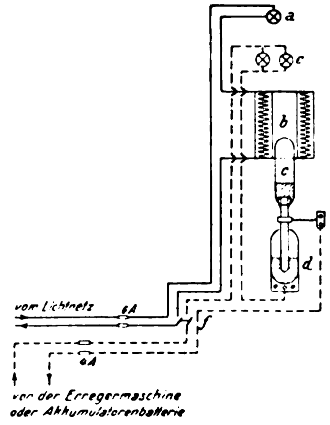


Abb. 2. Notbeleuchtung für Fördermaschinenräume.

Temperatur und Leuchtdichte der amerikanischen Glühlampen der neuen Einheitsreihe. — Die neue Einheitsreihe der Mazda-Lampen, welche, wie auch bei uns in Deutschland, eine größere Anzahl der früheren Lampentypen ersetzen soll, wird durch elektrische Glühlampen gebildet, bei denen auch bei den Vakuumlampen der Wolframglühdraht nicht mehr geradfädig ausgespannt sondern in Wendelform angeordnet ist, und bei denen der Glaskolben nicht außen sondern auf der Innenseite mattiert ist. Die Reihe besteht aus den Größen 15, 25, 40, 50, 60 und 100 W. W. E. Forsythe und E. M. Watson von der General Electric Company geben einen Überblick über die Vorzüge, welche diese neuen Lampen gegenüber den früheren auszeichnen.

Bei den Vakuumlampen scheint zunächst mit der Anordnung des Leuchtdrahtes in Wendelform eine Verschlechterung der Lichtausbeute verbunden zu sein. Infolge der Strahlungschwärzung wird nämlich bei gleicher Temperatur des Leuchtdrahtes bei einem zu einer Wendel gewickelten Draht eine kleinere Lichtmenge ausgestrahlt als wenn der Draht gerade ausgespannt wäre, denn zum Teil werden sich Drahtabschnitte überdecken, während anderseits ein Teil des ausgestrahlten Lichtes Reflexionen an Wolframoberflächen erleidet und aus dem Innern der Wendel kommt (Strahlungschwärzung), wodurch aber die für die Lichtausbeute günstige Selektivität der Wolframstrahlung herabgedrückt wird. Andere Einflüsse rufen dagegen eine Erhöhung der Lichtausbeute hervor, welche diese Nachteile überkompensieren. Zunächst ist bei gleicher Glühtemperatur die Verdampfung des Wolframs kleiner und damit die Lebensdauer bei der Wendelform größer als bei gerade ausgespanntem Draht, es kann also bei gleicher Lebensdauer des Leuchtkörpers die Wendelform auf höherer Temperatur gehalten werden. Bei der Anordnung in Wendelform können ferner die kleinen Halter zur Befestigung des Drahtes, welche eine beträchtliche Wärmeableitung an den Berührungsstellen und damit eine Temperaturverminderung des Drahtes zur Folge haben, von etwa 10 Stück bei den Langdrahtlampen auf etwa 3 Stück bei den Wendellampen herabgesetzt werden, wodurch sich ein Gewinn an Lichtausbeute von etwa 3 % ergibt. Ferner kann infolge der gegenseitigen Anstrahlung der einzelnen Wendelabschnitte bei gleichen Werten von Temperatur und Energieverbrauch ein dickerer Draht gewählt werden. Mit der Anordnung in Wendelform kann schließlich die gesamte Lampengröße kleiner gehalten werden, was beim Versand der Lampen eine große Rolle spielt. Zur Herabsetzung der für das menschliche Auge schädlichen starken Leuchtdichte werden die Lampen mattiert, wobei dann noch dadurch ein Lichtgewinn erzielt werden kann, daß die Lampen nicht auf der Außenseite sondern auf der Innenseite mattiert werden. Während die Lichtverluste gegenüber einer Klarglaslampe bei einer Außenmattierung etwa 5 ... 10 % betragen, gehen sie bei der Innenmattierung auf etwa 1 % zurück. Die Leuchtdichte der hellsten Stelle der mattierten Lampe beträgt etwa den 50. Teil der Leuchtdichte des Glühfadens.

	Watt	Type	Spezifische Lichtausbeute in HLm/W	Maximale Temperatur in abs. Graden	Maximale Leuchtdichte der mattierten Lampe HK/cm²	Leuchtdichte des Glühfadens der klaren Lampe HK/cm²
Einheitsreihe der Mazda-Lampen von 115 V	15	Vakuum	9,55	2475	4,5	238
	25	„	10,5	2510	5,0	272
	40	„	11,3	2545	6,1	308
	50	Gasgefüllt	11,65	2660	10,0	476
	60	„	12,55	2695	10,5	543
	100	„	14,9	2755	13,9	665

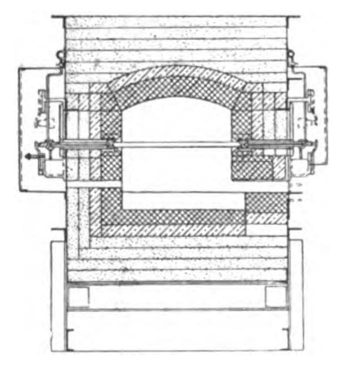
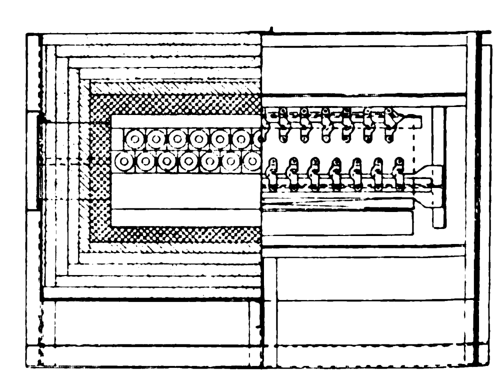
Vorstehende Zahlentafel gibt die Lichtausbeuten, die absoluten Temperaturen des Leuchtdrahtes, die Leuchtdichten der hellsten Stellen der mattierten Lampen und die Leuchtdichten des Glühfadens bei den klaren Lampen. (W. E. Forsythe u. E. M. Watson, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 532.) *Schb.*

Heizung. Öfen.

Elektrisch geheizte Öfen bei der Ford Motor Co. — Bei der Ford Motor Co. befindet sich wahrscheinlich die größte Gruppe von elektrisch geheizten Öfen in einem Gebäude. Im ganzen sind 115 Öfen in Betrieb mit einem Gesamtstromverbrauch von 20 000 kW, von denen 68 Öfen zur Anfertigung von Federn, 28 Stück für Schmiedestücke und 11 Öfen für andere Zwecke dienen.

Drehstrom von 13 200 V wird in das Gebäude eingeführt und in zwei Verteilungstationen auf 220 bzw. 440 V umgeformt. In den 76 Öfen der Federnschmiede können 6000 hintere Federn und 12 000 vordere Federn für den neuen Fordwagen in zwei 8 h-Schichten angefertigt werden.

Die Widerstände bestehen aus Nickelchrom in den Öfen, in denen die Temperatur 810° nicht übersteigt. In einigen der Öfen sind Kästen aus einer Karbidzusammensetzung verwendet, die mit gemahlenem Kohlenstoff gefüllt sind. Andere sind mit Globar-Widerständen ausgerüstet, einem nichtmetallischen Widerstand, welcher Siliziumkarbid im Aussehen ähnlich ist. Die Widerstände aus Metallbändern für Temperaturen bis zu 1037° aus 80 % Ni und 20 % Cr befinden sich schon ein Jahr ohne bemerkbaren Verschleiß an Querschnitt in Betrieb. Die Globar-Widerstände eignen sich besonders für Schmiedeöfen für Temperaturen von 1230 ... 1270°. Sie halten 1000 ... 1200 h aus. Die 28 Öfen der Schmiede verbrauchen 7732 kW. Die Widerstände haben einen Durchmesser von rd. 32 mm und sind 700 mm lang. In jedem Ofen befinden sich 27 Heizelemente, die auf 1 Ofen 337 kW bei 220 V verbrauchen. Diese Öfen, Abb. 3, sind außen 2,45 m breit, 1,2 m tief und 2,8 m hoch; durch die Ausmauerung wird eine Heizkammer von 1,68 m Breite, 560 mm Tiefe und 575 mm Höhe geschaffen. In dem Ofen können 450 kg/h Stahl auf 1225° erwärmt werden.



Abb. 3. Elektrischer Ofen zur Anfertigung von Federn.

Die Widerstandsöfen mit eingebauten Kästen, Abb. 4, dienen zum Erwärmen von 905 kg Stahl stündlich auf 1225° bei einem Stromverbrauch von nicht über 400 kW/t. Eingesetzt werden Knüppel von 65 × 65 mm und 215 mm Länge. Die Öfen sind außen 3,66 m lang und 2,13 m

breit. Das Gewölbe ist abhebbar. Die Heizelemente bestehen aus einem mit Deckel versehenen Kasten aus Siliziumkarbid, der mit feinem Graphit gefüllt ist. Der Kasten erstreckt sich durch den ganzen Ofen und ist an den Enden mit passenden Stromverbindungen versehen.

Außerdem befinden sich bei den Fordwerken noch 19 elektrisch geheizte Öfen zum Härten der Kurbelwellen sowie andere Öfen für verschiedene Zwecke. Im Walzwerk werden zwei elektrisch geheizte kontinuierliche Öfen zum Wärmen von Knüppeln benutzt, die 400 bzw. 300 kW verbrauchen und mit einer Temperatur von 1095° betrieben werden. Sechs andere Schmiedeöfen mit

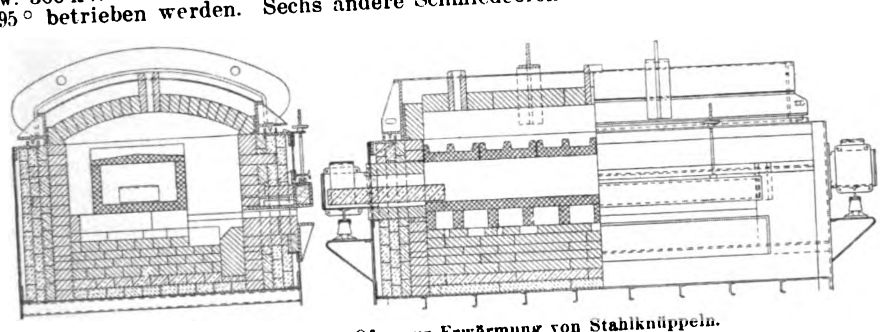


Abb. 4. Elektrischer Ofen zur Erwärmung von Stahlknüppeln.

einem Gesamtstromverbrauch von 2700 kW und zwei kontinuierliche Härteöfen von je 300 kW vervollständigen die Einrichtung im Walzwerk.

Alle Öfen sind mit Thermoelementen zur Kontrolle der Temperatur versehen. Die Vorteile der elektrisch geheizten Öfen bestehen darin, daß sie wenig Raum beanspruchen und einen sehr sauberen Betrieb gestatten. Der Arbeiter kann dicht am Ofen stehen, ohne durch ausstrahlende Hitze belästigt zu werden. Bei der Ford Co. sind alle Öfen außen mit Aluminiumfarbe angestrichen, wodurch die Ausstrahlung verringert wird. (F. L. Faurote, The Iron Age Bd. 122, S. 73.) *Ill.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Kraftfluß-Durchsetzung und Kraftlinien-Verkettung. — Bei der Behandlung der Frage der Streuung bei induktiv verketteten Kreisen ist es nötig, die beiden Begriffe Kraftfluß und Kraftlinie wohl voneinander zu unterscheiden. Bei zwei Stromkreisen *1* und *2*, in denen im gleichen Zeitpunkt die Ströme J_1 und J_2 fließen, ist der Fluß, der die Kreise durchsetzt, gegeben durch

$$\Phi_1 = \int_{F_1} \operatorname{rot}\left[\int \frac{\mathfrak{J}_1\, d\tau_1}{r_{1p}} + \int \frac{\mathfrak{J}_2\, d\tau_2}{r_{2p}}\right] d f_1$$

$$\Phi_2 = \int_{F_2} \operatorname{rot}\left[\int \frac{\mathfrak{J}_1\, d\tau_1}{r_{1p}} + \int \frac{\mathfrak{J}_2\, d\tau_2}{r_{2p}}\right] d f_2,$$

wenn r_{1p} und r_{2p} die Abstände des Punktes p von dem Volumenelement $d\tau_1$ und $d\tau_2$ bezeichnen und df_1 und df_2 die Flächenelemente der von den Kurven *1* und *2* begrenzten Flächen F_1 und F_2 sind. In der üblichen Darstellung schreibt man die beiden Flüsse in der Form

$$L_1 i_1 + M i_2 = \Phi_1, \qquad L_2 i_2 + M i_1 = \Phi_2.$$

Sollen die Flüsse unterteilt werden, so daß sie einen gemeinschaftlichen Teil und jeweils einen zu i_1 bzw. zu i_2 proportionalen Teil enthalten, so kommt man zu folgendem Gleichungssystem:

$$L_1 i_1 + M i_2 = \Phi + A i_1,$$
$$L_2 i_2 + M i_1 = \Phi + B i_2.$$

Dieses System besitzt unendlich viele Lösungen, was im Widerspruch damit zu stehen scheint, daß es sicherlich Kraftlinien gibt, die nur den einen oder anderen Stromkreis umschlingen. Der Widerspruch löst sich aber, wenn man auf die Definition der Kraftlinien zurückgeht, die besagt, daß z. B. für axialsymmetrische Felder $d y / d x = B y / B x$ sein muß. Aus dieser Differentialgleichung folgt, daß die Kraftlinien, gleichviel ob sie nun mit einem oder beiden Stromkreisen verkettet sind, von den Strömen in beiden Kreisen abhängen. (L. Fleischmann, Arch. El. Bd. 21, S. 312.)

Dielektrische Verluste in ölgetränktem Papier. — Le Ghait hat mit Hilfe statischer Kondensatoren an verschiedenen ölgetränkten Papiersorten Messungen angestellt und Aufschluß über Abhängigkeiten des Leistungsfaktors von der Spannung, Frequenz, Temperatur u. a. m. des zu untersuchenden geschichteten, inhomogenen Dielektrikums gegeben. Die das ölgetränkte Papier enthaltenden Kondensatoren waren zum Schutz gegen äußere Einflüsse völlig gekapselt. Zur Messung wurde der Kondensator in Reihe mit einer einstellbaren Induktivität, einem Leistungs- und einem Stromzeiger und einem Widerstand an die Wechselspannung gelegt; durch Abstimmung auf Resonanz wurden eine sinusförmige Kurve und $\cos\varphi = 1$ erzielt. Die Verluste in der Induktivität waren für jede Einstellung durch vorherige Eichung ermittelt; sie wurden samt den Verlusten in den Meßinstrumenten von der Wattmeterablesung subtrahiert, und man erhielt so die Verluste im Kondensator. Bei niedrigen Frequenzen lagen 12 Kondensatoren zu je 6 parallel und diese beiden Gruppen in Reihe. Abb. 5 zeigt $\cos\varphi$ in Abhängigkeit von der Feldstärke nach Messung an einem Kondensator, der zehn Lagen von 0,029 mm starkem Papier (70 % Baumwolle, 30 % Holzfaser) enthielt; nach Trocknung im Vakuum bei 125° war die Tränkung mit Transformatorenöl vorgenommen. Beachtlich ist die $\cos\varphi$-Abnahme mit steigender Feldstärke, die starke Frequenzabhängigkeit und der charakteristische Verlauf der Kurve *d* für 60 Hz, welcher oberhalb von etwa 4000 V/mm konstant wird, d. h. unabhängig von der Dicke des Dielektrikums.

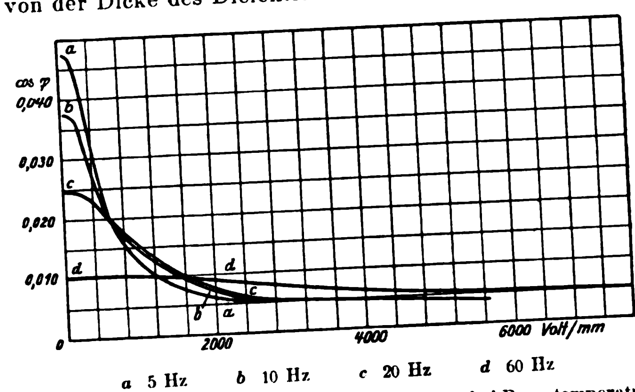


Abb. 5. cos φ in Abhängigkeit von der Feldstärke bei Raumtemperatur.

Zum näheren Studium der sog. V-Kurven ($\cos\varphi = f$ [Temp.]) fanden Versuche mit Temperaturen zwischen $-15°$ und $+100°$ statt. Ein Beispiel gibt Abb. 6. Kurve *A* gehört zu einem mit reinem Paraffinöl getränkten Kondensator, Kurven *B* und *C* zu Naphthaölen mit verschiedenen Anteilen an ungesättigtem Kohlenwasserstoff; die Spannung war die gleiche. An einem mit Xylol getränkten Kondensator wurden die in Zahlentafel 1 angegebenen $\cos\varphi$-Werte erhalten:

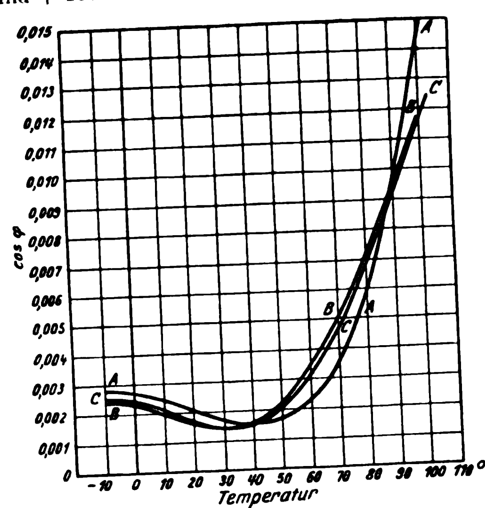


Abb. 6. V-Kurven bei verschiedenen Tränkungsölen.

Zahlentafel 1.

bei	— 10	0	+ 10	+ 20°	
	0,0093	0,0105	0,0142	0,0205	bei 3 540 V/mm
	0,007	0,008	0,01	0,014	„ 7 500 „
	0,0068	0,0078	0,0093	0,012	„ 11 800 „

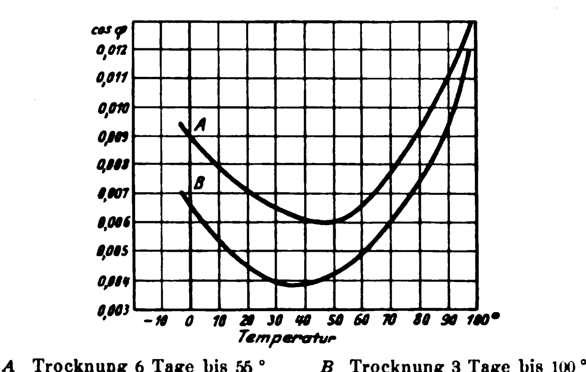
Hier steigt cos φ stark mit der Temperatur, der Einfluß der Feldstärke ist merklich: je höher diese, um so flacher die Kurve.

Bezüglich der Bedeutung der Papiersorte wurde festgestellt, daß unter sonst gleichen Bedingungen einerseits für Papier aus 70 % Baumwolle + 30 % Holzfaser und anderseits für Leinenpapier bei 10 ° cos φ = 0,004, bei 70 ° cos φ = 0,0068 bzw. 0,006 und bei 100 ° cos φ = 0,016 bzw. 0,01 war, d. h. grobe Papierstruktur bedingt höhere Verluste. Abb. 7 zeigt Messungen an zwei verschieden lange und bei verschiedenen Temperaturen getrockneten Kondensatoren sonst gleicher Art. Der Einfluß von Feuchtigkeitsresten zeigt sich bei Kurve *A* deutlich, nimmt aber bei hohen Temperaturen stark ab. Für einige Temperaturwerte zeigt Zahlentafel 2, wie der cos φ vor und nach der Tränkung und Trocknung verläuft (bei der Feldstärke 4330 V/mm).

Zahlentafel 2.

cos φ bei	0	20	40	60°
Vor jedem Trocknen	0,03	0,093	—	—
nach 16 h Trocknen im Vakuum (75°)	0,007	0,0095	—	—
„ weiteren 24 h Trocknen im Vakuum (125°)	0,0045	0,0037	0,0028	0,0028
„ Tränkung im Vakuum bei Raumtemperatur	0,0026	0,0023	0,0015	0,0028

Aus einem steilen Anstieg des cos φ zwischen 0 und 20 ° wird eine schwache Abnahme.



A Trocknung 6 Tage bis 55 ° *B* Trocknung 3 Tage bis 100 °

Abb. 7. Feuchtigkeitseinfluß auf die V-Kurven bei 3540 V/mm und 60 Hz

Die von P. Dunsheath ausgesprochene Ansicht, daß sich die V-Kurve aus einer mit der Temperatur steigenden (β-) und einer fallenden (α-) Komponente zusammensetzt, greift Le Ghait zur theoretischen Deutung der Kurven von Abb. 7 auf. Danach sind für die Kurven *A* und *B* die β-Komponenten gleich, die α-Komponente ist jedoch bei *A* größer. Daraus folgt, daß α von dem Feuchtigkeitsgehalt im Papier abhängt und daß die hiervon herrührenden dielektrischen Verluste mit wachsender Temperatur abnehmen. Die in der vorstehenden Zahlentafel zum Ausdruck gebrachte Versuchsreihe bestätigt diese Schlüsse. Weitere theoretische Erwägungen führen zu der Ansicht, daß die steigende β-Komponente teils auf die Papiertemperatur, teils auf dielektrische Verluste zufolge von anomalen, d. h. nicht dem Ohmschen Gesetz gehorchenden, in den Öleinschlüssen zwischen den Papierfasern entstehenden Strömen zurückzuführen ist. (E. R. Le Ghait, The Electric Journ. Bd. 26, S. 187.) *Eg.*

Hochspannungstechnik.

Die Belastbarkeit von Hochstromerdungen und verwandte Erwärmungsprobleme. — Nach Aufstellung der Grundgesetze der Wärmebewegung im elektrischen Strömungsfeld und Zusammenstellung der zur Verfügung stehenden mathematischen Lösungsmethoden werden die Temperaturfelder von Erdungen zur Bestimmung ihrer Belastbarkeit berechnet. Es wird zunächst der stationäre Zustand untersucht, und hierbei werden die verschiedenen Elektrodenformen und Kühlverhältnisse: die Elektrodenkühlung, die Erdoberflächenkühlung und Strahlung, in ihrer Wirkung auf die Stromerwärmung miteinander verglichen. Es ergibt sich, daß die höchstzulässige Erdungsspannung, mit der eine Elektrode mit Rücksicht auf die Bodenerwärmung stationär betrieben werden kann, unabhängig von der Elektrodenform im einzelnen ist und durch Kühlung von etwa 150 bis auf 350 V erhöht werden kann. Bei Dauerbelastung muß daher der Erdwiderstand um so kleiner sein, je größer die Stromaufnahme ist, was auf große Abmessungen bzw. Parallelschaltung von Einzelelektroden führt. Auf Erdoberflächenkühlwirkung ist im allgemeinen nicht zu rechnen. Die stationären Grenzströme sind sehr gering, entsprechend der sehr kleinen Wärmeleitfähigkeit des Bodens.

Die Belastungsfähigkeit hängt daher lediglich bei vorübergehenden kurzen Belastungen von der hohen Wärmekapazität des Erdreiches (Wassergehalt) ab, die einen Strombelag der Elektrodenfläche von 100 A/m² einige Minuten lang aufnimmt, ohne daß das Wasser herausdampft und somit die Stromführung unterbrochen wird. Die Untersuchung des thermischen Ausgleichvorganges ergibt den Temperaturgang nach Ein- und Abschalten des Erdstromes. Aus dem Erwärmungsvorgang ersieht man, daß mit einer merklichen Wärmeabströmung erst nach einigen 100 h Einschaltdauer gerechnet werden kann. Auch die Elektrodenkühlung wird daher erst nach entsprechend langer Belastungszeit wirksam, da ihr Kühlstrom nur langsam in der Heizzone vorrückt und das Temperaturmaximum nach außen in seine stationäre Zone schiebt.

Es werden Mittel zur Erhöhung der Belastungsfähigkeit von Erdern angegeben. Die Stabilitätsuntersuchung ergibt, daß eine gleichmäßige Stromverteilung an der Elektrodenfläche erstrebt werden soll, was zugleich der Bedingung geringsten Widerstandes bei gegebener Fläche entspricht. Weitere Anwendungen der Rechnungen, z. B. zur Ermittlung der Kontakterwärmung bei Schaltern, der Erwärmung von Maschinen u. a., sind angeführt. Auch hier regelt sich der Temperaturanstieg im allgemeinen nach einem komplizierteren als dem logarithmischen Gesetz. (W. Peters, Dissertation T. H. Berlin 1928.) *Sb.*

Verschiedenes.

Neue Normblätter des DNA. — Eisenbahnwagenbau: DIN Vornorm WAN 572 (Auswahl aus Din Vornorm 2440) Flußstahlrohre, Gasrohre. — WAN 511 Blatt 3, Sonder-Formstahl, Abmessungen, Gewichte.

Lokomotivbau: DIN LON 103 Vierkante und Vierkantlöcher nach DIN 79. — LON 2138 Große Waschluke mit Pilz, Zusammenstellung. — LON 2139 Große Waschluke mit Pilz, Einzelteile. — LON 3226 Selbstschluß-Wasserstandanzeiger, Hahngriffe. — LON 5010 Kolbenringe, Überstreifringe. — LON 6201 Kesselbekleidung, Übersicht.

Grundnormen, Allgemeines: DIN 1510 Kreisscheiben für schreibende Meßgeräte.

Bauwesen: DIN 1915 Versetzbare Einzelgaragen, Abmessungen, Beschaffenheit, Standort. — 1031 I- und U-Profile für Stahlskelettbau, Abmessungen und statische Werte.

Eisenbahnwesen: DIN 1564 Rohrverbindungstücke, Muffen, Übergangsmuffen. — 1565 Rohrverbindungsstücke, Nippel, Übergangsnippel. — 1566 Rohrverbindungstücke, Doppelnippel, Übergangsdoppelnippel. — 1567 Rohrverbindungstücke, T-Stücke, Übergangs-T-Stücke. — 1568 Rohrverbindungstücke, Kreuz-Stücke. — 1569 Rohrverbindungstücke, Winkel-Stücke, Hosen-Stücke. — 1585 Bügelgriffe, stehend, gerade, schräg.

Nähmaschinen: DIN 5301 Blatt 1 und 2, Nähmaschinen-Zubehör. — 5302 Blatt 1 und 2, Nähmaschinen-Möbel, Beschlagteile. — 5303 Nähmaschinen-Nadeln (Nadelsystem 705). — 5304 Nähmaschinen-Möbel, Tischplatten.

Bergbau: DIN BERG 1252 Blatt 1 und 2, Drahtseile für Bergwerksbetrieb, Flachseile. — BERG 1253 Drahtseile für Bergwerksbetrieb, Drahtlitzen und Drahtseile für Hammersignale. — BERG 2491 Elektrische Grubenbahnen, 900 mm Spurweite, Bremsklötze, Zusammenstellung. — BERG 2492 Elektrische Grubenbahnen, 900 mm Spurweite, Bremsschuhhalter, Einzelteile. — BERG 2493 Elektrische Grubenbahnen, 900 mm Spurweite, Bremsschuh mit Ansatz. — BERG 2494 Elektrische Grubenbahnen, 900 mm Spurweite, Bremsschuh ohne Ansatz, Einzelteile.

Chemische Geräte: DIN DENOG 48 Meßkolben mit glattem Hals.

Krankenhauswesen: DIN Vornorm FANOK 4 Kranken-Nachttisch, Geltungsdauer der Vornorm bis Ende April 1930. — FANOK 5 Eiserner Stuhl für Krankenanstalten, Geltungsdauer der Vornorm bis Ende Dezember 1930. — FANOK 7 Liegestuhl, Geltungsdauer der Vornorm bis Ende Dezember 1930.

Textilindustrie: DIN TEX 4514 Kettbaumscheiben aus Stahlblech mit Klemmuffe. — TEX 4650 Picker für

leichte Oberschlagstühle. — TEX 4700 Wechselkarten für gewöhnliche 6schützige Revolverwebstühle. — TEX 4701 Wechselkarten für 6schützige Revolver-Überspringerwebstühle. — TEX 2 Harnischschnur. — TEX 4507 Kettbäume aus nahtlosem Flußstahlrohr. — TEX 4530 Wechselräder für mechanische Webstühle, Konstruktionsblatt. — TEX 4531 Schaltrad für mechanische Webstühle, Konstruktionsblatt.

Hauswirtschaft: DIN 2011 Normaldosen für Gemüsekonserven. — 2012 Normaldosen für Obstkonserven. — 2013 Dosen für Gurkenkonserven.

Kraftfahrbau: DIN Vornorm KrK 663 Anschluß für Zentralschmierung an Fahrgestellen. — KrL 216 Felgenprofillehren für Wulstfelgen für Krafträder nach DIN Vornorm KrW 123. — KrM 113 Geschlitzte Scheiben, Ventilschaftenden. — KrM 114 Geteilte Kegelstücke, Ventilschaftenden.

Energiewirtschaft.

Die Elektrisierungspläne Harrimans in Polen. — In enger Anlehnung an den vom polnischen Ministerium für öffentliche Arbeiten entworfenen Elektrisierungsplan[1] schreitet das erste große Projekt seiner Verwirklichung entgegen. Es handelt sich um eine Elektrisierungskonzession, die der Firma W. A. Harriman & Co., Inc., New York, erteilt werden soll. Wie aus Kreisen, die der polnischen Regierung nahestehen, verlautet, ist die Erteilung der Konzession an die Harriman-Gruppe zur Errichtung und Betriebsführung von Elektrizitätswerken und Legung eines Leitungsnetzes, das das Gebiet von sechs Woiwodschaften ganz, beziehungsweise teilweise umfaßt, bereits grundsätzlich entschieden. Die Unterzeichnung des Konzessionsvertrages soll, wie es heißt, schon Mitte August erfolgen.

Inzwischen wird gemäß Art. 1 des polnischen Elektrisierungsgesetzes vom 16. V. 1922[2] in den einzelnen, von der Konzession berührten Woiwodschaften ein sog. Ermittlungsverfahren durchgeführt werden, um die Zulässigkeit und Zweckmäßigkeit der der Harriman-Gruppe zu gewährenden Berechtigungen zu prüfen sowie strittige Fragen aufzuklären und eventuelle Forderungen dritter Personen auf gütlichem Wege zu befriedigen. Die Ermittlungen, die in öffentlichen Verhandlungen stattfinden, werden zweifellos viel interessantes Material liefern, das eine eingehende Orientierung darüber gestatten wird, in welchem Maße die Elektrisierungspläne Harrimans mit den Interessen der polnischen Unternehmungen kollidieren könnten und welche Vorteile sie dem Lande bringen werden. Irgendwelche Einwände, Vorbehalte und Forderungen in bezug auf die der Harriman-Gruppe zu gewährenden Berechtigungen bei den Ermittlungsterminen können, wie von informierter Seite versichert wird, nur eine Abänderung dieser oder jener Einzelheit des Konzessionsentwurfes herbeiführen, aber auf die Gewährung oder Nichtgewährung der Konzession an Harriman keinen Einfluß haben.

Das Konzessionsgebiet (Abb. 8) umfaßt eine Viertel des gesamten Territoriums der Republik Polen mit einer Bevölkerungsziffer von etwa 10 Mill Einwohnern. Die auf 60 Jahre begrenzte Konzessionsdauer wird nach den Richtlinien des Ministers für öffentliche Arbeiten in zwei Abschnitte zerlegt. In den ersten zehn Jahren der Konzession ist der Umfang der Investitionen genau umrissen. Das hierzu aufzuwendende Kapital wird mit 25 Mill $ angegeben. Das Investitionsprogramm für die zweite, sich auf 50 Jahre verteilende Etappe sieht einen Kapitalaufwand von etwa 80 bis 100 Mill $ vor.

Im Verlauf der ersten zehn Jahre der Konzession verpflichtet sich die Firma W. A. Harriman & Co., Inc., ein Wasserkraftwerk am Dunajec in der Nähe des Städtchens Rożnów mit einer Höchstleistung von 90 000 PS samt einem Staubecken zu erbauen. Die anfängliche Leistung will man während der ersten Jahre auf mindestens 40 000 PS bringen. Gleichzeitig mit dem Bau dieses Kraftwerks soll der Fluß Dunajec bis zur Einmündung in die Weichsel reguliert werden. Die Errichtung dieses Wasserkraftwerks wird vom polnischen Ministerium für öffentliche Arbeiten als wichtigste Vorbedingung gestellt, u. zw. mit Rücksicht auf die ungewöhnlich große Bedeutung, die diesem Projekt zukommt. Angesichts der ungünstigen natürlichen Bedingungen des Dunajec, die die Rentabilität des Werks wesentlich herabsetzen, kann dessen Errichtung und Ausnutzung sich nur dann bezahlt machen, wenn es mit einem anderen großen Wärmeelektrizitätswerk verbunden wird. Daher sieht das Elektrisierungsprojekt Harrimans den Bau einer zweiten großen Zentrale als Wärmekraftwerk im Dombrowaer Kohlenrevier vor, dessen Leistung 0,1 Mill PS überschreiten soll. Außerdem ist beabsichtigt, die Reserven der in dem Konzessionsgebiet schon bestehenden Elektrizitätswerke zu verwerten.

Da auf dem Gebiet der Woiwodschaft Schlesien das polnische Elektrizitätsgesetz vom Jahre 1922 nicht verpflichtet, ist dieser Gebietsteil von der Konzession ausgeschlossen worden. Ungeachtet dessen wurde dem Harriman-Konzern aber die Verpflichtung auferlegt, die große Überlandzentrale in Chorzow (Ostoberschlesien), die sich noch in deutschem Besitz befindet, zu erwerben.

Im Verlauf der ersten fünf Jahre des Konzessionsvertrages hat die Harriman-Gruppe eine elektrische Hochspannungsleitung für über 100 kV und in einer Länge von etwa 120 km vom Dombrowaer Kohlenrevier zum Wasserkraftwerk am Dunajec, ferner Hochspannungslinien nach den Industrierevieren von Kielce, Radom und Lodz sowie Verbindungslinien zu den einzelnen, im Konzessionsgebiet befindlichen Elektrizitätswerken zu legen, um eine enge Zusammenarbeit zwischen den künftigen und den bestehenden öffentlichen und privaten Werken zu gewährleisten und eine gemeinsame Reserve zu schaffen. Die innerhalb des Konzessionsbereiches liegenden großen städtischen Elektrizitätswerke, die Überlandzentralen in Sierza Wodna, Pruszków usw. sowie die privaten Elektrizitätswerke in den oben genannten Industriebezirken behalten ungeschmälert ihre früher erworbenen Konzessionsrechte bei. Der Plan der engen Zusammenarbeit wird also auf der Grundlage freiwilliger Vereinbarungen durchgeführt mit dem Zweck, die gemeinsamen Exploitationskosten zu verringern und sich bei eventueller Unterbrechung der Stromzufuhr gegenseitig zu unterstützen. Eine ähnliche Zusammenarbeit mit der Harriman-Gruppe strebt, wie verlautet, ein gemischtes polnisch-ausländisches Konsortium an, das sich bei der Regierung um eine Konzession für die Elektrisierung Pommerellens, der ehemaligen Provinz Posen und desjenigen Teils von Kongreßpolen bemüht, der von der Harriman-Konzession nicht umfaßt wird. Außer diesen Investitionen hat sich die Konzessionärin verpflichtet, alle Ortschaften mit

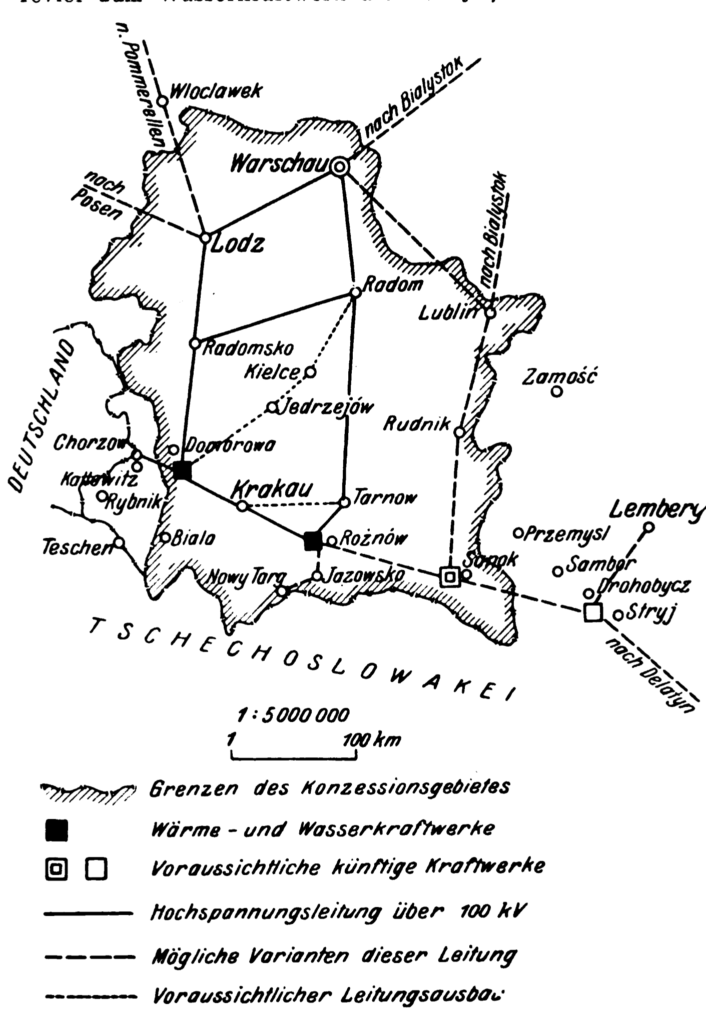


Abb. 8. Das Elektrisierungsnetz nach dem Harriman-Projekt.

[1] Vgl. hierzu ETZ 1928, S. 1633.
[2] Vgl. ETZ 1922, S. 1295.

einer Bevölkerung von über 3000 Einwohner, sofern diese noch nicht elektrisiert sind, durch provisorische Elektrizitätswerke mit Licht und Kraft zu versorgen.

Die Maximaltarife, die im Vertragsentwurf vorgesehen sind, werden um 15 bis 40 % unter den Sätzen liegen, die bei den bisherigen Konzessionen festgesetzt worden sind, mit Ausnahme des Dombrowaer Kohlenreviers, wo die neuen Tarife etwa auf dem Niveau der bisher geltenden Sätze verbleiben. Alle elektrischen Anlagen und Werke in dem ganzen Konzessionsgebiet gelten als ein Elektrizitätsunternehmen. Im übrigen lehnen sich die Bedingungen des Konzessionsvertrages eng an das Muster der ausgearbeiteten Entwürfe für Konzessionserteilungen an, aber mit einer Erweiterung dahingehend, daß eine besondere Kommission von Sachverständigen zu bilden ist, deren Vorsitzender — falls sich die Parteien über dessen Person nicht einigen sollten — vom Präsidenten des Obersten Gerichts in Warschau ernannt wird. Der Kompetenz dieser Kommission würden alle Streitfragen unterliegen, die sich aus dem Konzessionsvertrag zwischen der W. A. Harriman & Co. Inc. und der polnischen Regierung ergeben, jedoch unter Ausschluß solcher Differenzen, die die Kündigung und den vorzeitigen Auskauf der Konzession betreffen.

Alle durchzuführenden Investitionen unterliegen der Kontrolle des Finanzministeriums und des Ministeriums für öffentliche Arbeiten. Die Konzessionärin ist verpflichtet, diesen vierteljährlich eine Aufstellung der ausgeführten Arbeiten und des künftigen Investitionsprogramms zur Bestätigung einzureichen. Der Konzessionsvertrag verliert seine Gültigkeit, wenn die vorgesehenen Investitionen nicht genau nach den Richtlinien des ausgearbeiteten Programms durchgeführt werden[1].

Dr. C. Poralla.

[1] Für die Rentabilität der von Harriman geplanten Anlagen ist seine Beteiligung bei Giesche durch die American Silesian Corp. und an der polnisch-oberschlesischen Eisenindustrie (Bismarckhütte, Laurahütte) durch die Consolidated Silesian Steel Corp. von Bedeutung. D. S.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der vom Statistischen Reichsamt erfaßten 122 Elektrizitätswerke war im April 1929 um 7,7 Mill kWh geringer als im März, aber um 250,3 Mill kWh (24 %) größer als im gleichen Monat des Vorjahres. Auch arbeitstäglich zeigt sich bei 51,968 Mill kWh gegenüber dem März (52,274 Mill kWh) ein Rückgang, u. zw. um 0,306 Mill kWh, und im Vergleich zum April 1928 (45,604 Mill kWh) eine Zunahme, die 6,364 Mill kWh (14 %) ausmachte. Der Anschlußwert der von 103 Werken versorgten gewerblichen Abnehmer ist im März mit 4,335 Mill kW gegen den Vormonat (4,303 Mill kW) um 32 000 kW und gegen den Parallelmonat von 1928 (4,039 Mill kW) um 0,296 Mill kW (7 %) gewachsen. Ebenso weist der Verbrauch dieser Abnehmer eine Steigerung auf, u. zw. gegenüber dem Februar um 10,3 Mill kWh (2 %) und gegen den März 1928 um 26,1 Mill kWh (5 %). Letztere betrug arbeitstäglich bei 20,390 Mill kWh Konsum (17,916 i. V.) 2,474 Mill kWh, während sich im Vergleich zum Februar (20,813 Mill kWh) eine Abnahme um 0,423 Mill kWh (2 %) ergibt.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh: insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch: insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
I.	26	26	1443,6	1238,9	55,5	47,6	4,3	4,0	540,0	476,1	20,8	18,3	4,8	4,6
II.	24	25	1280,0	1126,4	53,4	45,1	4,3	4,0	499,5	458,4	20,8	18,3	4,8	4,6
III.	25	27	1306,9	1169,9	52,3	43,3	4,3	4,0	509,8	483,7	20,4	17,9	4,7	4,4
IV.	25	23	1299,2	1048,9	52,0	45,6	.	4,1	.	436,5	.	19,0	.	4,7

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 909.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Installationsmaterial.

Die Kommission für Installationsmaterial hat einen Entwurf zu

„Leitsätze für zweipolige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Wohnungsteckvorrichtungen 250 V 10 A) für Erdung, Nullung und Schutzschaltung"

aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. Oktober 1929 an die Geschäftsstelle zu richten.

Entwurf.

Leitsätze für zweipolige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Wohnungsteckvorrichtungen 250 V 10 A) für Erdung, Nullung und Schutzschaltung.

§ 1.

Die Leitsätze treten am 1. Januar 1930 in Kraft.

§ 2.

Steckdosen mit Schutzkontakt sind dazu bestimmt, die Gehäuse ortsveränderlicher Stromverbraucher zu erden, nullen oder an eine Schutzleitung anzuschließen.

§ 3.

Für zweipolige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt gelten außer den nachstehenden Bestimmungen die Vorschriften für Steckvorrichtungen 10 A 250 V, die in den §§ 1 bis 13 und 30 bis 45 der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K.P.I." enthalten sind.

§ 4.

Die Steckvorrichtungen sollen für mindestens 250 V und 10 A gebaut sein.

§ 5.

Steckdosen mit Schutzkontakt sollen so eingerichtet sein, daß Stecker ohne Schutzkontakt in ihnen nicht verwendet werden können.

Das Einführen des Schutzkontaktes in die Leitungskontakte muß unmöglich sein.

Die Verbindung der Schutzkontakte soll hergestellt sein, bevor sich die Polkontakte berühren. Sie sollen über Schleifkontakte geschlossen werden.

§ 6.

Die Anschlußklemme für den Schutzleiter der Dose soll für mindestens 2,5 mm², die Anschlußklemme für den Schutzleiter des Steckers für mindestens 1,5 mm² bemessen sein.

Schutzkontakte brauchen keine Isolierabdeckung zu haben. Die Schutzkontakte sollen für mindestens 10 A Stromdurchgang bemessen sein.

Schutzkontakte an der Dose sollen federnd, am Stecker nichtfedernd ausgeführt sein.

Die Anschlußklemme für den Schutzleiter der Dose soll im Innern liegen.

Der Anschluß für die Zuleitung soll als solcher kenntlich gemacht sein.

§ 7.

Die Prüfung der Isolation nach § 39 der K.P.I. ist auf die Prüfung der Schutzkontakte gegenüber den spannungsführenden Teilen auszudehnen.

Prüfungen nach § 40 der K.P.I. sind auf die Erwärmung der Schutzkontaktteile auszudehnen.

Zur Prüfung der mechanischen Haltbarkeit der Steckvorrichtung ist der Stecker ohne Strombelastung 1000-mal vollständig ein- und auszuführen.

Die Prüfung nach § 41 der K.P.I. ist dahin zu ergänzen, daß der 1,25-fache Nennstrom bei der Nennspannung durch einen Pol und durch den Schutzkontakt geleitet und im Gebrauchszustand sowie in der Gebrauchslage des Prüflings 20-mal ausgeschaltet wird, wobei ein dauernder Lichtbogen nicht auftreten darf.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

(Bekanntmachung der Prüfstelle des VDE s. S. 1032.)





Staatliches Materialprüfungsamt.

Berlin-Dahlem, Unter den Eichen 87. Fernspr.: Amt Breitenbach (G) 2751.

Bekanntmachung über Isolierpreßmassen.

Der regelmäßigen Überwachung durch das Staatliche Materialprüfungsamt unterliegen die in folgender Tabelle zusammengestellten Isolierpreßmassen, die gemäß den Bekanntmachungen des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie. Untergruppe IV der Fachgruppe 19 (ETZ Bd. 49, 1928, Heft 29, S. 1094) und der Technischen Vereinigung von Fabrikanten gummifreier Isolierstoffe E. V. (ETZ Bd. 49, 1928, Heft 29, S. 1097) typisiert sind.

Die beiden früheren vom Amt bekanntgegebenen Listen (ETZ Bd. 49, 1928, Heft 29, S. 1096 und Bd. 50, 1929, Heft 1, S. 37) werden hiermit ungültig.

Berlin-Dahlem, den 21. VI. 1929.

Der Präsident des Staatlichen Materialprüfungsamtes.

In Vertretung:

Herzberg.

Firma	Kenn-Nr. d. Firma i. Schutzzeichen	Type								
		S	0	1	2	3	4	7	8	X
Gebr. Adt, Aktiengesellschaft, Ensheim (Saargebiet)	36	—	—	—	—	Australit F	—	—	—	Australit Z
AEG, Fabrik für Isolier- und Preßmaterial, Hennigsdorf b. Berlin	38	Tenacit Type S	—	Tenacit Type 1	Tenacit Type 2	—	Tenacit Type 4	Tenacit Type 7	Tenacit Type 8	Tenacit A Type X Tenacit G Type X
Aronwerk · Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Charlottenburg	35	—	Aronit 0	—	Aronit 2	—	—	—	Aronit 8	—
Ernst Backhaus & Co., Kierspe-Bhf. i. Westf.	53	Isolit S	—	—	—	—	—	Isolit 7	—	—
Bayerische Elektrozubehör-Aktien-Gesellschaft, Lauf bei Nürnberg	67	Bezeg S	Bezeg 0	—	—	—	—	—	—	—
Bergmann-Elektricitäts-Werke, Aktiengesellschaft, Werke Rosenthal, Berlin-Rosenthal	29	Fulgurit S	Fulgurit 0	Fulgurit 1	Fulgurit 2 Fulgurit Spezial 2	Fulgurit 3	—	Fulgurit 7	—	Fulgurit X
Gebr. Berker, Schalksmühle i. Westf.	80	Isolierpanzer	—	—	—	—	—	—	—	—
Bezet-Werk Hermann Buchholz, Berlin-Neukölln	76	Bewerit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Bisterfeld & Stolting, Radevormwald (Rhld.)	70	Werkstoff Type S	Werkstoff Type 0	—	—	—	—	—	—	—
Robert Bosch A.-G., Abt. Bosch-Metallwerk, Feuerbach b. Stuttgart	55	Resiform S	Resiform 0	—	—	—	—	—	—	—
Ernst Bremicker, Kierspe-Bhf. i. Westf.	61	Toledoit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Dr. Deisting & Co., G. m. b. H., Kierspe i. Westf.	39	Isolierstahl	—	—	Isolierstoff Type 2	—	—	—	—	—
Deutsche Philips Gesellschaft m. b. H., Berlin W 35	58	—	Philit 0	Philit 1	—	—	—	—	—	—
Deutsche Xylolith-Platten-Fabrik Otto Sening & Co., G. m. b. H., Freital i. Dresden	77	—	—	—	—	—	—	—	—	Xylolith-Asbestplatte Type X
Elektrotechnische Fabrik G. m. b. H., Bebra H.-N.	22	Bebrit S	—	Bebrit 1	Rulit 2	—	—	Bebrit 7	—	—
Ellinger & Geissler, Dorfhain (Bez. Dresden)	54	Elgesit Nr. 2	Elgesit Nr. 1	Elgesit Nr. 3	—	—	—	—	—	—
August Füllgrabe & Co., Kassel	63	Fatamin	—	—	—	—	—	—	—	—
Wilhelm Geiger, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Lüdenscheid	71	Geigerit	—	—	—	—	—	—	—	—
Christian Geyer, Nürnberg	83	—	Norit Type 0	—	Norit Type 2	—	—	—	Norit Type 8	—
Paul Hochköpper & Co., Lüdenscheid	87	Hocolit	—	—	—	—	—	—	—	—
Isola Werke A.-G., Birkesdorf b. Düren (Rheinland)	40	Durax II	Durax I	—	—	Fermit I	—	—	Luxit	Fermit II
Jenalit-Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Jena	69	Jenalit B 5	Jenalit B 4	—	—	—	—	—	—	—
Julius Klein, Coburg	60	—	—	—	—	Kleinit 3	—	—	—	—
Leopold Kostal, Lüdenscheid i. Westf.	72	Poldit	—	—	—	—	—	—	—	—
Hugo Krieger & Faudt, Berlin SW 68	78	Hakalit S	—	—	—	Hakalit 3	—	—	—	—
Linden & Co., G. m. b. H., Lüdenscheid	79	Linölit	—	—	—	—	—	—	—	—
H. Mende & Co., Dresden-N.	56	Mendelith S	Mendelith 0	—	—	—	—	—	—	—
Gebrüder Merten, Gummersbach (Rhld.)	24	Merit S	—	—	Merit 2	Merit 3	—	—	Merit 8	—
Mix & Genest Aktiengesellschaft, Berlin-Schöneberg	68	Mixit S	Mixit 0	—	—	—	—	—	—	—
Müller & Ros, Coburg	66	—	—	—	—	Rosit	—	—	—	—
Preßstoffwerk Schöppenstedt Paul Schnake, Schöppenstedt	81	Roderit XXX	Roderit XX	—	Roderit XXV	—	—	—	Roderit V	—
Preßwerk A.-G., Essen	45	Thesit supra	—	—	Thesit Nr. 2	—	—	—	—	—
Preßwerk Königstein G. m. b. H., Königstein a. Elbe	65	Königstein S	Königstein 0	—	—	—	—	—	—	—
Wilh. Quante, Elberfeld	73	Wekulit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Rheinisch-Westfälische Sprengstoff-Actien-Gesellschaft, Celluloidfabrik, Troisdorf (Bez. Köln)	43	Trolit-Spezial I	Trolit-Spezial II	—	Gummon 24	Gummon 11 Gummon 25	Gummon 12	—	Gummon 180	Gummon C
H. Römmler Aktien-Gesellschaft, Spremberg N.-L.	32	Hares C Spezial	—	Hares C Spezial F	Resistan rotbraun Resistan hell	Resistan Type 3	—	Heliosit A Heliosit B Spezial	Heliosit B	Resistan E
Seckelmann & Co., Lüdenscheid i. Westf.	59	Sekolit S	—	—	—	—	—	—	—	—
Siemens-Schuckertwerke A.-G. Vertriebsabteilung Gummiwerk (VG), Berlin-Siemensstadt (Gartenfeld)	34	Eshalit E76	Eshalit E74	Eshalit E87	Eshalit E59 Eshalit E95	—	Eshalit E 61	Eshalit E81	—	Eshalit E 90
Soldin & Co., Berlin NO 43	49	Esconit S	—	—	—	Esconit 3	—	Esconit 7	—	—
Solith-Werk Sonneberg (Bierschenk & Bietzinger), Sonneberg i. Thür.	75	Solith S	—	—	Solith 4 a Solith 37	Solith 50	—	—	—	—
Süddeutsche Isolatorenwerke G.m.b.H. Freiburg i. Br.	25	—	Ricolit Type 0	—	Ricolit Type 2	Ricolit Type 3	Ricolit Type 4	Ricolit Type 7	Ricolit Type 8	—



Firma	Kenn-Nr. d. Firma i. Schutzzeichen	Type								
		S	0	1	2	3	4	7	8	X
Synthaform, G. m. b. H., Berlin-Lichterfelde-West	74	Rö S	—	—	Rö 2	—	—	—	—	—
Paul Teich, Berlin O 27	82	Teasit S	Teasit 0	—	—	—	—	—	—	—
Dr. Heinr. Traun & Söhne vormals Harburger Gummi-Kamm Co., Hamburg	21	Formolit S	Formolit 0	Formolit 1	—	Formolit 3	—	—	—	—
Gebr. Vedder, Schalksmühle i. Westf.	84	Preß-Stoff Type S	—	—	—	—	—	—	—	—
Vereinigte elektrotechnische Fabriken F. W. Busch & Gebr. Jaeger Aktiengesellschaft, Lüdenscheid	23	Bilit S	—	Bilit 1	Bilit 2	Bilit 3	—	—	—	—
Vereinigte Isolatorenwerke Aktiengesellschaft, Berlin-Pankow	31	Ambroin S	Ambroin 0	Ambroin 1	Margolit 2	Margolit 3	Margolit4	Ambroin 7	Ambroin 8	—
Gebr. Vollmerhaus, Kierspe-Bahnhof i. Westf.	50	Vollmerit S	—	—	—	—	—	—	Vollmerit 8	—
Wacker & Doerr Söhne G. m. b. H., Nieder-Ramstadt bei Darmstadt	62	Dowal 27	Dowal 21	Dowal 451	—	—	—	Dowal 2	—	—
Winkel & Schulte, Herscheid i. Westf.	51	Herschelit S	—	—	—	—	—	Herschelit 7	—	—
Erich Wippermann, Halver i. Westf.	46	Permanit S	—	—	—	—	—	—	Permanit 8	—
Wolff & Co., Walsrode	33	Kiwitan S	—	Kiwitan 1	Kiwitan 2	Kiwitan 3	—	—	—	—
Zang, Schaumberger & Co., Neuses b. Coburg (Bayern)	47	—	—	—	Antiflammit extra	—	—	Zaschalit	—	—

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Bekanntmachung.

Es besteht Veranlassung, erneut darauf hinzuweisen, daß bei allen Erzeugnissen, welche das VDE-Prüfzeichen aber kein Ursprungszeichen tragen, ein Mißbrauch des VDE-Zeichens vorliegt.

Jede Firma, welche die Genehmigung zur Verwendung des VDE-Zeichens für ihre Erzeugnisse erhalten hat, ist verpflichtet, auf den mit diesem Zeichen versehenen Apparaten auch ihr der VDE-Prüfstelle bekanntgegebenes Warenzeichen anzubringen.

Es wird gebeten, solche Erzeugnisse, welche zwar das VDE-Zeichen aber nicht das Warenzeichen (Ursprungszeichen) des Herstellers tragen, beim Einkauf zurückzuweisen und der VDE-Prüfstelle möglichst unter Beibringung der erforderlichen Unterlagen Mitteilung zu machen, damit sie gegen den Vertrieb solcher Waren einschreiten kann.

In Zweifelsfällen gibt die VDE-Prüfstelle jederzeit bereitwilligst Auskunft darüber, ob für ein Erzeugnis die Prüfzeichengenehmigung erteilt worden ist oder nicht.

Die der Firma Albert Joebges, Berlin, seinerzeit erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens für

Gleichstrom-Klingelreduktoren (Traductor)
Type Tgi 2, Tgi 1, prim. Spannung 110 u. 220 V

und für

Spannungsteiler für Wechselstrom, Type Tw,

sind gestrichen worden, da obige Firma erloschen ist.

Die der Firma August Haenchen, Eltville/Rh., am 7. VIII. 1925 erteilte Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens für D-Patronen 6, 10, 15, 20 und 25 A, 500 V ist am 13. VI. 1929 gestrichen worden, da die von der VDE-Prüfstelle vorgenommenen Kontrollprüfungen ergaben, daß die Patronen den VDE-Bestimmungen nicht entsprachen.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Essen. 27. VII. 1929, Restaurant „Parkhaus" in Bochum: Sommerfest.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

H. Usener †. — Am 18. VI. d. J. verschied nach kurzer Krankheit Dr. Hans Usener, geboren am 31. XII. 1872 als Sohn des Geheimrats Prof. Dr. phil. Hermann Usener in Bonn. Dr. Usener studierte zunächst Medizin, um sich später dem Studium der Physik zu widmen, und hat nach einigen Assistentenjahren Anfang dieses Jahrhunderts seine praktische Tätigkeit im Torpedolaboratorium der Kaiserlichen Marine begonnen. Von dort kam er als technischer Physiker zur Firma Neufeldt & Kuhnke, wo er bald Mitinhaber wurde und in steter intensiver Arbeit den Grundstein für die technisch-wissenschaftlichen Arbeiten dieser Firma legte. Insbesondere entstammen seinen Arbeiten die Fernzeiger-Anlagen sowie die vielen für die Kaiserliche Marine entwickelten Spezialeinrichtungen der Firma Neufeldt & Kuhnke. Es sei auch noch auf sein Werk „Der Kreisel als Richtungsweiser" hingewiesen.

Dr. Usener besaß eine außerordentlich tiefe Geistes- und Herzensbildung. Er hat seine Umgebung und besonders auch seine engeren Mitarbeiter auf allen Gebieten des menschlichen Geistes und des praktischen Lebens befruchtet und hinterläßt eine große Zahl trauernder Fachkollegen. Er wird in aller Erinnerung dauernd fortleben.

Auszeichnungen. — Auf der 68. Hauptversammlung des VDI in Königsberg wurde dem ord. Prof. der Universität Göttingen Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Ludwig Prandtl die goldene Grashof-Denkmünze, die höchste Auszeichnung des Vereins, verliehen. Von Prandtls wissenschaftlichen Arbeiten besitzen die Untersuchungen über die Grenzschicht- und Tragflügeltheorie besondere Bedeutung für die Luftfahrt; die für den Bau von Dampf- und Gasturbinen wichtige Frage der Ausströmung unter hohem Druck wurde von ihm theoretisch und experimentell klargestellt, seine Forschungen in der Elastizitäts- und Festigkeitslehre vermittelten bedeutsame Erkenntnisse für den Eisen- und Maschinenbau. Prof. Prandtl ist schließlich Begründer und Leiter der mit dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Strömungsforschung verbundenen Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Die Elektrizität als Wärmequelle im Klein- und Großküchenbetrieb.

Im Journal für das Gas- und Wasserfach, H. 3, Jahrgang 1928, wollen die Berliner Städt. Gaswerke feststellen, daß meine über die Wahl von Gas für die Küche



der neuen Lungenheilstätte Buch in meinem Vortrag[1] gemachten Angaben nicht den Tatsachen entsprechen. Sie sagen dort ferner, daß die von mir weiterhin gemachten Angaben über einen Druck des Aufsichtsrates auf die BEWAG über die Propagandaabgrenzung ebenfalls nicht den Tatsachen entsprächen.

Ich habe auf diese Auslassungen bisher nicht geantwortet, weil bezüglich der Küche in Buch die Richtigkeit der von mir gemachten Angaben selbst aus den Darlegungen der Gaswerke zu erkennen war und weil anderseits mir trotz vollen Wissens der Vorgänge kein Material zur Verfügung stand, um meine Angaben bezüglich des Eingreifens des Aufsichtsrates und der Verhandlungen zwischen BEWAG und den Städt. Gaswerken beweisen zu können. Als mir dann vor einigen Monaten das Material zuging, glaubte ich auf ein Eingehen verzichten zu können, weil das Thema nicht mehr aktuell war.

Wie mir mitgeteilt wird, haben aber einige Leiter von Elektrizitäts- und Gaswerken, die immer wieder das Bedürfnis fühlen, berechtigte Abwehrmaßnahmen der Elektroindustrie gegen Übergriffe der Gastechnik zu kritisieren oder zu unterdrücken, aus meinem Schweigen falsche Schlüsse gezogen. Ich sehe mich daher veranlaßt, folgendes festzustellen:

Die Berliner Städt. Gaswerke behaupten, daß eine Einwendung der zuständigen ärztlichen Stellen aus hygienischen Gründen gegen die Anwendung von Gas in der Küche der Lungenheilstätte Buch ihnen nicht bekanntgeworden sei. Sie sagen damit aber nicht, daß sie in Wirklichkeit nicht erfolgt ist. Die städtischen Akten bezüglich Ausstattung der Küche für Buch enthalten das betreffende Gutachten. Es dürfte den Städt. Gaswerken nicht schwer fallen, sich hierüber Klarheit zu verschaffen.

Für die Wahl der elektrischen Küche sprach neben den hygienischen Gründen auch die größere Wirtschaftlichkeit. Diese ist ohne weitere Nachprüfung schon aus folgender Überlegung gegeben: Während der Heizperiode, also an mindestens 200 Tagen im Jahr, wird benötigte Energie aus Zwischendampf hergestellt. Die reinen Selbstkosten liegen also innerhalb von Bruchteilen eines Pfennigs. In dieser Zeit sollte aber auch Überschußenergie in das Netz der BEWAG abgegeben werden. Während der warmen Jahreszeit, also an etwa 165 Tagen, sollte der Strom dem Netz der BEWAG entnommen werden. Die Verrechnung aus Lieferung und Entnahmen sollte auf der Basis von 3 Pf erfolgen. Unter Berücksichtigung der erwähnten Selbstkosten ergibt sich hieraus, daß die Kosten je kWh für die Lungenheilstätte Buch in der Größenordnung von etwa 1...1½ Pf gelegen hätten. Für Gas wurden demgegenüber 10 Pf/m³ verlangt. Selbst wenn man den als falsch nachgewiesenen Äquivalenzwerten der Gastechnik für Gas und Elektrizität folgen würde, ergäbe sich schon hieraus größeres wirtschaftliches Übergewicht der elektrischen Küche.

Nun hat man eben aus hygienischen Gründen — die architektonischen Bedenken wegen der Ableitung der Gase bestehen nur in der Phantasie der Gaswerke — von vornherein eine direkt beheizte Gasküche abgelehnt und verwendet Gas zur Beheizung von in Kellern aufgestellten Dampfkesseln, aus denen man dann Dampf in die Küche leitet und dort Dampfkochkessel damit beheizt. Dieser verlustreiche thermische Umweg steigert die Unwirtschaftlichkeit sehr erheblich. Die Gaswerke geben diesen Umweg zwar zu, behaupten aber, daß damit wirtschaftliche Nachteile nicht verknüpft seien, weil der Wirkungsgrad der dampfbeheizten Kessel höher sei als der direkt mit Gasfeuerung betriebener isolierter Kessel.

Diese bewußte und für jeden technisch gebildeten Leser kenntliche Irreführung war mit ein Grund, der mir eine Antwort als überflüssig erscheinen ließ. Mit der Wirtschaftlichkeit direkt beheizter isolierter Gaskochkessel ist nicht nur die Wirtschaftlichkeit des Dampfkessels zu vergleichen, sondern es sind auch die Verluste in den Rohrleitungen und in den dampfbeheizten Kochtöpfen sowie die Verluste, die sich aus der schwereren Regelbarkeit und schwereren Anpassungsfähigkeit aus dem Betrieb ergeben, zu berücksichtigen. Sollten dies die Städt. Gaswerke und diejenigen Herren, die eine Entgegnung von mir für erforderlich hielten, etwa nicht wissen?

Die Berliner Städt. Gaswerke sagen: „Anordnungen des Magistrats oder des Aufsichtsrates über die Propagandaabgrenzung sind nicht ergangen."

Die Berliner Städt. Gaswerke scheinen eine besondere Betonung auf die Worte „Anordnungen" und „Aufsichtsrat" zu legen. Sie wollen offenbar sagen, daß aktenmäßig belegte Verfügungen auf Grund ordnungsmäßiger Aufsichtsratsbeschlüsse nicht ergangen sind.

Was habe ich denn aber behauptet?

In meinem Vortrag „Die Elektrizität als Wärmequelle im Klein- und Großküchenbetrieb" habe ich angeführt: „Zu erwähnen ist leider, daß seitens des gemeinsamen Aufsichtsrates der BEWAG und der Gaswerke die Propagierung der elektrischen Küche mehr oder weniger verblümt untersagt worden ist."

Es kann wohl kaum deutlicher zum Ausdruck gebracht werden, daß eben dieses Verbot in einer Form erfolgt ist, die aktenmäßig nicht so belegt werden kann, daß z. B. die Industrie ihre berechtigten Interessen durch ein offenes Vorgehen wahren kann. Der Verlauf der Einwirkung des Aufsichtsrates ergibt sich aus folgendem:

Die Vorstände der beiden Gesellschaften sind durch ein oder mehrere Aufsichtsratsmitglieder veranlaßt worden, eine gemeinsame Kommission zu bilden, in der die Abgrenzung der Propaganda festgelegt werden sollte, und es ist ausdrücklich darauf hingewiesen worden, daß insbesondere das Gebiet der Wärmeerzeugung dem Gas verbleiben solle.

Als ich von diesen Verhandlungen Kenntnis erhielt, habe ich eben in meinem Vortrag im Elektrotechnischen Verein am 1. I. 1928 auf dieses Vorgehen des Aufsichtsrates der beiden städtischen Werke, wie vorhin angeführt, hingewiesen, und die Städt. Gaswerke haben es daraufhin und insbesondere weil sich die Tagespresse dieser Angelegenheit bemächtigte, offenkundig vorgezogen — ob mit oder ohne Druck von oben, sei dahingestellt —, einen brieflichen Vorschlag der BEWAG bezüglich einer Werbungsteilung nicht mehr zu beantworten und damit die Angelegenheit vorläufig einschlafen zu lassen.

Wie angesichts dieser Tatsachen die Berliner Städt. Gaswerke die Verantwortung für ihr „Dementi" moralisch übernehmen zu können glauben, ist mir und wohl auch den weitesten Kreisen unverständlich.

Die damals vorgesehenen Stützungsmaßnahmen für die Gaswerke sind im übrigen leider nicht in der Versenkung verschwunden, sie sind erst kürzlich wieder in dem wirtschaftlich unsinnigen Plan einer Verschmelzung beider Unternehmungen in vergröbertem Umfange aufgetaucht.

Es ist dringend erforderlich, daß die Elektrotechnik diesen Bestrebungen die größte Aufmerksamkeit schenkt, da sie andernfalls eines schönen Tages vor vollendete Tatsachen gestellt werden dürfte.

Was der Steuerzahler und der Konsument von der „Liebe" der Berliner städtischen Behörden zur Gastechnik zu erwarten haben, wird am besten durch folgende Tatsachen illustriert, über die ich gern von seiten der verantwortlichen Stellen etwas Näheres hören möchte:

Die vorerwähnten gasbeheizten Dampfkessel in Buch sind so groß ausgefallen, daß die baulichen Abmessungen des Kellers nachträglich oder während des Baues gegenüber dem Vorprojekt erheblich geändert werden mußten. Es ergab sich die Notwendigkeit, die Fundamente für die Dampfkessel erheblich unter den Grundwasserspiegel zu senken. Die Fertigstellung der Lungenheilstätte Buch ist hierdurch um Monate verzögert und die Baukosten sind um eine sechsstellige Summe erhöht worden.

Wer trägt die Verantwortung für diese Maßnahmen und wer bringt das Kunststück fertig, die wirtschaftlich hygienische oder sonstige Zweckmäßigkei dieser Verschleuderung von öffentlichen Geldern zu erweisen?

Für die vorerwähnten Herren mit den zwei Seelen in ihrer Brust bietet sich die Gelegenheit, durch Unterstützung meiner Bitte um Aufklärung bei den ihnen nahestehenden Herren der Berliner Städtischen Gaswerke nun auch mal die bei ihnen etwas stiefmütterlich ausgebildete elektrische Seele sprechen zu lassen.

Berlin, 6. III. 1929. Ritter.

LITERATUR.

Besprechungen.

Stromdiebstähle in Gleich- und Wechselstrom-Anlagen. Prakt. Anleit. zu deren Erkennung u. Verhinderung v. Ing. F. Kuchenmeister. Mit 46 Fig. u. 90 S. in 8°. Verlag Friedrich Otto Müller, Altenburg Thür. 1929. Preis kart. 3,60 RM, geb. 4,60 RM.

Das Buch zerfällt in drei Teile; die beiden ersten Teile sind der Entwendung elektrischer Energie vor bzw. an dem Zähler gewidmet und umfassen insgesamt

[1] ETZ 1928, S. 1029.



nur 18 Seiten, wovon etwa die Hälfte auf beschreibenden Text entfällt, der übrige Raum ist mit — zum Teil übertrieben groß gestalteten — Abbildungen ausgefüllt. Stofflich enthalten diese beiden kurzen Teile Beschreibungen von in Fachkreisen bekannten groben Eingriffen in das Eigentum der Elektrizitätswerke, und darauf bezogen mag die Bemerkung des Verfassers im Vorwort hinsichtlich eigener Erfahrungswerte zu Recht bestehen. Der dritte Teil „Entwendung elektrischer Energie nach dem Zähler" hat 56 Seiten und nimmt somit mehr als den dreifachen Raum der beiden anderen Teile zusammengenommen in Anspruch. Dieser eigentliche Hauptteil, welcher es erst ermöglicht hat, der Veröffentlichung einen Umfang zu geben, die ihr Erscheinen in Buchform erklärt, ist von Anfang bis zu Ende dem Buche: „Verschleierung der Angaben von Elektrizitätszählern und Abhilfe" von Prof. Dr.-Ing. A. Geldermann[1] entnommen worden. Kuchenmeister hat sich nicht nur in der Entwicklung Schritt für Schritt den Aufbau des letztgenannten Buches zu eigen gemacht; er hat auch, der Bequemlichkeit halber, ganze Absätze wörtlich oder mit ganz geringfügigen Abänderungen lediglich sprachlichen Charakters übernommen. Nicht einen neuen Fall hat K. gebracht, sondern er hat sich ausschließlich damit begnügt, die in dem Buch „Verschleierung" aufgeführten Fälle in derselben Reihenfolge zu bringen, wobei er die ersten sechs Fälle ununterbrochen hintereinander aufmarschieren läßt, um nach Überspringen von Fall 7 wieder lückenlos Fall 8, 9, 10, 11 zu übernehmen; von da ab bringt er die Fälle 17 ... 21, 24, 25, 31, 33 ... 44, 49, 50, 53, 55, 69, 70, 78, 80. Diese 38 Fälle aus dem Buch „Verschleierung" bilden das gesamte im dritten Teil gebrachte Material!

Der Text von K. enthält an manchen Stellen Unklarheiten und Irrtümer, was sich auf Nachschreiben ohne Verständnis durch Vergleich mit dem Original „Verschleierung" offensichtlich zurückführen läßt. Die Formeln sind durchweg — und zwar ohne jede Buchstabenänderung — richtig abgeschrieben worden. K. hat sogar die Mühe gescheut, ein Zahlenbeispiel aus dem Buch „Verschleierung" zur Illustrierung der Verluste der Elektrizitätswerke umzurechnen, und er hat es vorgezogen, nicht nur den Text, sondern auch die jeweiligen Zahlenwerte (z. B. $\cos\varphi = 0{,}174$, Energieentnahme 3,76 kWh) beizubehalten. — Was die Abbildungen anbetrifft, so hat sich K. seine Arbeit ebenfalls recht bequem gemacht; das Vektordiagramm (Fig. 19) ist eine etwas vergrößerte, sonst aber getreue Nachbildung der entsprechenden Abb. 10 aus dem Buch „Verschleierung"; sogar die in solchen Darstellungen stets willkürlich gelegene Zeitlinie hat genau dieselbe Richtung. — Die letzten sechs Schemata sind nicht allein sinngemäß — wie die vorhergehenden — übernommen, sondern sie stellen eine nur unnötig vergrößerte, sonst auch äußerlich ganz gleiche Abzeichnung dar; die zutage tretende Raumverschwendung (die drei letzten Schemata füllen sogar je eine ganze Seite aus; im Original dagegen weniger als eine halbe Seite) muß dem Beweggrund zugeschrieben werden, die Seitenzahl so mühelos wie irgendmöglich zu erhöhen.

Daß das kleine Buch auch noch an drei Stellen (S. 5, 36, 89) für ein und dieselbe Firma der Reklame dienstbar gemacht wird, sei schließlich nebenbei erwähnt.

Winkler.

Der Quecksilberdampf-Gleichrichter. Bd. 2: Konstruktive Grundlagen. Von K. E. Müller-Lübeck. Mit 340 Textabb., 4 Taf., VI u. 350 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 42 RM.

Nach dem Vorwort des Verfassers soll das Buch an die einführenden theoretischen Erörterungen des ersten Bandes anknüpfen und von den verschiedenen Kennlinien ausgehend zuerst die Berechnungsgrundlagen des Gleichrichters behandeln. Im ersten Abschnitt sind die Arbeiten von Dällenbach und Gerecke, von Demontvignier und das Buch von Prince und Vogdes „Principles of mercury arc rectifiers and their circuits" zusammen mit eigenen Untersuchungen des Verfassers zu einem Ganzen verarbeitet worden. Der zweite Abschnitt behandelt die sogenannte Welligkeit des gleichgerichteten Stromes. Es werden Näherungsformeln für die Berechnung der Strompulsationen sowie die Kathoden- und Saugdrossel abgeleitet. Es folgen drei weitere Berechnungsabschnitte über die Transformatorleistungen, den Leistungsfaktor des Gleichrichters, seinen Kurzschlußstrom und die Berechnung von Gleichrichteranlagen. Die zweite Hälfte des Buches bringt konstruktive und schalttechnische Dinge, nämlich der sechste Abschnitt die Konstruktion des Vakuumgefäßes, der siebente die Ausführung von Gleichrichteranlagen, der achte die für die Großgleichrichter so wichtigen Schnellschalter und der letzte eine Beschreibung der größten Gleichrichteranlage der Welt, der Gleichrichteranlage der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen.

Seinem Charakter und seinen Aufgaben entsprechend setzt das Buch vollständige Vertrautheit mit der technischen Mathematik voraus, deren gründliche Handhabung dem Verfasser offenbar Freude macht. Die Darstellung ist klar und übersichtlich. Das sehr reichliche Bildmaterial ist mit großer Sorgfalt und ohne Parteinahme ausgewählt. Die äußere Ausstattung des Buches ist diejenige, die den Werken des Springerschen Verlages ihren Weltruf verschafft hat.

Güntherschulze.

Grundzüge der Starkstromtechnik. Für Unterricht u. Praxis. Von Dr.-Ing. K. Hoerner. 2. durchges. u. erw. Aufl. Mit 347 Textabb., zahlr. Beisp., V u. 209 S. in 4°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 7 RM, geb. 8,20 RM.

Einteilung und Inhalt des Buches sind im wesentlichen die gleichen geblieben wie bei der vor fünf Jahren erschienenen 1. Auflage. Neu aufgenommen wurde ein kurzes Kapitel über elektrische Beleuchtung, enthaltend die Grundbegriffe der Beleuchtung und Lichtmessung, das Wesentlichste über Bauart und Eigenschaften der Lampen und eine praktische Anleitung zur Bestimmung von Beleuchtungsanlagen. Das Kapitel über elektrische Maschinen wurde ergänzt durch Aufnahme der Ermittlung des Wirkungsgrades, ferner wurden im Abschnitt über Drehstromkommutatormaschinen neu aufgenommen die Nebenschlußmaschinen, Frequenzwandler, Drehstromerregermaschinen und kompensierte Motoren. Vielleicht wäre es zweckmäßig, den Abschnitt über die Eigenschaften des Kommutators als Frequenzwandler an die Spitze der Behandlung der Drehstromkommutatormaschinen zu stellen, der Unterschied der verschiedenen Bauarten der Nebenschlußmotoren träte dann klarer hervor. Auch ein Hinweis auf die asynchronen Generatoren wäre hier wohl am Platze.

Das Buch zeichnet sich zunächst durch seine ganz elementare aber doch streng wissenschaftliche Vermittlung der physikalischen Tatsachen und deren Anwendung zum Verständnis aller Teile der Starkstromanlagen aus. Ganz besonderer Wert ist auf klare Erfassung der Grundbegriffe gelegt, bei deren Erläuterung mit Vorteil von dem gedanklichen Experiment in Form von vorgeführten Messungen Gebrauch gemacht wird und das Anschauungsvermögen durch Heranziehung analoger Beziehungen bei bekannten mechanischen Erscheinungen unterstützt wird.

Als weiterer Vorzug des Buches muß es bezeichnet werden, daß es nicht nur das Verständnis für die Erscheinungen vermittelt sondern auch Schritt für Schritt an zahlreichen Beispielen die Anwendung zeigt und dadurch das Gefühl für die Größenverhältnisse und die Sicherheit für die praktische Anwendung erzieht. Die Rechnung mit Verhältniszahlen, die z. B. bei der Berechnung der Regelung von Maschinen und ähnlichen Aufgaben verwendet wird, ist für den Lernenden sicher ein vorzügliches Mittel, in die praktischen Verhältnisse einzudringen. So wird das Buch sich auch in der neuen Auflage als ausgezeichneter Führer für den elementaren Unterricht und für die Praxis erweisen.

Fraenckel.

Innenantenne und Rahmenantenne. Von Fr. Dietsche. 2., verb. u. erweit. Aufl. Mit 90 Textabb., IV u. 110 S. in 8°. (Bibl. d. Radio-Amateurs, herausg. von Dr. E. Nesper, Bd. 15.) Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis kart. 3,30 RM.

Bei der Steigerung der Energie der Rundfunksender kann man am Senderorte mit Innen- oder Rahmenantennen einen guten Ortsempfang erzielen, mit Röhrengeräten auch einen guten Fernempfang. Über die Konstruktionsgrundlagen derartiger Antennen und ihrer Ausführungen erhält man sehr zweckmäßige Angaben durch das vorliegende Buch. Ein Vergleich der verschiedenen Antennenarten wird zum mindesten in der Großstadt zuungunsten der Außenantenne ausfallen. Aber auch für das flache Land wird sie zu entbehren sein und die Benutzung der Innen- oder Rahmenantennen zur Beseitigung der häufig unschönen Außenantennen führen.

Lübcke.

[1] Verlag Julius Springer, Berlin 1923.



Moderne Empfangsschaltungen. Eine Zusammenstell. d. bewährtest. Empf.-Typen. Von M. v. Ardenne. Mit 21 Schaltzeichn. u. 43 S. in 8⁰. Verlag Rothgießer & Diesing A.-G., Berlin 1929. Preis geh. 1,50 RM.

Der Verfasser stellt in 21 Schaltungen eine Reihe charakteristischer Empfängertypen vom einfachen Rückkopplungsaudion mit Gittergleichrichtung bis zum modernen Schirmgitterröhren- und Netzempfänger zusammen. Die Broschüre ist als eine Ergänzung des bereits vor Jahren erschienenen Büchleins „Des Funkbastlers erprobte Schaltungen"[1] gedacht und wie dieses in erster Linie dem Funkfreund gewidmet. Dem ernsten Konstrukteur vermag sie verhältnismäßig wenig neue Erkenntnisse und Anregungen zu vermitteln, da nahezu alle Schaltungen schon bekannt und vorveröffentlicht sind sowie — was eigentlich ausschlaggebend ist — zu einem Teil ausgesprochene Spezialröhren benötigen, von denen heute noch nicht endgültig feststeht, ob sie, wenigstens in der heutigen Ausführung, Standardtypen bleiben. Wenn auch eine kritische Betrachtung sämtlicher Schaltungen im Rahmen dieser Besprechung nicht ermöglicht werden kann, so sei immerhin auf zwei Punkte hingewiesen. Die zur Darstellung gebrachten Schirmgitterröhren-Empfangschaltungen dürften in dieser Form den Durchschnittsbastler wenig befriedigen. Wie bereits von anderer Seite[2] bemerkt wurde, lassen sich Leistung und Stabilisierung gegenüber der hier gegebenen Anordnung durch geringfügige zusätzliche Maßnahmen erheblich steigern. Der zweite Punkt betrifft die sogenannten Mehrfachröhren-Empfänger, als dessen hochwertigster Repräsentant in Abb. 15 der bekannte 9-Röhren-Loewe-Rahmen-Fernempfänger wiedergegeben ist. Wenn auch die bewußt durch Beschränkung in den Abstimmitteln herbeigeführte und durch Mangel an innerer Selektivität erkaufte Klangreinheit des Empfanges besticht, so zeigt sich dennoch, daß nicht immer und überall dieses Prinzip, das vielleicht ebenso als Extrem anzusprechen ist wie das gegensätzliche, den transformatorisch gekoppelten Überlagerungsempfängern in ihren Spielarten zugrunde liegende, restlos befriedigt. Hoffen wir, daß der zwar schon recht oft von dem Verfasser beschriebene, leider aber noch nicht im Handel erhältliche abgeschirmte Spezialrahmen sowohl die weniger oder mehr enttäuschten zu einem anderen Urteil über die Mehrfachröhren-Empfänger bekehrt als auch die die Einfachheit der Schaltung und Bedienung komplizierenden Zusatzmaßnahmen entbehrlich macht. Wenn bei einer Neubearbeitung die Broschüre mit einer ergänzenden Übersicht über die bedeutenderen, auch von anderer Seite veröffentlichten praktischen Erfahrungen und kritischen Mitteilungen hinsichtlich der für den heutigen Empfängerbau wichtigeren Schaltungen ergänzt würde, könnte der Wert der vorliegenden, besonders für den fortgeschritteneren und kritikbefähigten Bastler immerhin empfehlens- und lesenswerten Broschüre erheblich gesteigert und diese damit zu weiterer Bedeutung gebracht werden. O. Hammerer.

Physikalische Grundlagen der Wellentelegraphie und -Telephonie. Von Prof. Dr. J. Tuma. Mit 140 Textabb. u. 184 S. in 8⁰. Verlag von H. Bechhold, Frankfurt a. M. 1926. Preis kart. 3,90 RM, geb. 4,80 RM.

In fünf Kapiteln: Elektrostatik, stationäre Elektrizitätsströmung, Gesetze des veränderlichen Magnetismus und Stromes, elektrische Schwingungen und elektrische Wellen, werden in strenger und übersichtlicher Weise die physikalischen Grundlagen der Funktechnik gegeben. Man findet hier alles vor, was aus der Elektrizitätslehre für das Verständnis der elektrischen Schwingungen notwendig ist. Durch zahlreiche kleine Abbildungen erläuterte Versuche geben ein gutes Bild der Grundlagen auch dem, der diese Versuche selbst bisher nicht gesehen oder durchgeführt hat. Die Angabe der Dimensionen in den Gleichungen erleichtert eine rechnerische Behandlung. Von der Elektronenröhre und ihrer vielseitigen Anwendung wird zugunsten anderer Darstellungen derselben Sammlung nur das physikalisch Grundsätzliche genannt. Das Buch kann jedem empfohlen werden, der sich ernsthaft mit den Grundlagen der elektrischen Wellentelegraphie beschäftigen will. Lübcke.

Beleuchtungskörper-Stilkunde. Von Dr. Gerhard Schmidt. Mit 136 Abb. u. 244 S. in 8⁰. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Zweigniederlassung Berlin 1928. Preis kart. 14 RM.

[1] Besprechung siehe ETZ 1925, Seite 249.
[2] Der Deutsche Rundfunk 1928, S. 2632 sowie Funkbastler 1928, S. 630.

Über die leuchttechnische Entwicklung des Leuchters und der Lampe kann man sich leicht und an verschiedenen Stellen unterrichten, es gibt auch Sammelwerke über die Gestaltung der Lichtträger zu den verschiedenen Zeiten. Es fehlte aber bisher an einer zusammenfassenden Darstellung, die den Beleuchtungskörper künstlerisch in innerem Zusammenhalt mit der allgemeinen Kulturentwicklung brachte. Diese Lücke wird von dem Verfasser ausgefüllt. Als ausgezeichneter Kenner der Stilformen und mitten im Getriebe der Beleuchtungskörper-Erzeugung stehend, zeigt er klassische Beispiele von Lichtträgern aus alten Zeiten, und daneben ordnet er neuere Erzeugnisse ein, die in mustergültiger Weise alte Formen den Bedürfnissen der neuen Leuchtmittel anpaßten. In eleganter Form der Darstellung belebt er zugleich das gegebene Bild. So zeigt er der Praxis den Weg für mustergültige Arbeit. Besonders gut gelungen ist ihm das in den Abschnitten, die die Stilformen von der Renaissance bis zur Gegenwart behandeln.

Das Handbuch ist deshalb ein wertvolles Hilfsmittel für die Praxis, das dem Beleuchtungskörper-Fabrikanten und dem Handel beste Dienste leisten wird, solange der Lichtträger, der Beleuchtungskörper noch nicht entbehrt werden kann. Aber der Verfasser sieht auch deutlich die weitere Entwicklung, den Ablösungsprozeß des Lichtes von dem Lichtträger. Die Kerze, die Gaslampe brauchten notwendig den Beleuchtungskörper zur Erhellung des Raumes. Dem elektrischen Lichte wird der Lichtträger als solcher nicht mehr gerecht. Wir wollen beleuchten, ohne daß der körperliche Zusammenhang zwischen Lichtquelle und erzielter Beleuchtung bewußt wird; deshalb wird die neue Beleuchtungskunst den Lichtträger ganz entbehren können, das Licht als solches wird zu einem Bestandteile der Architektur. Dieser notwendig kommende Entwicklungschritt wird von dem Verfasser wenigstens angedeutet. H. Lux.

Dampfturbinen. Berechnung und Konstruktion. Von Prof. Dr.-Ing. L. Roth. Mit 61 Abb., VI u. 103 S. in gr. 8⁰. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1929. Preis geh. 6 RM.

Ein Buch für Studierende und alle, die die Wirkungsweise und den Aufbau der Dampfturbinen noch nicht oder nur sehr oberflächlich kennen und die sich auf bequeme Weise mit dem Gegenstand etwas näher bekannt machen wollen. Der Text umfaßt nur 103 Seiten, und man ist sicher, nicht durch überflüssiges Beiwerk abgelenkt zu werden. Der Verfasser behandelt die Dampfturbinen in der herkömmlichen Reihenfolge: Gleichdruckturbinen, Überdruckturbinen; sodann folgen besondere Abschnitte über die Konstruktion und die erforderlichen Festigkeitsberechnungen. Der Verfasser hat die Theorie von der Verringerung der Reibungsverluste in den Schaufeln bei kleinen Dampfgeschwindigkeiten übernommen, diese wird jedoch mit guter Begründung angefochten und dürfte in einem Lehrbuch noch nicht am Platze sein. Bei der Berechnung der Überdruckturbinen stört die Annahme, daß die Austrittsgeschwindigkeit aus der Laufschaufel voll ausgenutzt wird, während die aus der Leitschaufel den Faktor $\varphi = 0{,}95$ erhält; aus Symmetriegründen müßte in beiden Fällen mit dem gleichen Verlust gerechnet werden. Auch ist es nicht richtig, daß der Größenwert der Schaufelverluste die gegenseitige Lage von η_i und μ/c_0 nicht beeinflußt (S. 47). Zinzen.

Eingegangene Doktordissertationen.

Gustav Dulman, Beitrag zur Frage der Druckregelung an Fördermaschinenbremsen unter besonderer Berücksichtigung der Bremsdruckregler. T. H. Berlin 1928. (S. A. aus Z. Berg-, Hütten- u. Salinenw. im Preuß. Staate 1928. 4. Heft.)

Richard Kappey, Aufgaben des Architekten bei der Gestaltung innerstädtischer Schnellbahnhöfe. T. H. Berlin 1928.

Hans Kietz, Messung der Schalldurchlässigkeit mit Hilfe des Hitzdrahtmikrophons. T. H. Hannover 1928. (S. A. aus Phys. Z. 1929, 6. Heft.)

Hans Laur, Die Anwendung der Umschlags-Elektroden bei der potentiometrischen Maßanalyse. Die potentiometrische Bestimmung des Kaliums. T. H. Dresden 1929.

Rudolf Gerhard Lohrmann, Zur Beurteilung von Eisenkernen in der Schwachstromtechnik. T. H. Dresden 1929. (S. A. aus Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, 2. Heft.)



GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Beteiligung der General Electric Co. an der Osram G. m. b. H. — Die Tagespresse bringt folgende für die Glühlampenindustrie sehr bedeutungsvolle Mitteilung:

„Die Osram-Gesellschaft und die ihr nahestehenden Firmen AEG, Siemens & Halske und Koppel & Co. haben mit der General Electric Co. in New York einen Vertrag geschlossen, durch den eine Verständigung über eine enge Zusammenarbeit sowohl auf technischem wie auf kaufmännischem Gebiet erzielt worden ist. Gleichzeitig hat sich die General Electric Co. mit einem Anteil von etwa 16 % am Geschäft der Osram beteiligt. In die Verwaltung der Osram treten für die General Electric ein: der Vorsitzende des Verwaltungsrates dieser Gesellschaft Owen Young und der Präsident Gerard Swope, ferner der Präsident der International General Electric Co. Clark Minor. Jakob Goldschmidt (Darmstädter und Nationalbank), der bereits der Verwaltung angehört, übernimmt die Vertretung der Interessen der General Electric Co. im Arbeitsausschuß der Osram-Gesellschaft."

Dazu sei vorläufig nur darauf hingewiesen, daß an der Kommanditeinlage der Osram G. m. b. H. von 38 Mill RM Siemens & Halske und die AEG je mit 40 %, die Firma Koppel & Co. mit 20 % beteiligt sind und nunmehr alle drei Gesellschaften diesen Quoten entsprechend Osram-Anteile der General Electric Co. überlassen haben.

Die Versorgung Britisch-Indiens mit elektrotechnischen Erzeugnissen[1]. — Nach den Wertangaben der El. Review[2] ist die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse nach Britisch-Indien, die während der letzten fünf Jahre durchschnittlich je 4 Mill £ betragen haben soll, im Wirtschaftsjahr 1927/28 gegen das vorhergehende bei Generatoren, Transformatoren und der Gruppe „andere elektrische Maschinen" merklich gesunken, im übrigen aber größtenteils gewachsen. England hatte wieder die Führung, und nächst ihm waren auch die V. S. Amerika teilweise erheblich an der Versorgung beteiligt. Daneben lieferte Italien Ventilatoren und Holland besonders Glühlampen. Die Zufuhren Deutschlands betrugen u. a. bei nicht näher bezeichneten Maschinen 460 000, bei Ventilatoren 550 000, bei Glühlampen 214 000, bei Batterien 248 000, bei Beleuchtungszubehör 257 000 und bei sonstigen elektrischen Waren und Apparaten 610 000 Rup[3].

Erzeugnisse	1927/28	1926/27	Änderung g. V.
	1000 Rup[3]		
Turbogeneratorensätze	180	771	— 591
Generatoren	3810	4942	— 1132
Transformatoren	1160	2304	— 1144
Elektromotoren	3540	2935	+ 605
Kontroll- und Schaltvorrichtungen	3650	3240	+ 410
Andere elektrische Maschinen	7670	8744	— 1074
Akkumulatoren und Batterien	3320	2687	+ 633
Starkstromschalttafeln	500	409	+ 91
Elektrizitätszähler	669	551	+ 118
Elektroventilatoren	3390	3187	+ 203
Glüh- und andere elektr. Lampen	3535	3164	+ 371
Beleuchtungszubehör	1555	1506	+ 49
Elektromedizinische Apparate	186	176	+ 10
Isolierte Drähte und Kabel	6869	5961	+ 908
Fernmeldeleitungen	72	97	— 25
Fernmeldeapparate	587	477	+ 110
Sonstige elektrische Erzeugnisse	4674	3625	+ 1049

Englands elektrotechnischer Außenhandel[4]. — Er hat im Mai 1929, wie die Zahlentafel erkennen läßt, durchweg höhere Werte ergeben, u. zw. ist die Einfuhr im Vergleich zum April (543 237 £) um 75 448 £ (14 %) und gegen den Parallelmonat von 1928 um 150 672 £ (32 %) gestiegen. Die Ausfuhr war gegenüber dem Vormonat (1 674 234 £) um 176 010 £ (10,5 %) und im Vergleich zum Mai 1928 um 250 994 £ (16 %) größer. In den abgelaufenen fünf Monaten ist, verglichen mit der gleichen Periode des Vorjahres, der Import um 350 057 £ (14 %) und der Export um 171 277 £ (2 %) gewachsen. Der Ausfuhrüberschuß betrug 5 132 978 £ (5 311 758 i. V.).

Erzeugnisse	Einfuhr in £ 1929	Einfuhr in £ 1928	Ausfuhr in £ 1929	Ausfuhr in £ 1928
	Mai			
Maschinen	184 128	147 128	561 356	6[illegible]6 569
Waren u. Apparate	434 557	320 885	1 288 888	992 681
	618 685	468 013	1 850 244	1 599 250
	Januar/Mai			
Maschinen	757 342	741 697	2 733 171	2 843 528
Waren u. Apparate	2 083 515	1 749 103	5 240 664	4 959 030
	2 840 857	2 490 800	7 973 835	7 802 558

Technische Arbeitsgemeinschaft der deutschen Kabelindustrie. — Die große Mehrzahl aller deutschen Werke, die elektrische Leitungen und Kabel herstellen, darunter alle führenden Fabriken dieser Industrie, sind zu einer Technischen Arbeitsgemeinschaft zusammengetreten, deren Ziel die Wahrnehmung und Förderung technischer Gemeinschaftsarbeit auf dem Gebiet der Draht- und Kabelindustrie in weitestem Umfang sein soll. Das Bedürfnis, technische Fragen durch die Gesamtheit der Industrie bearbeiten und vertreten zu können, war bei den großen Aufgaben, die die Entwicklung der Kabelindustrie und ihre enge Verknüpfung mit anderen Gebieten der Elektrotechnik mit sich bringen, schon seit langer Zeit immer stärker hervorgetreten. Die Forschungsarbeit der einzelnen Werke bleibt auch bei dieser Organisation unberührt. Die Geschäftsführung der Arbeitsgemeinschaft (Berlin SW 61, Tempelhofer Ufer 11) hat Direktor Dr. R. Apt, Berlin, übernommen.

Eine neue Elektroholdinggesellschaft in Brüssel. — Das von der belgischen Hauptstadt ausgehende Netz internationaler elektrofinanzieller Beziehungen ist soeben durch die Gründung der Compagnie Européenne pour Entreprises d'Electricité et d'Utilité Publique („Europel") um eine sehr beachtliche Masche erweitert worden. An der Gründung der zunächst mit 500 Mill belg. Fr ausgestatteten neuen Holdinggesellschaft, die die Beteiligung an allen Arten industrieller Geschäfte, namentlich die finanzielle Mitarbeit auf dem Gebiet der Elektrizität bezweckt, waren besonders die Bank für elektrische Unternehmungen in Zürich und die durch die Compagnie Italo-Belge pour Entreprises d'Electricité et d'Utilité Publique in Brüssel vertretene Società Adriatica di Elettricità, Venedig, beteiligt. Außerdem haben die Sofina, die anfangs dieses Jahres errichtete Electrobel[1], das Finanzinstitut der Solvay-Gruppe Sinabel und eine beträchtliche Anzahl belgischer und ausländischer Banken mitgewirkt. An der Spitze des Verwaltungsrats steht Graf Volpi, der Präsident der Società Adriatica, die, 1905 gegründet, ein Kapital von 250 Mill Lire besitzt, etwa 16 um den nördlichen Teil der Adria gelagerte Bezirke mit elektrischer Arbeit versorgt (rd. 800 Mill. kWh jährlich) und in ihren Anlagen über rd. 0,27 Mill kW verfügt. Dem Ausbau letzterer dürfte in erster Linie die Tätigkeit der „Europel" und der Anschluß an den Sofina-Trust gelten.

Aus der Geschäftswelt. — Die Bayerischen Elektricitäts-Werke, München, haben 1928, dem 30. Geschäftsjahr, ihren Fabrikationsumsatz trotz des Konjunkturrückganges steigern, dabei aber infolge des übermäßigen Wettbewerbs auskömmliche Preise nicht erzielen können. Sie erwarten von Verbesserungen der Fabrikationseinrichtungen und -methoden eine Verbilligung der Selbstkosten. Bei ihren Elektrizitätswerken ist der Anschlußwert um 10 %, die Stromabgabe um 9 % gewachsen; die Bau- und Installationsabteilung war gut beschäftigt. So wurde ein Rohgewinn von 1 456 083 RM (1 378 337 i. V.) und ein Reingewinn von 287 407 RM (263 170 i. V.) erzielt, aus dem wieder 6 % Dividende auf 4 Mill RM Aktienkapital zur Verteilung gelangten.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 560.

Bezugsquellenverzeichnis.

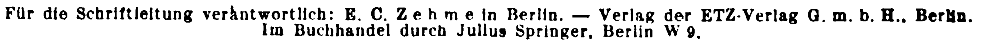
Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 305: Wer stellt Lagerschilde für Motoren her?

Abschluß des Heftes: 6. Juli 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 751.
[2] Bd. 104, 1929, S. 801.
[3] 1 Rupie = 1,52 RM.
[4] The Electrician Bd. 102, 1929, S. 761. Vgl. ETZ 1929, S. 848.



Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.





ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

…EFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W…
…–1072) 18. JULI 192…

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 18. Juli 1929 | Heft 29

Elektromagnetische Schlagwerkzeuge, insbesondere für Wechselstrom*.

Von **Paul Schiemann**, Berat. Ing., Berlin.

Übersicht. Nach Beschreibung des Anwendungsgebietes elektrischer Schlagwerkzeuge wird ein Überblick über die Systeme elektromagnetischer Schlagwerkzeuge gegeben. Ein Gleichstromhammer größerer Schlagleistung wird gezeigt. Da von den vielen Systemen fast nur diejenigen für Einphasenwechselstrom verwendet worden sind, wird die Entwicklung der elektromagnetischen Wechselstromhämmer bis zur Gegenwart näher beschrieben. Die meisten dieser Hämmer bestehen aus einem einfachen oder doppelten Elektromagneten mit vorgeschaltetem Gleichrichter, eine Feder bewirkt oder beschleunigt die eine Bewegungsrichtung des Kolbens. Die Schlagzahl ist hier gleich der Frequenz, also 3000 i. d. Min. bei 50 Hz. Eine gute elektromagnetische und schwingungstechnische Durchbildung hat — besonders für die Steinindustrie geeignet — der Wechselstrommagnet ohne Gleichrichter in dem Bewi-Hammer erhalten. Die Schlagzahl ohne Gleichrichter ist gleich der doppelten Frequenz, also 6000 i. d. Min. bei 50 Hz. Angaben über die frühere Verwendung großer transportabler Hämmer und die jetzige Anwendung von Handhämmern werden gemacht. Berechnungsgrundlagen für elektromagnetische Hämmer werden angegeben.

Der Handhammer ist wohl das erste Werkzeug, welches die Menschen in Benutzung nahmen. Auch heute ist der Hammer fast in jedem Gewerbe, besonders bei der Bearbeitung von Baumaterial, wie Gestein und Metall, ja in jedem Haushalt in allgemeiner Benutzung. Die Leistung des mit Menschenkraft betätigten Hammers ist gering, da sowohl die Schlagzahl als auch die Schlagkraft sehr begrenzt sind und leicht Ermüdung eintritt, selbst wenn nur geringe mechanische Leistung bei einer dem Menschen bequemen Schlagzahl erzeugt wird. Seit Jahrzehnten werden deshalb nicht nur stationäre Schmiedehämmer und stoßend oder schlagend arbeitende transportable Gesteinbohrmaschinen, sondern auch große und kleine Handhämmer mechanisch betrieben. Zum Antrieb der mechanischen Schlagwerkzeuge wird bisher noch hauptsächlich Preßluft benutzt, erst in den letzten Jahren ist auch mit mehrfacher Einführung elektrischer Schlagwerkzeuge begonnen worden, wenn von den elektrischen Gesteinbohrmaschinen, welche es seit Jahrzehnten gibt, abgesehen wird. Bei den stationären Schmiedehämmern finden seit längerer Zeit Dampf, Preßluft und Elektrizität Verwendung.

I. Anwendungsgebiete.

Die Größe des Anwendungsgebietes mechanischer Schlagwerkzeuge zeigt folgende Einteilung in 12 Gruppen.

1. Miniaturhämmer, insbesondere für Gravierarbeiten.
2. Abklopfer für Kesselstein, Farbe u. dgl.
3. Vibratoren zum Erschüttern von Formkasten und Röhren.
4. Kleine Handhämmer für Marmor, Beton, Sandstein, Zement usw.
5. Mittlere Meißelhämmer für Metall und hartes Gestein, wie Granit.
6. Handhämmer für schwere Meißel-, Verstemm- und leichte Nietarbeiten.
7. Niethämmer für mittlere und für große Nieten.
8. Stampfer für Sand, Beton u. dgl.
9. Aufhauhämmer zum Aufhauen von Asphalt und Beton, z. B. von Straßendecken.
10. Bohrhämmer und Gleisstopfhämmer, also Handhämmer für Gesteinbohrungen, welche nicht mit den kleineren Hämmern ausgeführt werden, sowie zum Stopfen der Eisenbahngleise.
11. Gesteinbohrmaschinen: a) Als Hammermaschinen, b) als Stoßbohrmaschinen ausgeführt. a) und b) arbeiten an einer transportablen Spannsäule oder am Freigestell, während Werkzeuge nach Gruppe 1. bis 10. frei gehalten werden.
12. Schmiedehämmer.

Gesteinbohrmaschinen und Schmiedehämmer gehören schon zu den Maschinen; da sie jedoch in gleicher Weise wie die Schlagwerkzeuge arbeiten, sind sie hier genannt worden.

Da eine weitere Unterteilung der zwölf Arten elektrischer Schlagwerkzeuge nach Größen-, System- und konstruktiven Unterschieden erfolgt, ist die Zahl der elektrischen Schlagwerkzeug-Typen bereits sehr groß, obgleich sich noch nicht alle Arten, insbesondere nicht die Stampfer und die schweren Niethämmer, eingeführt haben. Auf dem Umwege über Preßluft können natürlich auch diese durch Elektrizität betrieben werden. Dieser noch oft benutzte Weg ist aber ziemlich teuer, da Elektromotor, Kompressor und Preßluftwerkzeug nicht nur große Anschaffungskosten sondern infolge des schlechten Wirkungsgrades der Preßluftwerkzeuge auch großen Stromverbrauch erfordern.

Obgleich die Preßluft-Gesteinbohrmaschinen etwa das Zehnfache an Energie verbrauchen wie die elektrischen Stoßbohrmaschinen gleicher Leistung, beherrscht die Preßluft dort, wo sehr viele Schlagwerkzeuge verwendet werden, besonders in Bergwerken, noch das Feld. Im Ruhrbergbau werden bisher keine elektrischen Handhämmer benutzt und die an Spannsäule arbeitenden elektrischen Motorstoßbohrmaschinen wohl nur wenig. Das Versetzen der an Spannsäule arbeitenden Maschinen soll in dem Nebengestein zu viel Zeit in Anspruch nehmen. Welche Mengen an Handhämmern im Bergbau in Frage kommen, geht daraus hervor, daß nach H. Müller[1] im Ruhrbezirk 75 000 Preßluft-Schlagwerkzeuge arbeiten.

II. Lösungen für die Konstruktion elektrischer Schlagwerkzeuge.

Zwei grundverschiedene Lösungen sind im Prinzip für die Konstruktion elektrischer Schlagwerkzeuge möglich.

1. Elektromotor-Schlagwerkzeuge.

Von der rotierenden Bewegung eines Elektromotors ausgehend, wird die schlagende Bewegung durch mechanische Umwandlung der rotierenden erzeugt. Diese Umwandlung erfolgt z. B. durch Kurbeltrieb mit einem Federwerk zwischen Kurbel und Kolben, durch Kurven- oder Nockentrieb oder als Schleuderhammer durch gelenkig angebrachte rotierende Kolben. Falls der Elektromotor sich nicht direkt an oder in dem Schlagwerkzeug befindet, wird die Bewegung durch biegsame Welle oder auch durch Luftschläuche mit schwingender Luftsäule von dem transportablen Elektromotor zu dem in der Hand gehaltenen Schlagwerkzeug übertragen. Schlagwerkzeuge mit rotierendem, besonders mit angebautem Elektromotor sind zwar auch im Handel, ausführlich soll jedoch nur folgende zweite Art elektrischer Schlagwerkzeuge beschrieben werden.

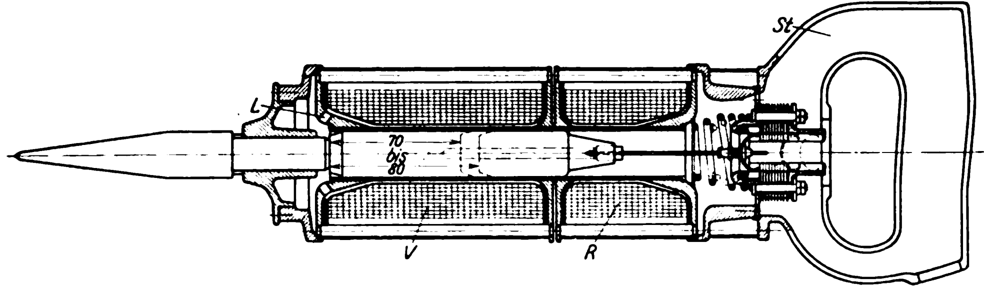
* Nach einem im Elektrotechnischen Verein am 12. II. 1929 gehaltenen Vortrag. Besprechung S. 1065 dieses Heftes.

[1] H. Müller, ETZ 1928, S. 585. — A. Gärtner, Glückauf Bd. 63, S. 477, 513, ferner Bruch, S. 525.

2. Elektromagnetische Schlagwerkzeuge.

Bei diesen wird die hin- und hergehende Bewegung des Schlagkolbens direkt durch elektromagnetische Kräfte erzeugt. In drei Richtungen, nach Stromart, nach Art der Elektromagnete und nach der magnetischen Kraftwirkung, sind verschiedene Ausführungsarten zu unterscheiden. Als wichtigster Vorteil der elektromagnetischen Schlagwerkzeuge kann ihre große Einfachheit gegenüber den Elektromotor-Schlagwerkzeugen bezeichnet werden.

a) Nach der Stromart unterscheidet man: Elektromagnetische Schlagwerkzeuge 1. für Gleichstrom, 2. für Einphasenwechselstrom, 3. für Mehrphasenwechselstrom, 4. für gleichzeitig benutzten Gleich- und Wechselstrom. Elektromagnetische Schlagwerkzeuge für Mehrphasenwechselstrom sind fast nicht, solche für Gleich- und Wechselstrom nicht mehr in Verwendung, deshalb sind Schlagwerkzeuge für diese beiden Stromarten nicht näher beschrieben worden. Elektromagnetische Schlagwerkzeuge für Einphasenwechselstrom gibt es sowohl derart, daß der ganze Wechselstrom als Wechselstrom benutzt wird, als auch derart, daß dem Wechselstromnetz jede Halbwelle, jede zweite oder jede vierte Halbwelle als Gleichstromstoß entnommen wird. Letzteres System (von L. Schüler) wird allerdings nicht mehr geliefert. Abgesehen von dem Bewi-Hammer, bei dem die Spule von Wechselstrom durchflossen wird, erhalten die Magnete der Wechselstromhämmer nur gleichgerichtete Stromstöße.



V Vorhubspule *R* Rückhubspule *St* Stufeneinschalter *L* 6 Luftlöcher

Abb. 1. Gleichstromhammer von P. Schiemann.

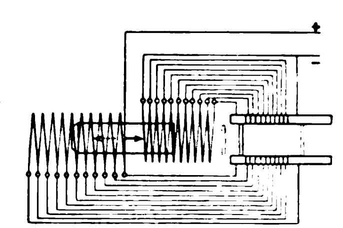


Abb. 1a. Schaltung der Selbststeuerung des Gleichstromhammers.

b) Nach der Art der Elektromagnete sind zu unterscheiden: Elektromagnetische Schlagwerkzeuge 1. mit Hufeisenmagnet, 2. mit Solenoid oder Solenoiden. Bei Solenoid-Schlagwerkzeugen taucht der Anker, welcher gewöhnlich gleichzeitig als Schlagkolben dient, in eine oder mehrere Spulen (Solenoide) ein. Diese Ausführung wird auch als Topfmagnet bezeichnet, da die Spulen zweckmäßig mit Eisen umgeben werden. Auch die Bezeichnung Solenoidmotor-Schlagwerkzeug kommt vor. Elektromagnetische Schlagwerkzeuge als motorlose zu bezeichnen, was ebenfalls vorkommt, erscheint mir unzweckmäßig, da die Solenoide oder die Hufeisenmagnete nebst Anker als Motoren für direkte Erzeugung der hin- und hergehenden Bewegung wirken.

c) Nach der Art der Wirkung der elektromagnetischen Kräfte unterscheidet man folgende Ausführungsarten: 1. Der Magnetismus wirkt nur in Richtung des Kolbenvorhubes, während der Rückhub durch Federkraft bewirkt wird. 2. Der Magnetismus wirkt nur in Richtung des Kolbenrückhubes gegen eine Feder, welche den Vorhub bewirkt. 3. Der Magnetismus wirkt abwechselnd in beiden Richtungen der Kolbenbewegung. Federkräfte werden hierbei entweder nicht oder in Richtung des Vorhubes benutzt, um die magnetischen Rückhubkräfte für den Vorhub nutzbar zu machen, oder es werden auch Federn für beide Bewegungsrichtungen verwendet, um dadurch die Schlagzahl zu vergrößern. Auch bei einseitig wirkenden magnetischen Kräften kommen Federn für beide Bewegungsrichtungen vor, so daß der Kolben zwischen Federn hin- und herschwingt. 4. gibt es Systeme elektromagnetischer Hämmer, bei welchen sich das magnetische Feld gleitend verschiebt und den geradlinig bewegbaren Anker mitnimmt, ähnlich wie der Anker des Drehstrommotors von dem magnetischen Drehfeld mitgenommen wird. Dieses System mit schwingendem Magnetfeld, welches keine Topfmagnete, keine ausgeprägten Pole sondern eine Reihe von Spulen besitzt, welche nacheinander von elektrischem Strom durchflossen werden, ist von dem Verfasser als Langhubhammer ausprobiert worden. Auch N. S. Japolsky und S. A. Press benutzen ein System mit gleitendem Magnetfeld[2]. Weitere Erwähnung dieser Systeme, welche wohl nur wenig, z. B. für stationäre Schmiedehämmer, verwendet werden, erfolgt nicht.

Bei obiger Aufzählung wurden im allgemeinen nur solche konstruktiven Lösungen berücksichtigt, welche im Handel sind oder im Handel waren, sonst hätten sich noch weitere Systeme angeben lassen, z. B. nach Art der polarisierten Wecker, der Wechselstromwecker, arbeitende elektrische Hämmer. Auch verschiedene Arten der Kühlung ließen sich aufzählen. Diese sind aber im allgemeinen nur versuchsweise ausgeführt worden, bei den im Handel befindlichen Konstruktionen begnügt man sich mit der normalen Abkühlung.

III. Beschreibung einzelner Konstruktionen elektromagnetischer Schlagwerkzeuge.

1. Elektromagnetische Hämmer für Gleichstrom

Von den für Gleichstrom vorgeschlagenen elektromagnetischen Hämmern ist wohl nur derjenige des Verfassers zur praktischen Durchbildung gelangt. Da der Hammer jedoch noch nicht im Handel ist, möge nur eine kurze Beschreibung folgen. Bei diesem System[3] (D.R.P. 162 570 und Auslandspatente, weitere Verbesserungen sind zum D. R. P. angemeldet worden) wird eine Selbststeuerung benutzt, welche den Gleichstrom abwechselnd auf eine Vorhub- und auf eine Rückhubspule schaltet. Bei jeder Schlagzahl, welche durch einen Vorschaltwiderstand während des Arbeitens geregelt werden kann, arbeitet der Hammer infolge der Selbststeuerung mit mechanischer Resonanz. Für die Vermeidung starker Funkenbildung gibt es verschiedene Mittel, wie Kondensatoren und Widerstände parallel zur Funken- oder Schaltstrecke. Am besten bewährte sich die hier benutzte vielfache Unterteilung der Spulen und stufenweiser gegenseitiger Austausch der Vorhub- und der Rückhubspule am Ende jedes Hubes. Bei dem 6,1 kg schweren Hammer wurde zehnfache Unterteilung der Spulen benutzt, bei 70 mm Kolbenhub und 15 mm Schaltweg der Selbststeuerung. Der Stromverbrauch betrug rd. 100 ... 300 W bei bis zu etwa 1000 Schlägen in der Minute mit 0,45 kg Kolbengewicht. Abb. 1 zeigt die Konstruktion des 6,1 kg-Hammers. Der den Strom schaltende Schleppschieber bewegt sich hier im Innern der Kontakte. Bei älteren Ausführungen bewegte sich der Stromvermittler außerhalb auf ringförmigen Kontakten, die auf einem Stabe aufgereiht waren. Siehe auch Patentschrift.

2. Elektromagnetische Schlagwerkzeuge für Einphasenwechselstrom.

Nur Systeme dieser Art befinden sich wohl z. Z. im Handel, u. zw. als Solenoidhammer mit einer oder mit zwei Spulen sowie als elektromagnetischer Hammer mit einem Hufeisenmagneten. Bevor jedoch diese Typen beschrieben werden, mögen ältere Systeme erwähnt werden, welche teilweise bis zu 15 Jahren sich in vielfacher Verwendung befanden.

a) Ältere Konstruktionen.

A. Solenoid-Gesteinbohrmaschinen für Spezial-Wechselstrommaschinen. — Die ersten elektrischen Schlagwerkzeuge, welche Verwendung fanden, waren Solenoid-Gesteinbohrmaschinen. In Bergwerken, Tunnelbauten und Steinbrüchen fanden diese zur stoßenden Bohrung der Sprenglöcher in hartem Gestein vielfache Verwendung. Die erste elektrische Gesteinbohranlage in Europa wurde im Jahre 1892 von der Union E. G. in Ungarn nach dem System Depoele (Abb. 2) ausgeführt. Die Anlage wurde nach fünf Jahren ununter-

[2] Engg. Bd. 122, S. 31, ferner Transact. South African Inst. El. Engs. 1926, S. 52.

[3] Z. VDI Bd. 49, S. 1768 (Patentschriftenauszug).



brochenen Betriebes durch eine größere ersetzt. Das Gewicht des Depoele-Bohrers betrug 152 kg. Später wurde auf das System Marvin übergegangen, in Amerika durch die Thomson-Houston-Compagnie, in Deutschland durch die Union E. G., in England durch Sandicroft Foundry Co. Der Marvin-Bohrer war ebenfalls eine Solenoid-Stoßbohrmaschine und wog in der Ausführung der Union nur 92 kg. Bei dem Marvin-System wurde einer Spezialmaschine Wechselstrom von 6,6 Hz entnommen. Durch einen an der Wechselstrommaschine angeordneten Stromteiler nach Art der rotierenden Gleichrichter wurde eine

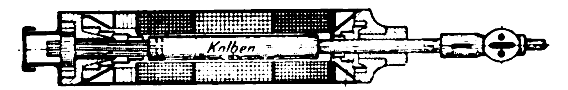


Abb. 2. Depoele-Hammer für Gleich- und Wechselstrom.

Halbwelle in die Vorhubspule und eine Halbwelle in die Rückhubspule geleitet. Den langsamen Wechselstrom entnahm man zunächst Gleichstrommaschinen mit rotierenden Bürsten. Später wurde durch einen besonderen Kommutator, bei welchem die neutralen Punkte entsprechend umliefen, erreicht, daß auch die Wechselstrombürsten feststehen konnten. Der Stromverbrauch des Marvin-Union-Stoßbohrers Type H (92 kg) betrug 2,5 kW, $\cos\varphi = 0{,}8$. Der Hub konnte bis 170 mm gesteigert werden. Die Spulen waren recht vollkommen im Gegensatz zu dem nicht lamellierten Kolben. Da Flach- oder Quadratkupferdraht durch zwischengelegte Glimmerstreifen isoliert wurde, konnten die Spulen die hohe im Betriebe entstehende Temperatur aushalten. Z. B. haben zwei Spulen nach E. Heubach[4] das Stoßen von 4014 Bohrlöchern mit zusammen 4000 m Gesamtlänge überdauert.

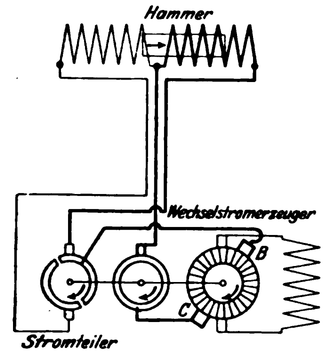


Abb. 3. Schaltung des Marvin-Hammers nebst Stromerzeuger.

Abb. 3 zeigt die Marvinsche Schaltung des Stromerzeugers nebst einem Hammer. Da diese Spezial-Stromerzeuger bis 125 kW (mit 4 und 6 Polen) angefertigt wurden, konnten viele Hämmer angeschlossen werden. Die Wechselstrombürsten *C-B* in Abb. 3 rotieren mit den Schleifringen des Stromteilers. Von dem einen Schleifring ist nur eine Hälfte mit einer Wechselstrombürste (*B*) verbunden worden. Die Umschaltung des Stromes von der einen Hammerspule auf die andere erfolgt natürlich bei Stromlosigkeit, so daß Funkenbildung vermieden wurde. Wie der Schnitt (Abb. 4) zeigt, waren in den Marvin-Hämmern zwei reichlich lange Spulen vorhanden, von welchen der Kolben aus massivem Eisen hin- und hergezogen wurde. An beiden Enden des Eisenkolbens befanden sich eingeschraubte Verlängerungen aus Bronze. Ein Sperrad bewirkte, daß bei jedem Rückwärtsgang des Kolbens letzterer um $^1/_8$ Umdrehung gedreht und dadurch der Stoßbohrer versetzt wurde, so daß die Schneide nicht in dieselbe Kerbe traf.

Obgleich der Wirkungsgrad dieser Hämmer bereits besser war als derjenige der Depoele-Hämmer mit drei Spulen (eine für Gleichstrom, wie bei dem alten Siemens-Solenoidhammer), war die Erwärmung infolge fehlender Eisenlamellierung bei Kolben und Mantel sowie infolge der geringen Schlagzahl von 400 i. d. Minute so groß, daß ein Dauerbetrieb nicht möglich war und der Transport von Ort zu Ort beeinträchtigt wurde. Trotzdem kann man es als unnötig bezeichnen, daß die Fabrikation der Solenoid-Stoßbohrmaschinen aufgegeben wurde, nachdem dieselben besonders im Erzabbau und beim Bau der Jungfraubahn insgesamt etwa 15 Jahre gute Dienste geleistet hatten. Natürlich hätte die Maschine verbessert werden müssen. Daß der Wirkungsgrad der Solenoid-Stoßbohrmaschine erheblich verbessert werden konnte, geht auch aus Versuchen hervor, welche der Verfasser 1907 bei den SSW anstellte. Der Stromverbrauch der SSW-Solenoid-Stoßbohrmaschine, einer hauptsächlich wohl von Meißner angegebenen Konstruktion, betrug bei 500 Schlägen nur noch etwa 1 kW. Für Dauerbetrieb, der aber im Erzabbau nicht notwendig ist, wurde die Maschine jedoch noch zu warm. Die Leistung war mindestens dieselbe wie diejenige der SSW-Motorstoßbohrmaschine, des Hoffmann-Meißnerschen Federhammers mit 1 PS-Elektromotor bei etwa gleichem Stromverbrauch. Die SSW-Solenoid-Stoßbohrmaschine ist meines Wissens nicht in den Handel gekommen, vermutlich weil die SSW damals von der Kurbelstoßbohrmaschine mit biegsamer Welle zu der Kurbelstoßbohrmaschine (Federhammer) mit angebautem Elektromotor übergingen, was eine Verbesserung bedeutete. Wenn auch das Solenoidsystem neben den Motorstoßbohrmaschinen auf dem Markte geblieben wäre, hätten die elektrischen Gesteinbohrmaschinen während ihrer etwa 40jährigen Verwendung der Preßluft vielleicht einen weniger bescheidenen Teil abgerungen als es jetzt der Fall ist.

Es sei hier gleich darauf hingewiesen, daß ein neuerer Hammer, der später beschriebene Syntron-Hammer, wie der Marvin-Hammer arbeitet. Als Handhammer arbeitet der Syntron-Hammer jedoch mit viel größerer Schlagzahl. Es wird Wechselstrom von 20 und 25 Hz, bei den kleineren Hämmern sogar von 50 und 60 Hz benutzt, so daß die Schlagzahl 1200, 1500, 3000 und 3600 i. d. Min. beträgt. Die Verteilung der Halbwellen in die Vorhub- und die Rückhubspule erfolgt beim Syntron-Hammer durch Röhrengleichrichter.

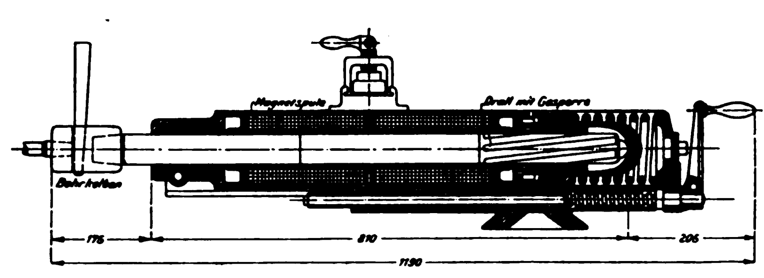


Abb. 4. Schnitt durch den Marvin-Hammer.

B. Solenoid-Schlagwerkzeug mit elektrolytischem Gleichrichter. — Im Jahre 1911 wurde ein nach den Angaben des Verfassers angefertigtes elektromagnetisches Schlagwerkzeug für Wechselstrom, welches als Abklopfer für Kesselstein, Farbe u. dgl. ausgeführt worden war, im Thüringer Elektrotechnischen Verein, Erfurt, gelegentlich einer in Ilmenau stattfindenden Sitzung durch P. Schiemann vorgeführt und erläutert. Wie Abb. 5 zeigt, bestand diese Erstausführung eines elektromagnetischen Wechselstrom-Schlagwerkzeuges, welches mit dem Netzstrom arbeitete, aus einer von Eisen umgebenen Spule, in deren Innenraum der Eisenkolben durch jeden Stromstoß gezogen wurde. Die Rück-

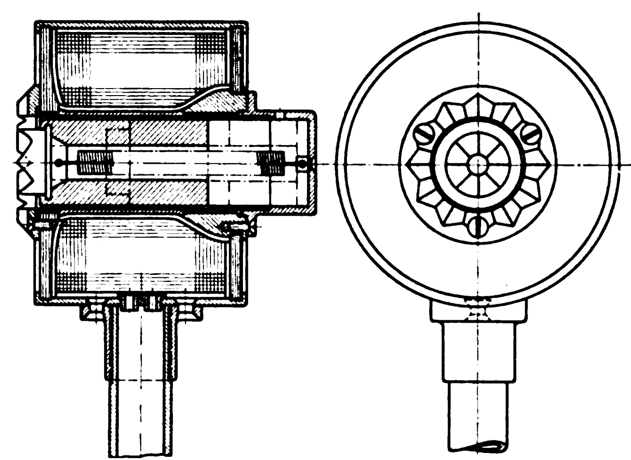
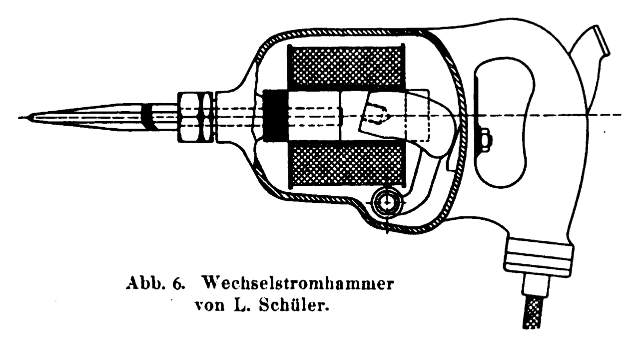


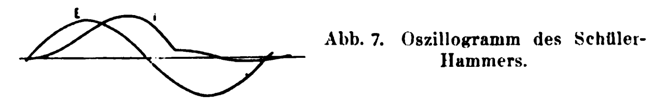
Abb. 5. Wechselstrom-Schlagwerkzeug von P. Schiemann.

[4] Heubach, Solenoid-Stoßbohrer für hartes Gestein. Z. VDI Bd. 45, S. 1492. S. a. Brinkmann, Die Stoßsteinbohrer mit elektr. Antriebe. El. Kraftb. u. Bahnen 1907, S. 441.

bewegung des Ankers erfolgte in der stromlosen Zeit durch eine Zugfeder. Der mit dem Werkzeug in Serie geschaltete Gleichrichter war ein elektrolytischer. Der Hammerkopf des Kolbens war aus unmagnetisierbarem Stahl angefertigt. Der Kolben war massiv aber mit Schlitzen versehen, es wurden jedoch auch Versuche mit lamelliertem Kolben angestellt, wie bei meinem Gleichstromhammer. Die Spule, eine Emaille-Kupferdrahtspule, war wasserdicht angeordnet, so daß das Werkzeug in Kühlwasser getaucht werden konnte; bei normalem Dauerbetrieb war dies jedoch nicht notwendig. Versuchsweise wurde auch mit Wechselstrom von 50 Hz ohne vorgeschalteten Gleichrichter gearbeitet. Die Schlagzahl stieg hierbei natürlich von 3000 i. d. Min. auf 6000. Die Leistung war aber ohne Gleichrichter erheblich geringer als mit Gleichrichter. Der Stromverbrauch des 3 kg schweren Werkzeuges betrug bei Anwendung des Gleichrichters 110 W in warmem Zustande bei Dauerbetrieb.


Abb. 6. Wechselstromhammer von L. Schüler.

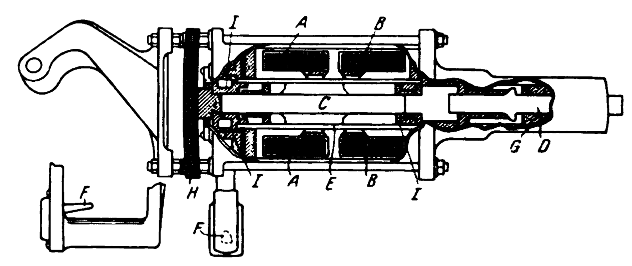
Das Werkzeug wurde nicht in den Handel gebracht, denn mit dem allerdings etwas weniger betriebsicheren Gleichstromhammer hatte ich größere Schlagleistung erzielt. Für Kesselstein-Abklopfer sollte ferner, wie Dir. Wunder, Erfurt, gelegentlich der Diskussion mitteilte, kein wesentlicher Bedarf sein. Versuchsweise wurde das Werkzeug damals auch mit Gleichstromstößen betrieben, welche einem Quecksilberunterbrecher mit Kurbeltrieb entnommen wurden. Obgleich gleiche Schlagzahl und etwa entsprechende Stromzeit eingestellt wurden, war die erzielte Schlagkraft bei gleicher Erwärmung erheblich geringer als bei Wechselstrom mit vorgeschaltetem Gleichrichter. Der Grund hierfür dürfte in stärkerer Wirbelstrombildung durch die rechteckige Stromkurve zu suchen sein.


Abb. 7. Oszillogramm des Schüler-Hammers.

C. Solenoid-Handhammer mit rotierendem Gleichrichter. — Im Jahre 1914 wurden im Berliner Elektrotechnischen Verein durch Obering. L. Schüler nach seinen Angaben angefertigte elektromagnetische Handhämmer vorgeführt und erläutert, welche ebenfalls durch Stromstöße betrieben wurden, die einem Wechselstromnetz entnommen wurden. Der elektromagnetisch vorgeschleuderte Kolben wurde ebenfalls durch eine Federkraft zurückbewegt, der Gleichrichter war ein rotierender. Die Schlagzahl betrug 1000 i. d. Min. bei 50 Hz, da ein sechspoliger Synchronmotor benutzt wurde, welcher bei jeder Umdrehung den Strom einmal einschaltete. In seinem amerikanischen Patent, welches August 1912 angemeldet wurde, hat Schüler auch den elektrolytischen Gleichrichter vorgesehen. In Deutschland wurde ein umfangreiches Patent wohl nicht erteilt. Abb. 6 zeigt einen Schnitt durch den von der Firma Dr. Max Levy fabrizierten Schülerschen Solenoidhammer, welcher sich einige Zeit im Handel befand. Wie zu erkennen, ist der Kolben um einen Zapfen drehbar gelagert, was die Reibung vermindert. Der remanente Magnetismus wurde dadurch vermieden, daß der Strom erst ausgeschaltet wurde, wenn er etwas in entgegengesetzter Richtung floß. Das Diagramm Abb. 7 zeigt eine oszillographische Aufnahme von Strom und Spannung, wobei der Kolben mit Rückprall arbeitet, also hartes Material gemeißelt wird[5].

b) Neuere, im Handel befindliche elektromagnetische Hämmer.

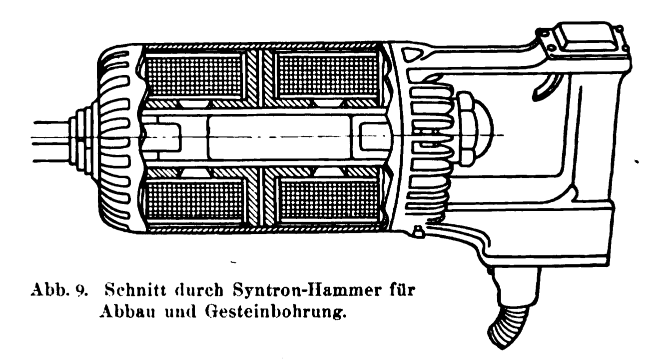
A. Syntron-Solenoid-Schlagwerkzeuge mit Röhrengleichrichter. — Abb. 8 zeigt einen amerikanischen Hammer, einen elektromagnetischen Handhammer der Syntron Company in Pittsburgh, im Schnitt. Es sind zwei Spulen oder Topfmagnete vorhanden, also wie bei den oben beschriebenen Solenoid-Gesteinbohrmaschinen und den Gleichstromhämmern eine Vorhub- und eine Rückhubspule. Der im Innern der Spulen durch die abwechselnd wirkende Vorhub- und Rückhubspule hin- und herbewegte Kolben schlägt vorn gegen den Meißel und hinten gegen eine Feder. Der verwendete Strom ist Einphasenwechselstrom, welcher entweder dem



A und *B* Magnetspulen
C Stahlkolben (Hammerbär)
D Werkzeug
E zylindrische Büchse
F Schalter
G Büchse zur Aufnahme des Werkzeugs
H Rückprallfeder
I Führungsbüchsen

Abb. 8. Wechselstromhammer mit zwei Spulen der Syntron Company.

Netz oder einem benzinelektrischen Satz entnommen wird. Durch Vorschaltung von Röhrengleichrichtern wird erreicht, daß immer die Halbwellen der einen Richtung des Wechselstromes in die Vorhubspule und die Halbwellen der anderen Richtung in die Rückhubspule fließen.


Abb. 9. Schnitt durch Syntron-Hammer für Abbau und Gesteinbohrung.

Die bei den verschiedenen Syntron-Schlagwerkzeugtypen verwendete Wechselstromfrequenz beträgt 60, 50, 30, 25 und 20 Hz. Die größte Schlagzahl ist also 3600 i. d. Min. bei der in Amerika verwendeten Netzfrequenz von 60 Hz. Das Gewicht des kleinsten Syntron-Hammers ist zu 4 kg,

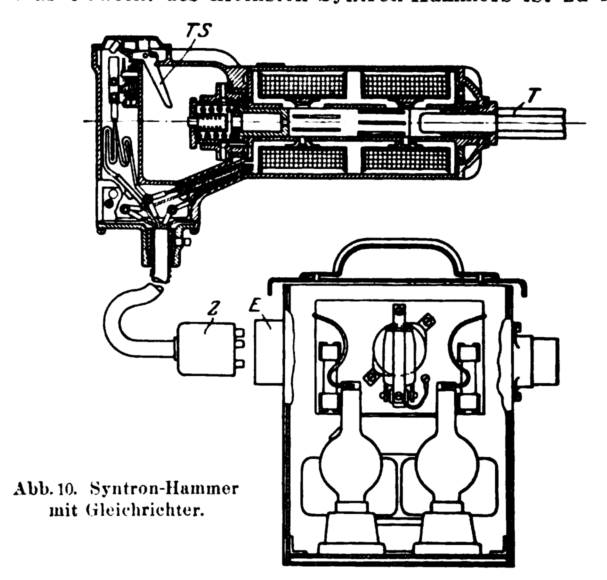


Abb. 10. Syntron-Hammer mit Gleichrichter.

der Stromverbrauch desselben zu 125 W angegeben. Syntron-Hämmer werden auch zum Gesteinbohren, die größeren Hämmer besonders zum Gleisstopfen, sowie zum Nieten benutzt. Abb. 9 zeigt einen Syntron-Handhammer; die Abbildung läßt erkennen, daß der Kolbenhub kleiner

[5] L. Schüler, ETZ 1914, S. 565 u. 660.



als der Kolbendurchmesser ist und daß der Hammer mit Kühlrippen versehen ist. Für den kurzen, der hohen Schlagzahl entsprechenden Hub sowie für die Erzielung eines kurzen Kolbens ist der magnetische Luftspalt in den Spulen zwischen Eisenbuchsen eingeschnürt worden.

Abb. 10 zeigt noch eine Type des kompletten Syntron-Hammers. Der Stöpsel *Z* wird in Halter *E* gesteckt, das nicht ganz gezeichnete Werkzeug *T*, z. B. ein Meißel, wird in die Führungsbüchse gesteckt und mit der Schneide gegen das zu bearbeitende Material gepreßt. Jetzt wird auf den Schalter *TS* gedrückt und der Arbeitsvorgang beginnt, letzteres jedoch nur, wenn das Werkzeug richtig in der Führungsbüchse steckt und einen Gegenhalt am Werkstück hat. Die Frequenz des Wechselstromes darf bis 5 % von der für den Syntron-Hammer vorgeschriebenen abweichen, die Spannung bis 10 %. Es ist ein Vorteil dieser Hämmer, daß dieselben besonders einfach sind und nur einen beweglichen Teil haben, was im Gegensatz zu den Hämmern mit rotierendem Elektromotor bei allen im Handel befindlichen elektromagnetischen Hämmern der Fall ist.

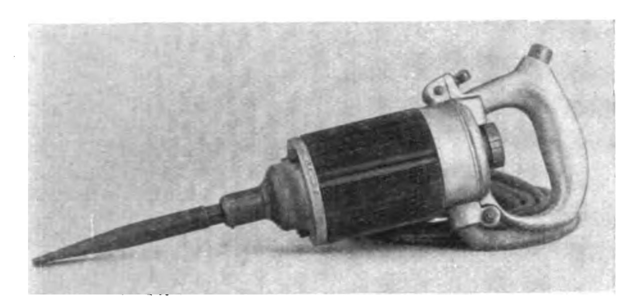


Abb. 11. Elektromagnetischer Hammer der Bewi G. m. b. H.

B. Bewi-Hämmer. — Dieser elektromagnetische Handhammer wird von der Societa Italiana Milangili Brevetti Invenzioni, Turin, fabriziert[6]. Abb. 11 zeigt eine Ansicht dieses Hammers, während Abb. 12 eine andere Type dieses Hammers im Schnitt darstellt. Das Werkzeug, z. B. der Meißel, wird mit der einen Hand und der in Abb. 11 und 12 sichtbare Griff mit der anderen Hand gehalten. In dieser äußeren Handhabung unterscheiden sich die elektrischen Hämmer nicht von den Preßluftwerkzeugen. Am Griff des elektrischen Hammers befindet sich ein Druckschalter zur bequemen Ein- und Ausschaltung des Stromes, wie sich am Griff des Druckluft-hammers das Arbeitsventil befindet.

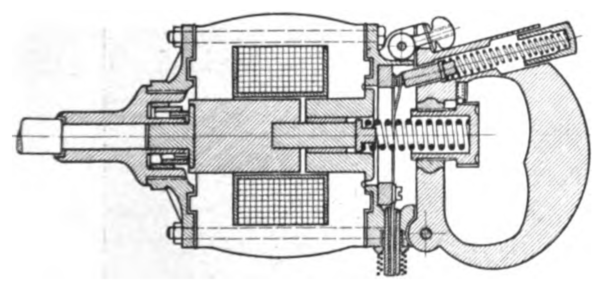


Abb. 12. Schnitt durch einen Bewi-Hammer.

Wie Abb. 12 erkennen läßt, ist nur ein einzelner kurzer, gedrungener Topfmagnet vorhanden, nämlich ein Solenoid, welches außen und innen von lamelliertem Eisen umgeben ist. Der kurze, kräftige lamellierte Kolben hat vorn und hinten massive Ansätze und bewegt sich durch die magnetischen Kräfte zwischen zwei Druckfedern auf den hinten angeordneten festen Kern zu. Der durch die wechselnden magnetischen Kräfte schwingende Kolben schlägt also, von der hinteren Feder abprallend, gegen das flache, in Abb. 12 sichtbare Ende des Werkzeuges, z. B. eines Meißels oder Stemmeisens. Die magnetischen Kräfte des Einphasenwechselstrom-Magneten wechseln mit dem elektrischen Strom unabhängig von der Stromrichtung zwischen Null und einem Maximalwert.

Da im allgemeinen bei uns mit 50periodigem Wechselstrom gearbeitet wird, ist die Schlagzahl dieses Hammers 6000 i. d. Min., denn beide Halbwellen des Wechselstromes werden ja benutzt. Der Hub sowie der Luftspalt betragen infolge der äußerst hohen Schagzahl nur einige Millimeter, wie auch Abb. 12 erkennen läßt. Durchmesser und Gewicht des Kolbens sind relativ groß bei den einzelnen Typen. Durch eine am Griff in der Mitte des Hammers hervortretende Schraube können Luftspalt und Hub des Magneten verändert und damit die Schlagkraft des Hammers geregelt werden. Der Griff ist nach Lösung einer Schraube abklappbar, so daß der Hammer leicht geöffnet und der Kolben herausgenommen werden kann. Es werden vier Typen dieses Bewi-Hammers angefertigt. Das Gewicht der Hämmer beträgt 1,6 ... 6,1 kg, der Stromverbrauch 50 W bei der kleinsten und 250 W bei der größten Type. Außerdem wird neuerdings noch eine Type E mit Gleichrichter fabriziert, bei welcher die Schlagzahl an Wechselstrom mit 50 Hz natürlich 3000 i. d. Min. beträgt.

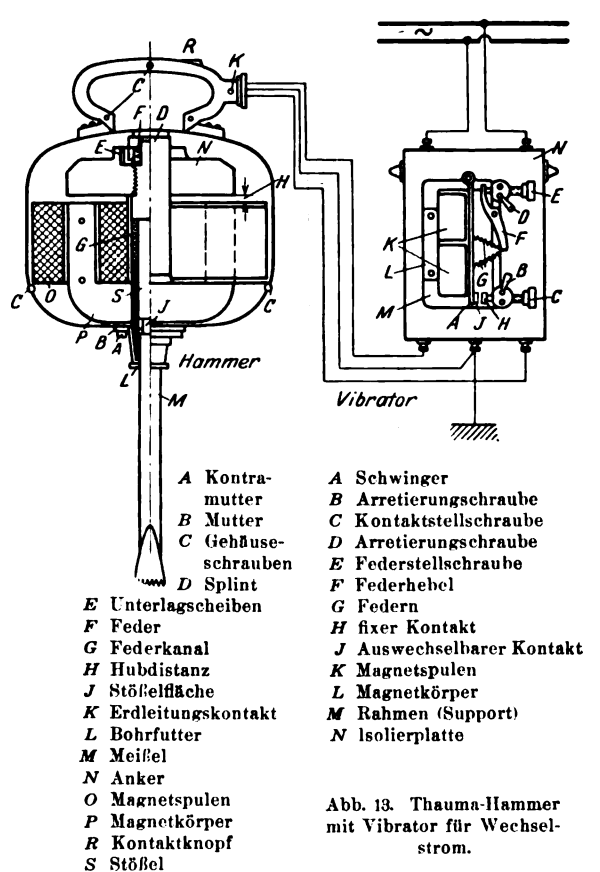


Abb. 13. Thauma-Hammer mit Vibrator für Wechselstrom.

Folgende Zahlentafel enthält genauere Angaben über die einzelnen Typen des Bewi-Hammers.

Elektrische Bewi-Handhämmer.

Type	Gewicht rd. kg	Durchmesser mm	Länge mm	Energieverbrauch rd. W
A	1,6	63	190	50
B	3,5	80	290	100
C	5,2	100	290	200
D	6,1	120	290	250
E	—	—	—	—

Verwendung finden diese elektrischen Hämmer hauptsächlich dort, wo leichteste Schläge bei höchster Schlagzahl gebraucht werden, wie bei der Bearbeitung von Marmor, Zement und anderem natürlichen oder künstlichen Gestein. Besonders dort füllen diese Werkzeuge eine Lücke aus, wo die Verwendung von Preßluftwerkzeugen infolge der hohen Anschaffungskosten der Preßluftanlage nicht in Frage kommt. Diese Werkzeuge, welche bereits in 2000 Betrieben verwendet werden, finden auch in der Metallbearbeitung Anwendung sowie für Gesteinbohrungen. Nachstehend folgen noch Angaben über die Spangewichte, welche in einer Minute bei Marmor und bei Eisen mit den Bewi-Hämmern entfernt werden können.

Mit Type A	Marmor	50 g/min	Eisen	4 g/min
„ „ B	„	115 „	„	7 „
„ „ C	„	215 „	„	11 „
„ „ D	„	250 „	„	14 „

C. Thauma-Hämmer. — Auch der Thauma-Hammer der „Thauma, Fabrik elektrischer Hämmer", Wien VI, ist ein elektromagnetischer Hammer für Wech-

[6] Vertrieb in den deutschen Sprachgebieten sowie in Skandinavien durch die Berliner Elektro-Werkzeug- und Industriebedarf G. m. b. H., Berlin NW 87, Zinzendorfstraße 6.

selstrom. Derselbe besteht aus zwei Teilen, dem eigentlichen elektrischen Hammer (Abb. 13 links) und dem Vibrator oder Unterbrecher (Abb. 13 rechts). Auch dieses Schlagwerkzeug arbeitet so, daß ein Elektromagnetanker durch Stromstöße vorbewegt und durch eine Feder zurückbewegt wird. Der erste Teil, der Hammer, besteht hauptsächlich aus einem Hufeisen-Elektromagneten, an dessen Ankermitte ein Schlagkolben aus Stahl befestigt ist. Durch die der Elektromagnetwicklung zugeführten Stromstöße werden der Anker und damit auch der Schlagkolben zur Ausführung der Schläge auf das Werkzeug, z. B. auf den in die Führungsbüchse gesteckten Meißel, vorbewegt. Der Rückhub von Kolben und Anker erfolgt durch die Feder *G*, welche bei jedem Vorhube etwas zusammengedrückt wird. Hinten zwischen Kolben und Gehäuse befindet sich noch eine Druckfeder *F*, welche den Rückhub elastisch abbremst, also einen Rückstoß verhindert. Die durch Ausführung des Elektromagneten als Hufeisen entstehende kurze, flache Form des Hammers macht denselben besonders handlich. Außerdem macht bei dieser Form die Herstellung des Magnetkörpers sowie des Ankers aus Eisenblechen keine Schwierigkeiten. Daß die Streuung etwas größer wird als bei dem Solenoid mit in denselben eintauchendem Kern dürfte unwesentlich sein. Die bei dem Thauma-Hammer vorhandenen zwei wirksamen Luftspalte verdoppeln ja die magnetische Zugkraft.



Abb. 14. Thauma-Hammer.

Abb. 15. Flacheisen und Zahneisen für elektrische Hämmer.

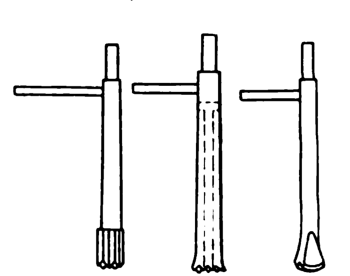


Abb. 16. Gesteinbohrer für elektrische Hämmer.

Der Unterbrecher oder Vibrator des Thauma-Hammers wird durch Steckkontakte sowohl mit dem Wechselstromnetz als auch mit dem Hammer leitend verbunden und in der Nähe des Arbeitsplatzes an die Wand gehängt. Dieser auf einer Schieferplatte montierte Unterbrecher arbeitet ähnlich einem schwingenden Gleichrichter, jedoch so, daß nur eine Halbwelle des Wechselstromes durch den Elektromagneten des Hammers fließt. Wird also Wechselstrom von 50 Hz benutzt, wie es in Deutschland meistens der Fall ist, so wird der Elektromagnet in jeder Sekunde 50mal stromlos. Bei jeder Stromlosigkeit werden Anker und Schlagkolben durch die Feder *G* zurückbewegt, um durch jeden Stromstoß elektromagnetisch vorgeschleudert zu werden. Die Schlagzahl ist somit 3000 i. d. Min. bei 50periodigem Wechselstrom. Mit dieser hohen Schlagzahl können selbst kleinste und leichteste Schlagwerkzeuge vorteilhaft betrieben werden, welche besonders für die Bearbeitung von Gestein, wie Marmor, Muschelkalk, Sandstein, Diabas und Kunststein, erforderlich sind. Auch Schriften und Gravierungen in Granit sind mit diesen elektrischen Werkzeugen leicht ausführbar. Nicht nur die Anstrengung der Erzeugung der mechanischen Arbeit entfällt, auch die Meißelführung ist bei dem elektrischen Hammer viel genauer als bei Handarbeit. Deshalb sind von den Thauma-Hämmern bereits rd. 4000 Stück zur vollen Zufriedenheit der Kundschaft im Betriebe. Thauma fabriziert fünf verschieden große Hammertypen von 0,9 bis 5,6 kg Gewicht bei 30 ... 400 W Stromverbrauch für Wechselstromspannungen von 110 ... 260 V. Die folgende Zahlentafel enthält nähere Angaben über Thauma-Hämmer.

Gewicht und Wattverbrauch der Thauma-Hämmer.

Type	Gewicht in kg			Wattverbrauch
	Hammer	Vibrator	kompl. verpackt	
1	0,9	—	1,5	30
5	1,2	1,5	4,5	50
10	2,5	1,6	6,0	100
15	3,5	1,7	7,5	160
30	5,6	2,8	11,0	400
40	in Vorbereitung			

Die beiden kleinsten Thauma-Hämmer werden ohne Griff angefertigt, weil der Rumpf als Griff dient. Abb. 14 zeigt die Verwendung der größeren Typen, welche mit Griff hergestellt werden. Zur bequemen Ein- und Ausschaltung befindet sich am Griff ein Druckschalter, bei den Typen 1 und 5 befindet sich der Schalter am Gehäuse. Abb. 15 zeigt einige Werkzeuge, welche bei Steinmetz- und Bildhauerarbeiten durch Einführung in die vordere Hülse des elektrischen Schlagwerkzeuges benutzt werden. Es sind dies Spitzeisen, Nuteisen, Flacheisen, Zahneisen, Stockeisen und Stockrolle. Auch zu Bohrungen in jeder Art Gestein werden die elektrischen Hämmer mit Vorteil benutzt, erreicht man doch bei einiger Übung mit den Thauma-Hämmern zumindest das Vierfache der Handarbeit. Die sekundliche Schlagleistung der Type 15, welche 3,5 kg wiegt, beträgt z. B. nach einem Gutachten der Versuchsanstalt für Werkzeuge (und Elektrotechnik) des Technologischen Gewerbemuseums in Wien 1,9 mkg. Abb. 16 zeigt verschiedene Arten von Gesteinbohrern, welche in elektrischen Schlagwerkzeugen benutzt werden. Der an den Bohrern erkennbare seitliche Arm dient zum Hin- und Herdrehen, zum Versetzen des Bohrers von Hand; bei großen mechanischen Bohrern, z. B. den elektrischen Gesteinbohrmaschinen, erfolgt auch das Versetzen mechanisch. Natürlich können die elektrischen Schlagwerkzeuge noch zu vielen bisher nicht genannten Arbeiten benutzt werden, so zur Bearbeitung von Holz und Metall, zum Stampfen und Rütteln von Sand und Beton. Besondere Erwähnung mögen noch die Installationsarbeiten finden, bei welchen oft Löcher durch Mauerwerk zu bohren und Nuten zu schlagen sind.

Ist ein Gleichstromnetz vorhanden, so lassen sich ebenfalls Wechselstrom-Schlagwerkzeuge verwenden, wie Abb. 17 an einem Thauma-Hammer bei Installationsarbeiten



Abb. 17. Wechselstromhammer mit Einankerumformer an Gleichstrom.

zeigt, da durch einen kleinen Einankerumformer der Wechselstrom aus Gleichstrom erzeugt werden kann.

In Amerika haben sich nach meiner Ansicht elektrische Schlagwerkzeuge nicht nur infolge des viel größeren Absatzgebietes mehr eingeführt als bei uns, besonders wichtig ist auch, daß man sich in Amerika im Gegensatz zu Deutschland entschlossen hat, sehr schwere elektrische



Hämmer anzufertigen. Nach El. Railway Journ.[7] beträgt das Gewicht der Syntron-Gleisstopf-Type 56 lb, eine andere amerikanische Firma fertigt Elektromotor-Schlagwerkzeuge bis 75 lb an (1 lb = 453,6 g). Auch die Preßluft-Schlagwerkzeuge waren bereits in vielfacher Verwendung, bevor dieselben die heutige Vollkommenheit erreicht hatten. Selbst hängend fanden dieselben infolge ihres anfangs sehr großen Gewichtes Verwendung. Für viele Arbeiten darf das elektrische Schlagwerkzeug, besonders wenn das Werkzeug gestützt wird, wie es z. B. bei dem Aufhauen von Asphalt und bei dem Stampfen von Beton und Sand der Fall ist, schwerer als das Preßluftwerkzeug gleicher Leistung sein. Dieses darf um so mehr der Fall sein, als nicht nur die elektrische Energie besonders leicht zu haben ist, sondern auch die Energievergeudung der Preßluftwerkzeuge sehr groß ist. Auch bei neuen Preßluftwerkzeugen ist die Energievergeudung derart groß, daß sie ein Vielfaches der von elektrischen Schlagwerkzeugen gleicher Leistung benötigten Energie verbrauchen.

IV. Berechnungsgrundlagen für elektromagnetische Schlagwerkzeuge.

Die Berechnung eines elektromagnetischen Hammers kann wie die eines Elektromagneten erfolgen. Bei Berechnung der Erwärmung ist natürlich von dem gesamten Stromverbrauch derjenige Teil in Abzug zu bringen, welcher in mechanische Arbeit umgewandelt wird. Dieser Betrag ist besonders bei den kleinen elektrischen Hämmern noch gering, so ergibt die Nachrechnung eines im Handel befindlichen Hammers mit 160 W Stromverbrauch, an dem die mechanische Leistung 1,9 mkg/s von einer Prüfanstalt ermittelt wurde, den Wirkungsgrad 11,7 %. Infolge der großen Vielseitigkeit der konstruktiven Lösungen und noch mehr der Lösungsmöglichkeiten sind trotz der großen Anstrengungen, welche von vielen Seiten erfolgten, Fortschritte zu erwarten, u. a. auch durch schwingungstechnische Erfahrungen.

Für die Vorausberechnung der mechanischen Arbeit eines Elektromagnet-Ankerhubes gibt es zwei Wege:

1. Mehrfache Anwendung der Maxwellschen Zugkraftformel für die verschiedenen Ankerstellungen und Berechnung der Arbeitsleistung der einzelnen Hubteile.
2. Summarische Berechnung der mechanischen Arbeit eines Ankerhubes, insbesondere durch die Formel:

$$A_m = 0{,}51\, I\, z\, (\Phi_2 - \Phi_1) \cdot 10^{-9} \text{ [mkg]}$$

(I konstante elektrische Stromstärke in Ampere, z Zahl der Windungen, Φ_1 magnetischer Induktionsfluß am Anfang, Φ_2 am Ende des Ankerhubes).

Wie bei Anwendung der Maxwellschen Formel vereinfachende Annahmen gemacht werden müssen, ist auch die obige Formel für die summarische mechanische Arbeit eines Ankerhubes nur mit vereinfachenden Annahmen aus dem Gesetz von der Erhaltung der Energie abgeleitet worden[8], nämlich: Annahme eines geradlinigen Verlaufes sämtlicher Magnetisierungskurven des gesamten Elektromagneten (mit Luftspalt) bei allen Ankerstellungen. Dies ist annähernd der Fall, wenn die Magnetisierung nur bis zur Eisensättigung geht. Ferner ist die Formel für A_m mit Vernachlässigung der Streuung und schließlich mit Annahme konstanter elektrischer Stromstärke aufgestellt, welch letzteres nur bei Gleichstrom und bei langsamer Ankerbewegung der Fall ist. Natürlich kann in den meisten praktischen Fällen mit dieser Formel ohne Einführung eines Erfahrungskoeffizienten nur ein Überschlagswert ermittelt werden.

Die Ergebnisse der Berechnung der mechanischen Arbeit nach der Maxwellschen Formel sowie nach der summarischen Formel, welch letztere speziell für elektromagnetische Schlagwerkzeuge abgeleitet wurde, sind mehrfach mit Messungen verglichen worden[9]. Beide Rechnungsarten, besonders die Maxwellsche, geben im allgemeinen kleinere Werte als durch Messung festgestellt wurde. Nach P. Kalisch[9] gibt die Maxwellsche Formel die Zugkräfte sogar so klein an, daß die wahren Kräfte bis zu 400 % größer als die errechneten sind.

Nachtrag bei Korrektur: Wie mir aus Amerika mitgeteilt wurde, soll der Marvin-Hammer in Amerika noch durch The Marvin Electric Rock Drill Company, Binghampton N. J., fabriziert werden. — Bei Syntron-Hämmern großer Leistung, welche nach einem südafrikanischen Journal[10] bei etwa 20 kg Gewicht 3000 W verbrauchen, wird Kühlluft durch den Hammer geblasen. Die Luft wird einem Gebläse entnommen, welches sich in dem Gleichrichterkasten befindet, und durch einen Luftschlauch dem Hammer zugeführt. Dieses System wurde vor 23 Jahren vorgeschlagen, erschien damals jedoch nicht einfach genug. — Vielleicht bildet später der Trockengleichrichter eine weitere Verbesserung der elektromagnetischen Hämmer, wenn Trockengleichrichter genügend preiswert mit genügender Leistung geliefert werden können. In Amerika sollen Trockengleichrichter bereits für elektrische Hämmer verwendet werden, bei uns wohl noch nicht. — Für die Überlassung von Informationsmaterial möchte ich noch bestens danken: Der Schriftleitung der ETZ, Herrn W. A. Vivian, Camborne (England), Herrn Müller in Fa. Bewi, Berlin NW 87, Herrn Schöngut in Fa. Thauma, Wien. Ob letztere Firma noch besteht, entzieht sich meiner Kenntnis, da Reflektanten kürzlich auf Anfragen keine Antwort erhielten.

[7] El. Railway Journ. Bd. 69, S. 89; s. a. ETZ 1927, S. 1817.

[8] P. Schiemann, Die mechanische Arbeitsleistung von Hubmagneten nach dem Gesetze von der Erhaltung der Energie, Z. f. Elekt. Wien 1905, S. 483. Siehe auch: F. Emde, ETZ 1908, S. 819; P. Schiemann, El. u. Maschinenb. Bd. 31, S. 1; L. Schüler, ETZ 1913, S. 611

[9] K. Euler, Untersuchung eines Zusatzmagneten für Gleichstrom, Verlag Julius Springer, Berlin 1911; P. Kalisch, Beiträge zur Berechnung der Zugkraft von Elektromagneten, Verlag Julius Springer, Berlin 1913.

[10] South African Min. and Engg. Journ. 1928, S. 625.

Der Springschreiber T 28.

Von E. Beier, Berlin.

Übersicht. Die Deutsche Reichspost hat den Springschreiber T 28 als Telegraphenapparat in Nebentelegraphenanlagen zugelassen und macht im eigenen Betriebe mit ihm in größerem Umfange Versuche, um festzustellen, ob er sich auch für den öffentlichen Telegraphendienst eignet. Seine Arbeits- und Bedienungsweise sind trotz seiner Leistung von etwa 7 Zeichen/s sehr einfach, so daß bei Verwendung dieses Apparates Personalkosten erspart werden könnten. Die Arbeitsweise des Springschreibers T 28 wird kurz beschrieben.

Die ETZ brachte bereits eine Beschreibung des Creed-Springschreibers[1]. Meine Aufgabe soll es heute sein, den Springschreiber T 28 zu beschreiben.

Der Springschreiber T 28 ist der Teletype Modell 14 der Morkrum-Kleinschmidt Gesellschaft in Chicago; er ist wie der Creed-Springschreiber ein Gehsteh- (Start-Stop-) Apparat und arbeitet mit einem Fünferalphabet. Von der genannten Firma hat die C. Lorenz Aktiengesellschaft in Berlin-Tempelhof die Patente und das Recht erworben, die Apparate in Deutschland herzustellen.

Es sei zuerst noch einmal die Arbeitsweise dieser Apparatgattung beschrieben. Jedem Fünferzeichen geht ein besonderer Stromschritt — der Anlaufschritt — voran, der die Kupplung des Empfangsteiles des Apparates mit dem Antriebsmotor während der Übermittlung eines Fünferzeichens bewirkt. Nach Beendigung der Übermittlung des Zeichens folgt ebenfalls ein besonderer Stromschritt — der Sperrschritt —, der die Kupplung des Empfangsteiles mit dem Antriebsmotor aufhebt und den Empfangsteil wieder in Ruhe bringt. Es besteht demnach jedes Zeichen aus sieben Stromschritten. Diese Arbeitsweise hat den Vorteil, daß kein dauernder Gleichlauf zwischen Sender und Empfänger bestehen muß, sondern es genügt eine annähernd gleiche Umdrehungszahl der Antriebsmotoren, weil nach Beendigung einer Umdrehung die Nullstellung wieder eingenommen wird und eine eingetretene Verzögerung oder Beschleunigung sich zu der der weiteren Umdrehungen nicht addieren kann.

Der Abdruck der ankommenden Zeichen geschieht beim Teletype wie bei einer Schreibmaschine mit Typenhebeln, die mit Hilfe eines einfachen Elektromagneten rein mechanisch ausgewählt werden, auf einen Papierstreifen (Streifendrucker) oder auf Blätter (Blattdrucker). Beim Creed-Springschreiber wird für den Abdruck dagegen ein Typenrad benutzt, dessen Stellung ebenfalls mittels eines Elektromagneten mechanisch ausgewählt wird. Die abgehenden Zeichen werden mit Hilfe eines Tastenwerkes gebildet, das dem einer Schreibmaschine ähnelt. Die vom Tastenwerk gebildeten Zeichen-

[1] ETZ 1928, S. 291.

bilder gehen entweder unmittelbar in die Leitung (Handsender) oder sie werden in einem Papierstreifen als Lochbild gespeichert (Streifenlocher). Die Benutzung von Streifenlochern erfordert besondere Streifensender, die die Lochbilder durch Hebel abfühlen und entsprechend den Lochbildern Stromstöße in die Leitung senden. Der Handsender ist mit dem Empfänger auf einer gemeinsamen Grundplatte vereinigt.

Während der Creed-Springschreiber seine Zeichenbilder aus negativen und positiven Stromstößen gleicher Länge bildet, wird beim Springschreiber T 28 nur eine Stromrichtung benutzt. Die andere Stromrichtung wird durch Stromlosigkeit ersetzt, so daß das Alphabet des Springschreibers T 28 aus „Strom"- und „Kein-Strom"-Schritten besteht. Dementsprechend kann beim Springschreiber T 28 für die Aufnahme der Zeichen ein gewöhnlicher Elektromagnet benutzt werden, während der Doppelstrom beim Creed-Springschreiber die Verwendung eines polarisierten Elektromagneten erforderlich macht. Die Strombilder des Springschreibers T 28 sind in Abb. 2 wiedergegeben.

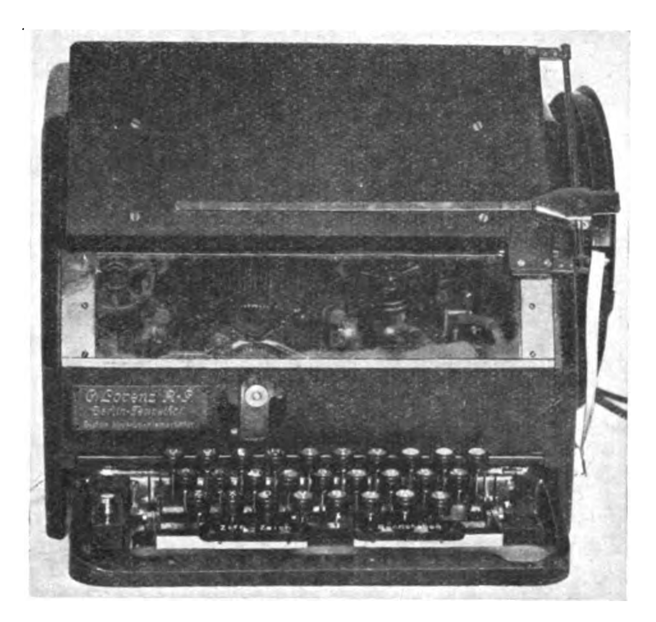


Abb. 1. Springschreiber T 28 (geschlossen).

Der Handsender.

Der Handsender besteht aus einem dreireihigen Tastenwerk, dessen Tastenhebel entsprechend dem Fünferalphabet bezeichnet sind (Abb. 1), und einem Kontaktgeber (Abb. 3).

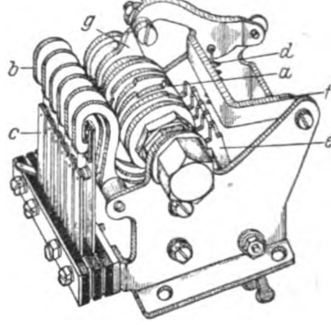
Unter dem Tastenwerk liegen — durch die Verwendung des Fünferalphabets bedingt — fünf Wählschienen (Abb. 4), flache auf hohe Kante gesetzte Stahlschienen, die rechtwinklig zu den Tastenhebeln stehen und über die ganze Breite des Tastenwerks verlaufen.

Jede dieser Wählschienen hat an ihrem oberen Rande eine Anzahl dreieckiger Einschnitte, die entsprechend den Zeichenbildern des Fünferalphabets angeordnet sind. Die Schienen ruhen an beiden Enden auf Walzen, so daß sie leicht seitlich bewegt werden können. Wird eine Taste gedrückt, so legt sich der untere Rand des Tastenhebels auf die schiefen Ebenen der Einschnitte der fünf Wählschienen. Durch den weiteren Druck des Tastenhebels auf die schiefen Ebenen werden je nach der Richtung der schiefen Ebenen die Wählschienen entweder nach rechts oder links verschoben.

Jede Wählschiene trägt an ihrem linken Ende in einem Ausschnitt einen senkrecht stehenden und mit zwei Rasten an seinem oberen Ende versehenen zweiarmigen Hebel, der als Sperrklinke wirkt. Bewegt sich die Wählschiene nach links, so geht der obere Arm der Sperrklinke nach rechts und umgekehrt. Jede Sperrklinke steuert mit einer Nase an ihrem oberen Ende einen in seinem Scheitelpunkt drehbar gelagerten winkelförmigen Kontakthebel, dessen senkrechter Arm in eine hakenförmige Nase ausläuft und dessen wagerechter Arm einen Nocken trägt. Neben diesen Kontakthebeln befindet sich ein sechster Kontakthebel, der von keiner Sperrklinke beeinflußt wird. Innerhalb des Hakens jedes Kontakthebels liegen die oberen Enden der längeren Federn des Federnpaares der sechs Sendekontakte. Die sechs Sendekontakte sind parallel geschaltet. Während der Ruhe sind die ersten fünf (von vorn gesehen) geöffnet, während der hinterste geschlossen ist und Strom in die Leitung sendet. Mit diesen Einrichtungen ist es bereits möglich, das Zeichenbild zu speichern. Es ist nun noch erforderlich, die Einheiten des Zeichenbildes nacheinander in die Leitung zu senden. Diesem Zwecke dient eine über den wagerechten Schenkeln der Kontakthebel liegende Achse mit sechs Nutenscheiben *a*, deren Nuten auf sechs Siebentel des Kreisumfanges nacheinander verteilt sind. Diese Achse kann mit Hilfe einer allen Tastenhebeln gemeinsamen, drehbar gelagerten U-Schiene mit einer sich immer drehenden Antriebsachse — der Senderachse — für die Dauer einer Umdrehung gekuppelt werden. Beim Niederdrücken einer Taste bewegt die U-Schiene die Ausrückklinke *l* (Abb. 5) nach vorn, die ihrerseits mit einem Häkchen eine winkelförmige Zwischenklinke mitnimmt.

Schritt 1 2 3 4 5
A - ; B ? ; C : ; D ✠ ; E 3 ; F / ; G ✠ ; H ✠ ; I 8 ; J Klg ; K (; L) ; M . ; N , ; O 9 ; P 0 ; Q 1 ; R 4 ; S ' ; T 5 ; U 7 ; V = ; W 2 ; X / ; Y 6 ; Z +
Ziffern- u. Zeichenabstand
Buchstabenabstand
☐ Kein Strom (geöffneter Kontakt)
▨ Strom (geschlossener Kontakt)
×) Klg Glockenzeichen

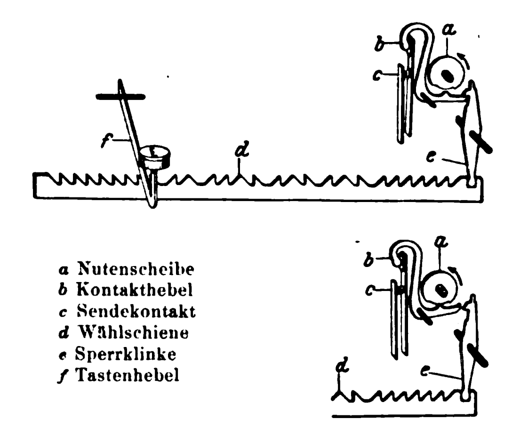
Abb. 2. Alphabet des Springschreibers T 28.



a Nutenscheibe
b Kontakthebel
c Sendekontakte
d Bügelfeder
e Sperrklinke
f Sperrbügel
g Entriegelungsdaumen

Abb. 3. Kontaktgeber.

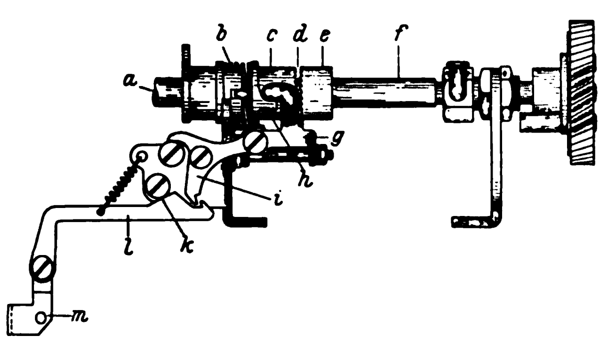
Die Zwischenklinke hebt durch ihre Bewegung den Entkuppler von der Sperrnase des Zahnrades *c*, das auf der Achse der Nutenscheiben des Kontaktgebers sitzt. Die Kupplungsfeder drückt nun das Zahnrad II (*c*) mit seinen Zähnen gegen die Zähne des Zahnrades I (*e*) der Senderachse, wodurch die Nutenscheibenachse mitgenommen wird. Die Senderachse wird über ein Zahnradvorgelege von einem Motor angetrieben, der dem Sender- sowie Empfängerteil des Apparates gemeinsam ist. Die Ausrückklinke schiebt sich mit ihrer schiefen Ebene bei der weiteren Bewegung nach vorn gegen eine exzentrische Schraube. Diese Klinke wird nach unten gedrückt. Ihre Nase gibt die Zwischenklinke frei, die dadurch mit dem Entkuppler in ihre Ruhelage zurückkehren kann. Der Entkuppler schleift nun wieder auf dem Rande des angetriebenen Zahnrades, bis er den Nocken trifft, der mittels seiner schiefen Ebene das Rad II vom Rad I abdrängt und so die Entkupplung der beiden Achsen wieder herbei-



a Nutenscheibe
b Kontakthebel
c Sendekontakt
d Wählschiene
e Sperrklinke
f Tastenhebel

Abb. 4. Wählschienen.

führt. Diese Einrichtung macht den Kupplungsvorgang unabhängig von der Zeitdauer des Tastendruckes. Zum Festlegen der fünf Sperrklinken und zum Sperren des Tastenwerkes während einer Umdrehung des Kontaktgebers dient ein Sperrbügel *f* (Abb. 3), der bei Anlauf der Kontaktgeberachse durch den Entriegelungsdaumen freigegeben wird und sich entweder auf die linken oder rechten Rasten der Sperrklinken legt. Am Schluß der Umdrehung wird der Sperrbügel durch den Entriegelungsdaumen wieder aus den Rasten gehoben, so daß die Sperrklinken für die Speicherung des nächsten Zeichens bereitstehen.



a Kontaktgeber
b Kupplungsfeder
c Rad II
d Zahnradkupplung
e Rad I
f Senderachse
g Entkuppler,
h Sperrnase
i Zwischenklinke
k untere exzentrische Schraube
l Ausrückklinke
m Gemeinsame U-Schiene

Abb. 5. Kupplung des Kontaktgebers.

Das Senden eines Zeichens erfolgt nun so: Angenommen, es soll der Buchstabe E übermittelt werden. Die gedrückte Taste bewegt mittels ihres Hebels und den schiefen Ebenen an den Wählschienen die 1. Wählschiene nach links und die Schienen 2...5 nach rechts. Das obere Ende der Sperrklinke 1 legt sich nach rechts, während die anderen Sperrklinken nach links gehen. Die Nasen der Sperrklinken 2...5 legen sich dabei auf die waagerechten Arme ihrer Kontakthebel und halten sie fest.

Die gemeinsame U-Schiene ist inzwischen soweit nach unten bewegt worden, daß der Entkuppler von der schiefen Ebene des Nockens des Zahnrades II gehoben und die Kontaktgeberachse mit der Senderachse gekuppelt worden ist. Die Kontaktgeberachse nimmt nun an der Umdrehung der Senderachse teil. Der Sperrbügel *f* (Abb. 3) gleitet jetzt vom Entriegelungsdaumen und fällt infolge der ihn nach unten ziehenden Bügelfeder in die Rasten der Sperrklinken und legt sie für diese Umdrehung fest.

Da der Apparat als Springschreiber arbeitet, so geht, wie bereits anfangs erwähnt, jedem Zeichen ein Anlaufschritt voraus und ein Sperrschritt folgt dem Zeichen. Diese Schritte werden durch den hinteren Kontakthebel gesandt, der dementsprechend von seiner Nutenscheibe gesteuert wird. Sobald sich die Kontaktgeberachse zu drehen beginnt, wird der Nocken dieses Kontakthebels aus der Nut gedrückt, die hakenförmige Nase öffnet dadurch den Kontakt. Diese Nutenscheibe sitzt so auf der Achse, daß sich zwischen dem Ende ihrer Nut und dem Anfang der Nute der folgenden Scheibe 1 das siebente Siebentel des Kreisumfanges befindet, währenddessen der Kontakt unterbrochen bleibt und kein Strom in die Leitung gesandt wird. Dieser Schritt ist der Anlaufschritt. Die Kontaktgeberachse hat sich inzwischen so weit gedreht, daß in die Nute der Scheibe 1 der Nocken ihres Kontakthebels, der ja nicht durch seine Sperrklinke festgehalten wird, fallen kann. Die Kraft der langen Feder des Sendekontaktes kann sich nun auswirken und zieht mit Hilfe der hakenförmigen Nase den Nocken des waagerechten Schenkels in die Nut der Nutenscheibe. Dabei gelangt die lange Feder bis zu ihrer Gegenfeder. Der Kontakt wird geschlossen und Strom in die Leitung gesandt. Bei der weiteren Drehung der Kontaktgeberachse bewegen sich, da die Sperrklinken 2...5 mit ihren Haken ihre Kontakthebel festhalten, die Nuten der dazugehörigen Nutenscheiben an den Nocken der waagerechten Schenkel ihrer Kontakthebel vorbei. Die Kontakte 2...5 bleiben also offen, und es wird während dieser Zeit, die derjenigen der letzten vier Stromschritte des Fünferzeichens entspricht, kein Strom in die Leitung gesandt. Nun tritt der Entkuppler wieder in Tätigkeit. Er drückt das Zahnrad II aus den Zähnen des Rades I, wodurch der Kontaktgeber wieder in Ruhe kommt. Jetzt liegt der Nocken des letzten Kontakthebels der Nut der zugehörigen Nutenscheibe gegenüber. Die lange Feder zieht mittels der hakenförmigen Nase den Nocken in die Nute der Nutenscheibe, legt sich dabei gegen ihre Gegenfeder und schließt den Kontakt. Der Sperrstromschritt wird in die Leitung gesandt.

Der Empfänger (Streifendrucker).

Der Empfänger (Abb. 6) besteht aus einem gewöhnlichen Elektromagneten — dem Empfangsmagneten — mit Verteiler — die Wähldaumenbuchse —, einem Übersetzerteil und der von dem mit dem Sender gemeinsamen Motor angetriebenen Hauptachse. Der Empfänger übersetzt die vom Sender ankommenden Fünferzeichen in Druckzeichen. Er benutzt dazu den Magneten, der die Stromstöße aufnimmt, mit Hilfe des kleinen Verteilers und der Wählschienen (Abb. 6, *a* und *b*) mechanisch das Zeichen auswählt und es bis zum Eingang des letzten Stromstoßes des Fünferzeichens aufspeichert. Dann wird das Zeichen mittels eines einfachen Werkes durch Typenhebel *c* mechanisch auf einen Papierstreifen *d* abgedruckt. Dieses Werk besorgt außerdem den Papiervorschub, den Farbbandtransport, die Umschaltung des Farbbandes, den Wechsel von Buchstaben auf Zeichen und umgekehrt.

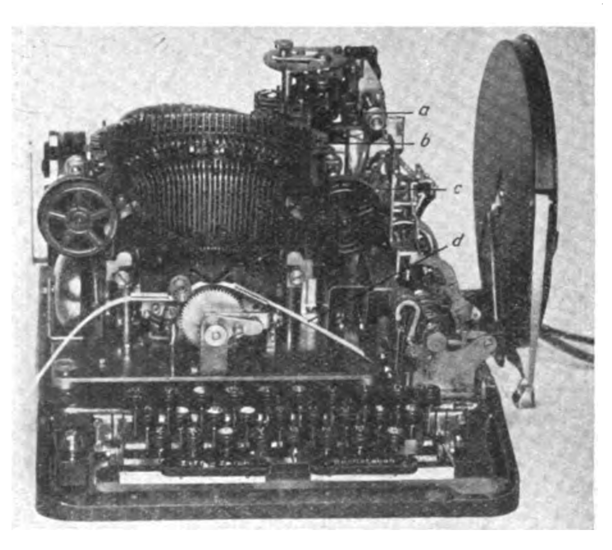
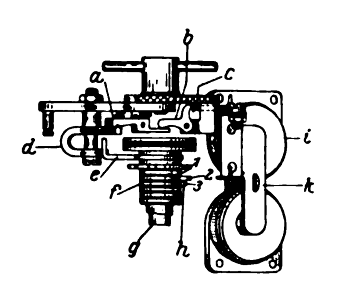


Abb. 6. Springschreiber T 28 (offen).

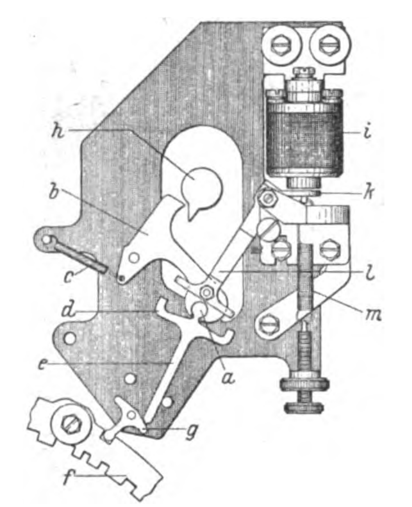


a Auslöseklinke
b Zwischenhebel
c Stift
d Sperrklinke
e Sperrarm
f Empfangsverteiler
g Hauptachse
h Wähldaumen
i Empfangsmagnet
k Magnetanker

Abb. 7. Wählmechanismus des Empfängers.

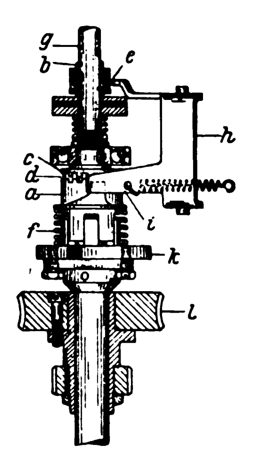
In der Ruhe ist der Anker des Empfangsmagneten durch den Sperrstrom angezogen. Geht ein Zeichen ein, so fällt infolge der Stromlosigkeit während des Anlaufschrittes der Anker ab. Der Anker bewegt dabei zuerst einen Stift (Abb. 7), der mit Hilfe eines Zwischenhebels und der Auslöseklinke die Sperrklinke freigibt. Die Sperrklinke hielt so lange den Sperrarm, der zusammen mit einem kleinen Empfangsverteiler auf der durch ein Schneckengetriebe angetriebenen Hauptachse sitzt und mit dieser durch Reibung gekuppelt ist. Der Verteiler besitzt fünf Wähldaumen, daher auch Wähldaumenbuchse genannt, für die Auswahl des Zeichens und einen sechsten, der den Abdruck des Zeichens bewirkt. Die Wähldaumen sind von dem zweiten bis zum sechsten Siebentel des Umfanges der Verteilerachse versetzt untereinander angeordnet. In das erste und letzte Siebentel fällt die Arbeit des Sperrarmes und des sechsten Daumens. Im Bereiche der Wähldaumen liegen fünf Steuerhebel (Abb. 8), das sind Winkelhebel, deren einer Arm eine Klaue hat. Jede Klaue dient als Lager für den Knauf eines schwertförmigen Hebels — das Schwert —, der mit seiner Spitze einen T-förmigen Hebel — den T-Hebel — bewegen kann. Der Drehpunkt des T-Hebels

liegt im Schnittpunkt des senkrechten Schenkels mit dem waagerechten Schenkel. Der senkrechte Schenkel des T-Hebels ruht in einem Ausschnitt der Wählschiene *f*. Die Wählschienen sind um ein geringes leicht verschiebbar. Hat die Sperrklinke den Sperrarm freigegeben, so nehmen die Wähldaumen infolge der Reibungskupplung an der Bewegung der Achse teil und schieben die Steuerhebel beiseite. Diese reißen mit ihren Klauen die Schwerter zurück und bringen sie in den Bereich der beiden Nasen des Ankerfortsatzes. Ist der Anker des Magneten — zur Zeit des Einrückens eines Wähldaumens in den Steuerhebel — angezogen, so liegt die rechte Nase des Ankerfortsatzes in der Bahn des rechten Schwertansatzes. Dadurch, daß die Klaue das Schwert nach hinten zieht, stößt der rechte Schwertansatz gegen die rechte Nase des Ankerfortsatzes und die Spitze des Schwertes wird nach links gedreht. Sobald der Wähldaumen aus dem Steuerhebel gleitet, wirkt die Spannfeder, die den Steuerhebel wieder in seine Ruhelage bringt. Dabei stößt die Spitze des Schwertes gegen den linken Schenkel des Querbalkens des T-Hebels. Der senkrechte Arm macht eine Bewegung nach rechts und nimmt dabei die Wählschiene nach rechts mit. Ist der Anker des Magneten dagegen losgelassen, so stößt bei der Rückwärtsbewegung des Steuerhebels der linke Schwertansatz gegen die linke Nase des Ankerfortsatzes. Die Spitze des Schwertes dreht sich nach rechts und stößt beim Schnellen des Steuerhebels in seine Ruhelage gegen den rechten Schenkel des Querbalkens des T-Hebels. Der senkrechte Schenkel des T-Hebels bewegt die Wählschiene nach links, das angekommene Zeichen wird auf diese Art gespeichert. Damit durch die Stöße des Schwertes gegen den Ankerfortsatz dessen Stellung nicht beeinflußt wird, hält ihn eine Klinke in jeder der durch das Zeichen gegebenen Stellungen fest. Die Klinke wird von einer genuteten Scheibe auf der Empfängerverteilerachse gesteuert.



a Knauf
b Steuerhebel
c Spannfeder
d Schwertansatz
e Schwert
f Wählschiene
g T-Hebel
h Wähldaumen
i Empfangsmagnet
k Magnetanker
l Ankerfortsatz
m Abreißfeder

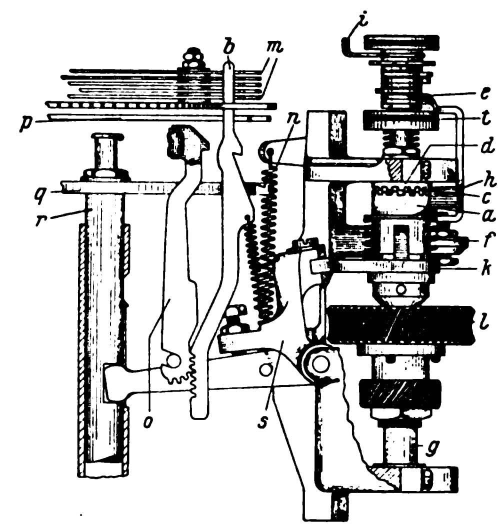
Abb. 8. Zeichenwähler.



a Angetriebenes Zahnrad
b Wähldaumenbuchse
c Zahnradkupplung
d Antriebszahnrad
e 6. Daumen
f Kupplungsfeder
g Hauptachse
h Druckachsensperrer
i Kupplungs-Stopparm
k Druckdaumen
l Schneckengetriebe

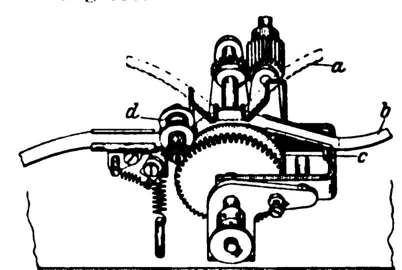
Abb. 9. Druckachse.

Die Wählschienen befinden sich vor dem Verteilermechanismus. Es sind genutete, halbkreisförmig angeordnete Schienen, die von den T-Hebeln so verschoben werden können, daß für die vor den Schienen stehenden Zugstäbe eine durchgehende Einfallnut gebildet wird. Für jeden Buchstaben sowie für Zahlen- und Buchstabenblank ist ein Zugstab vorgesehen. Die Zugstäbe tragen an ihrem oberen Ende eine Nase und am unteren Ende eine kurze Zahnstange. Die Zugstäbe sind oben und unten in einem Einschnitt von zwei halbkreisförmigen Segmenten gelagert und werden von Federn nach hinten gezogen. In den Einschnitten können sie sowohl von unten nach oben als auch von vorn nach hinten bewegt werden. Das untere Segment dient gleichzeitig als Lager für die Typenhebel, die mit ihrem am unteren Ende befindlichen halbkreisförmigen Zahnkranz in der Zahnstange des Zugstabes ruhen. Am oberen Ende trägt jeder Hebel als Type den ihm nach dem Fünferalphabet zukommenden Buchstaben und die ihm zukommende Ziffer oder das Zeichen. Ein besonderer Zugstab, der in Einschnitte am rechten Ende der Wählschienen fällt, hält diese in ihrer durch den Wählvorgang gegebenen Stellung fest.



a Angetriebenes Zahnrad	*g* Hauptachse	*n* Druckfeder
b Zugstab	*h* Druckachsensperrer	*o* Typenhebel
c Zahnradkupplung	*i* Sperrarm	*p* Auslöseschiene
d Antriebszahnrad	*k* Druckdaumen	*q* Druckbügel
e 6. Daumen Kupplungsfeder	*l* Schneckengetriebe	*r* Druckbügelkolben
	m Wählschienen	*s* Druckhebel
		t Friktionskupplung

Abb. 10. Empfangs- und Druckmechanismus.

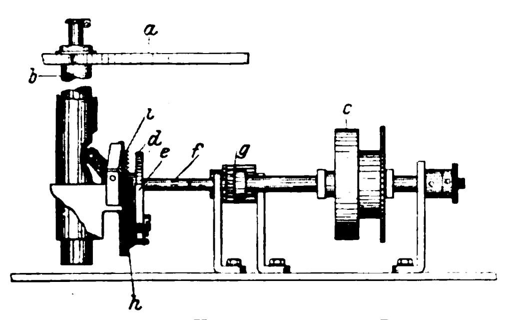


a Farbband
b Papierstreifen
c Druckrolle
d Vorschubrolle

Abb. 11. Streifenführung.

Haben die fünf Wähldaumen das Zeichen gespeichert, so tritt der sechste Daumen des kleinen Empfängerverteilers in Tätigkeit (Abb. 9). Er stößt gegen den neben der Hauptachse gelagerten Druckachsensperrer. Dieser bewirkt den Abdruck des aufgenommenen Zeichens, indem er den lose auf der Hauptachse sitzenden Exzenter — den Druckdaumen — mittels einer Zahnradkupplung — Antriebszahnrad und angetriebenes Zahnrad — mit der Hauptachse kuppelt (Abb. 10). Der Exzenter nimmt an der Bewegung der Hauptachse teil. Auf dem Exzenter ruht durch die Kraft der Druckfeder die Rolle des senkrechten Schenkels des Druckhebels. In der Ruhe liegt die Rolle auf dem höchsten Punkt des Exzenters. Dreht sich der Exzenter, so gibt die Abflachung Raum und die Rolle folgt infolge der Kraft der Druckfeder. Der waagerechte Schenkel, der in einem Ausschnitt des Druckbügelkolbens ruht, macht eine senkrechte Bewegung und schleudert den Druckbügelkolben mit dem Druckbügel nach oben. Die Rolle gleitet dann auf die Erhöhung des Exzenters und zieht mittels des Druckhebels den Druckbügelkolben wieder nach unten. Der Druckbügel gleitet bei seiner Aufwärtsbewegung an den schiefen Ebenen der Zugstäbe vorbei und läßt sie sich gegen die fünf Wählschienen legen. Der in die von den Wählschienen gebildete Nut einfallende

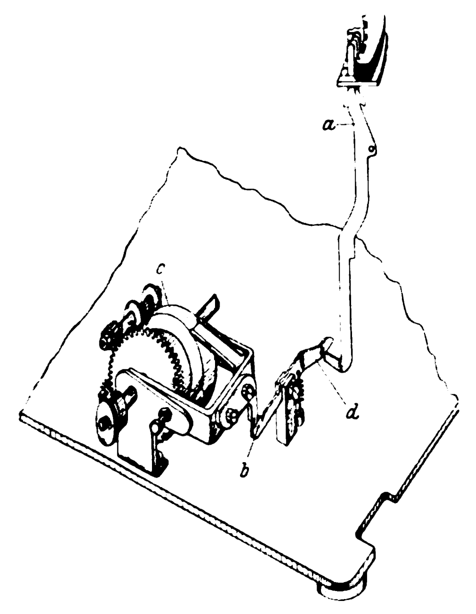
Zugstab gelangt mit seiner Nase dabei in den Bereich des Druckbügels und wird von ihm mitgerissen. Die Zahnstange am unteren Ende des Zugstabes nimmt mittels des Zahnkranzes am Typenhebel diesen mit und gibt ihm eine Bewegung nach vorn. Der Typenhebel gelangt mit seinem äußersten Ende, der Type, bis auf das über die Druckwalze laufende Papier und druckt so die Type ab. Stößt der Zugstab mit der schiefen Ebene oberhalb der Nase gegen die Auslöseschiene, so wird die Nase des Zugstabes vom Druckbügel geschoben. Die Feder kann ihn wieder nach unten ziehen, und die Zahnstange bringt den Typenhebel wieder in seine senkrechte Ruhelage. Bei seiner Abwärtsbewegung stößt der Druckbügel den eingefallenen Zugstab aus der Einfallnut und bringt mit Hilfe der schiefen Ebenen der Zugstäbe diese von den Wählschienen frei.



a Druckbügel *d* Vorschubrad *g* Druckrollengetriebe
b Druckbügelkolben *e* Vorschubklinke *h* Vorschubhebel
c Druckrolle *f* Vorschubachse *i* Vorschubfeder

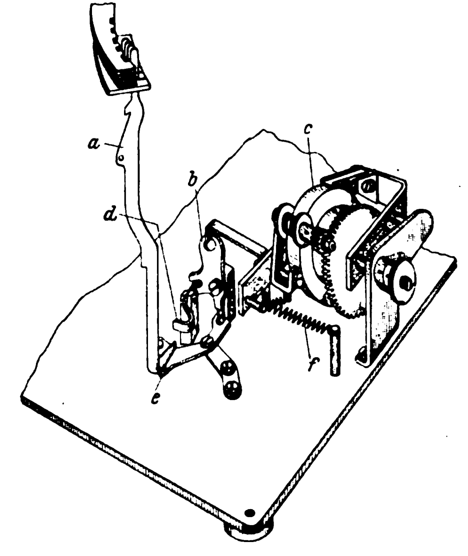
Abb. 12. Streifenvorschub.

Der Empfang und der Abdruck eines Zeichens gestalten sich folgendermaßen: Es werde z. B. das Fünferzeichen für den Buchstaben E empfangen. Der dem Zeichen vorangehende Anlaufschritt — ein Kein-Strom-Schritt — läßt den Anker des Magneten abfallen (Abb. 7). Der Anker drückt zunächst mit dem Stift gegen den einen Schenkel des Zwischenhebels, der mit seinem anderen Schenkel die Auslöseklinke nach unten drückt, wodurch die Sperrklinke den Sperrarm freigibt. Die Wähldaumenbuchse — der Empfängerverteiler — nimmt nun infolge der Reibungskupplung an der Umdrehung der Hauptachse teil. Das Fünferzeichen des Buchstabens E besteht aus einem Stromschritt und vier Kein-Strom-Schritten. Beim Empfang des ersten Schrittes des Fünferzeichens — also des Stromschrittes — rückt der Wähldaumen 1 in den Steuerhebel 1. Das Schwert 1 wird zurückgezogen und gelangt, da der Anker angezogen ist, mit seinem rechten Ansatz gegen den rechten Ankerfortsatz. Das Schwert dreht sich in seinem Lager in der Klaue des Steuerhebels nach links. Beim Zurückschnellen des Steuerhebels stößt die Spitze des Schwertes gegen den linken Arm des Querbalkens des T-Hebels. Der senkrechte Schenkel des T-Hebels bewegt die Wählschiene 1 nach rechts. Beim Eintreffen des zweiten Schrittes des Fünferzeichens — des Kein-Strom-Schrittes — gleitet der zweite Wähldaumen in den zweiten Steuerhebel, der das zweite Schwert mit seiner Klaue zurückzieht. Der linke Schwertansatz kommt dabei, weil ja der Anker des Empfangsmagneten losgelassen ist, in den Bereich des linken Ankerfortsatzes. Das Schwert wird durch den erhaltenen Stoß nach rechts gedreht und stößt mit seiner Spitze beim Zurückschnellen des Steuerhebels gegen den rechten Arm des Querbalkens des T-Hebels. Der senkrechte Schenkel des T-Hebels schiebt die zweite Wählschiene nach links. Da die folgenden drei Schritte ebenfalls Kein-Strom-Schritte sind, werden durch die T-Hebel 3, 4 und 5 die Wählschienen 3, 4 und 5 nach links geschoben. Das Zeichen ist gespeichert. Es folgt nun der Abdruck. Der sechste Daumen betätigt den Druckachsensperrer und bewirkt dadurch die Kupplung des Druckdaumens mit der Hauptachse. Der Exzenter läuft um. Der Druckbügel wird in der vorher beschriebenen Weise gehoben. Die Zugstäbe legen sich infolge ihrer schiefen Ebenen bis auf den E-Zugstab gegen die Wählschienen. Der E-Zugstab fällt dagegen bis in die von den Wählschienen gebildete Nut. Seine Nase legt sich auf den Druckbügel, der ihn nun mit nach oben reißt. Die Zahnstange des Zugstabes läßt bei dessen Aufwärtsbewegung den Typenhebel auf das Papier der Druckwalze schlagen. Das Zeichen ist abgedruckt. Die Auslöseschiene bringt nun die Nase des Zugstabes wieder aus dem Bereich des Druckbügels. Der Zugstab wird von seiner Feder nach unten gezogen und dadurch der Typenhebel wieder in seine senkrechte Ruhestellung gebracht. Bei seiner Abwärtsbewegung bringt dann der Druckbügel die übrigen Zugstäbe von den Wählschienen frei.



a Zugstab für Figurenwechsel *c* Druckrolle
b Sperrung *d* Wechselhebel

Abb. 13. Ziffern- und Zeichenwechsel.



a Zugstab für Buchstabenwechsel *d* Wechselhebel
b Zughebel *e* Sperrung
c Druckrolle *f* Spannfeder

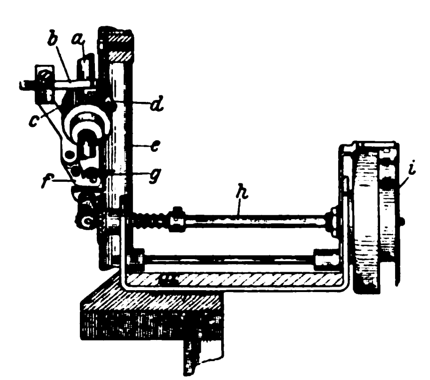
Abb. 14. Buchstabenwechsel.

Abb. 11 zeigt die Vorschubeinrichtung für den Druckstreifen. Der Streifen läuft über die Druckrolle und wird mit Hilfe der Vorschubrolle, die durch eine Feder gegen die Druckrolle gedrückt wird, vorwärts bewegt. Sobald der Druckbügel aufwärts geht, bewegt der Druckbügelkolben die Vorschubklinke mit Hilfe des Vorschubhebels abwärts (Abb. 12). Geht nun der Druckbügel nach unten, so dreht die Vorschubfeder das Vorschubrad um einen Zahn weiter. Diese Bewegung wird der Druckrolle durch das Druckrollengetriebe mitgeteilt, so daß der Streifen während jeder Bewegung des Vorschubrades um eine Zeichenbreite vorwärts bewegt wird.

Durch den Papiervorschub wird die Streifenrolle abgewickelt, die auf einem Dorn an der rechten Seite des Apparates sitzt. Auf dem Umfange der Rolle liegt mit Federkraft ein Hebel, der von einem bestimmten Durchmesser der Streifenrolle ab eine Klinke in den Bereich einer Nase der Senderachse bringt. Diese Nase nimmt eine Klinke mit und läßt dadurch einen Klöppel gegen eine Glocke schlagen. Dieses Zeichen mahnt daran, daß die Streifenrolle erneuert werden muß.

Für den Empfang von Buchstaben oder Ziffern und Zeichen werden Wechselzugstäbe verwendet, die im

Gegensatz zu den anderen Zugstäben unten Haken haben. Beim Abdruck vom Buchstaben befindet sich die Druckrolle in der hinteren Stellung. Wird der Zugstab für den Zeichenwechsel gewählt und aufwärts gezogen, so dreht der Haken den Wechselhebel des Zugstabes für Zeichenwechsel um seinen Drehpunkt, die Sperrung der Druckrolle wird aufgehoben und eine Feder reißt sie nach vorn (Abb. 13). Die nun zu druckenden Zeichen sind Zeichen des oberen Typenfeldes, also Ziffern oder Zeichen. Wird darauf der Zugstab für Buchstabenwechsel gewählt, so zieht dieser mit Hilfe des Wechselhebels und des Zughebels die Druckrolle nach hinten (Abb. 14). Die Sperrung rechts der Druckrolle (Abb. 13) hält diese in dieser Lage fest.

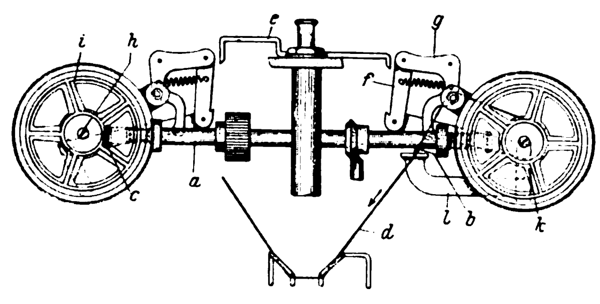


a Bandvorschubachse
b Bandvorschubklinke
c Bandvorschubrad
d Sperrklinke
e Druckbügelkolben
f Bandvorschubhebel
g Bandvorschubfeder
h Bandspulenachse

Abb. 15. Bandvorschub.

Alle jetzt zu druckenden Zeichen stammen aus dem unteren Typenfeld, sind also Buchstaben.

Für das Zeichen J sind zwei Zugstäbe vorgesehen, die unten je einen Ansatz haben, die bis zur Grundplatte reichen. Den Ansätzen gegenüber befindet sich ein drehbarer Sperrhebel *e* (Abb. 14). Durch Umschalten der Druckwalze beim Wechsel wird dieser Sperrhebel bewegt. Er legt sich entweder vor den einen oder den anderen Ansatz und behindert dadurch die Zugstäbe an der Bewegung um ihren Unterstützungspunkt. Es kann also je nach Stellung der Druckwalze immer nur ein Zugstab in die Einfallnut der Wählschienen fallen. Bei der Einstellung der Druckwalze auf Buchstaben wird der Zugstab des Buchstabens J freigegeben. Der andere Zugstab, der nur bei der Ziffern- oder Zeichenstellung der Druckwalze frei ist, nimmt bei Aufwärtsbewegung durch einen an seiner hinteren Seite sitzenden Sporn den Klöppel einer Glocke mit, der beim Loslassen infolge der Kraft einer Feder gegen eine Glockenschale schnellt. Die Glocke wird zur Übermittlung von Zeichen mit verabredeter Bedeutung für den Verkehr auf der Leitung benutzt.

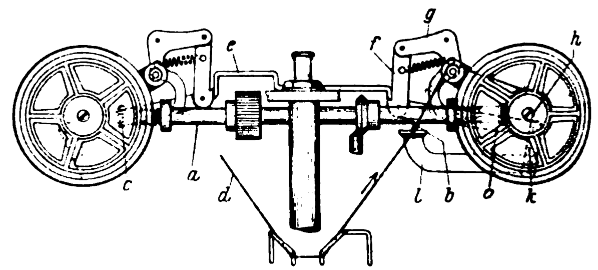


a Bandvorschubachse
b Niet
c Kegelrädergetriebe
d Farbband
e Bandwechselbügel
f Bandwechselklinke
g Bandwechselhebel
h Bandspulenachse
i Bandspule (Farbband)
k Bandwechselarm
l Bandwechsel

Abb. 16. Bandumschaltung vor der Umschaltung nach rechts.

Durch jede Betätigung des Druckbügelkolbens wird das Farbband vorwärts bewegt. Während seiner Aufwärtsbewegung dreht der Druckbügelkolben den Bandvorschubhebel (Abb. 15) um seinen Drehpunkt und bewegt die Bandvorschubklinke *b* und somit die Bandvorschubachse *a* mittels des Bandvorschubrades *c* vorwärts. Sobald der Druckbügelkolben sich abwärts bewegt, zieht die Bandvorschubfeder die Bandvorschubklinke *b* nach rückwärts und bringt sie in eine neue Eingriffstellung. Die Bandvorschubachse teilt die Bewegung mittels Kegelradgetriebes der Bandspulenachse mit. Die Bandvorschubachse kann sich sowohl von links nach rechts bewegen als auch sich drehen. Sie besitzt an ihren Enden Kegelräder. Ist die Achse nach links geschoben, so greift das linke Kegelrad in das Kegelrad der linken Bandspulenachse *h* (Abb. 16). Liegt die Bandvorschubachse dagegen rechts, so greift ihr rechtes Kegelrad in das Kegelrad der rechten Bandspulenachse *h* (Abb. 17). Die Bandvorschubklinke bewegt also je nach der Stellung der Bandvorschubachse entweder die linke oder die rechte Bandspulenachse. Die Umschaltung der Bandvorschubachse von rechts nach links oder umgekehrt erfolgt mittels zweier Nieten durch das Farbband selbst, u. zw. wird die Bandvorschubachse nach rechts bewegt, wenn die rechte Bandspule, dagegen nach links, wenn die linke Bandspule abgelaufen ist.

Abb. 16 zeigt uns das linke Kegelrädergetriebe in Tätigkeit. Durch den Bandvorschub läuft das Farbband von rechts nach links. Die linke Spule wickelt also auf. Kurz vor dem Ende des Bandes befindet sich ein Niet im Bande, der durch seine Bewegung von rechts nach links den Bandwechsel nach unten zieht. Diese Bewegung wird dem Bandwechselarm mitgeteilt, der seinerseits die Bandwechselklinke nach links schiebt (Abb. 17) und sie in die Bahn der rechten Nase des Bandwechselbügels bringt. Durch die Abwärtsbewegung des Druckbügelkolbens wird nun die Bandwechselklinke nach unten gezogen. Dadurch bewegt der Winkelhebel — der Bandwechselhebel —, an dessen einem Schenkel die Wechselklinke drehbar befestigt ist, mit seinem anderen Schenkel die Bandvorschubachse nach rechts. Abb. 17 zeigt, wie dadurch das rechte Kegelradgetriebe in Tätigkeit gesetzt wird. Die Bandvorschubeinrichtung dreht nunmehr die rechte Bandspule zum Aufwickeln des Bandes, das sich nun von links nach rechts bewegt. Es wird also von der linken Bandspule abgewickelt, u. zw. so lange, bis der Niet am anderen Ende des Farbbandes den linken Bandwechselarm betätigt und den Farbbandvorschub wieder umkehrt.



a ... *l* wie in Abb. 16 *o* Rechtes Kegelradgetriebe

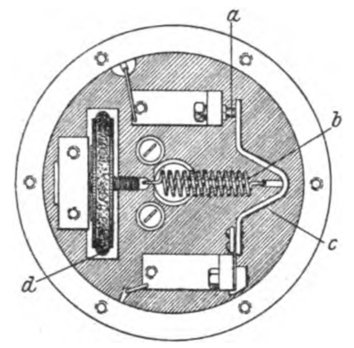
Abb. 17. Bandumschaltung im Augenblick der Umschaltung nach rechts.

Der Anlauf- und der Sperrstromschritt bewirken, daß der Empfänger sich im Gleichlauf mit dem Sender befindet, wonach die Stromstöße des Fünferzeichens des Senders vom Empfänger in richtiger Zeitfolge aufgenommen, gespeichert und in Buchstaben oder Zeichen umgesetzt werden können. Der Anlaufschritt läßt den Anker des Empfangsmagneten, wie wir früher schon gesehen haben, abschnellen und dadurch die Auslösung des Empfängers herbeiführen. Der Empfangsverteiler dreht sich. Seine Geschwindigkeit ist so bemessen, daß, wenn durch den Senderverteiler der erste Stromschritt des Fünferzeichens ausgesandt wird, der Empfangsverteiler in die passende Empfangstellung gelangt ist. Wird vom Senderverteiler der zweite Stromschritt des Fünferzeichens ausgesandt, so muß der Empfangsverteiler die passende Empfangsstellung eingenommen haben usw. Am Ende der Umdrehung des Senderverteilers wird durch die Aussendung des Sperrschrittes der Anker des Empfangsmagneten angezogen und der Empfängerverteiler wird durch die Sperrklinke angehalten. Der Empfängerverteiler dreht sich 8 % schneller als die Senderverteilerachse, ist aber so gebaut, daß der Abstand der Stellung zum Empfang des ersten Stromschrittes von der Stellung zum Empfang des zweiten Stromschrittes 8 % größer ist als der Abstand zwischen den gleichen Stellungen des Senderverteilers, in denen er den ersten und den zweiten Stromschritt senden kann.

Wenn sich also ein Punkt des Umfanges der Senderverteilerachse um 25 mm bewegt hat, um von der Stellung „erster Stromschritt" in die Stellung „zweiter Stromschritt" zu gelangen, muß sich ein Punkt des Umfanges der Empfängerverteilerachse um 27 mm — also um 8 % mehr — bewegt haben, um in die entsprechende Stellung zu gelangen. Die Empfängerverteilerachse dreht sich außerdem um 8 % schneller, so daß sie den um 8 % längeren Weg in derselben Zeit zurücklegt wie die Sender-

verteilerachse ihren kürzeren Weg. Beide Achsen kommen demnach zu gleicher Zeit von der ersten in die zweite Stellung. Diese Unterschiede sind erforderlich, weil es nicht möglich ist, miteinander arbeitende Apparate auf völlig gleicher Geschwindigkeit zu erhalten. Der Empfänger könnte noch in der Empfangsstellung für den ersten Stromschritt eines Zeichens sein, während der Sender bereits den zweiten Stromschritt sendet. Dadurch aber, daß der Empfänger gegenüber dem Sender etwas voreilt, wird vermieden, daß die miteinander arbeitenden Apparate während des Umlaufs für ein Zeichen außer Gleichlauf kommen. Hat der Empfängerverteiler seinen Umlauf beendet, so kommt er durch den Sperrschritt des Senders in Ruhe, bis ihn ein neuer Anlaufschritt wieder auslöst. Eingetretene Unregelmäßigkeiten beim Umlauf werden während der Zeit des Sperrschrittes ausgeglichen und durch das gleichzeitige Anlaufen des Senders und des Empfängers infolge des Anlaufschrittes vernichtet, so daß sie sich nicht addieren können.

Um Sender und Empfänger bei gleicher Geschwindigkeit zu erhalten, besitzt der Anker des Motors einen Regler (Abb. 18). Ein Gewichtsarm ist mit seinem federnden Ende an einem Bock befestigt, während das freie Ende einen Kontakt trägt, der in der Ruhe durch eine Feder — die Spannfeder — gegen einen zweiten an einem Bock befindlichen Kontakt gezogen wird. Die Spannung der Spannfeder kann mittels der Einstellscheibe verändert werden. Bei laufendem Motor überwindet die Fliehkraft des Gewichtsarmes die Spannung der Spannfeder. Der Kontakt öffnet sich, wodurch ein Widerstand in den Motorstromkreis geschaltet wird, der eine Verminderung der Motorgeschwindigkeit bewirkt. Die Spannung der Feder überwindet nun wieder die Fliehkraft des Gewichtsarmes. Der Kontakt schließt sich, und der Widerstand wird kurzgeschlossen. Die Geschwindigkeit des Motors nimmt wieder zu. Das Schließen und Öffnen des Kontaktes hält die Motorgeschwindigkeit dauernd auf dem Wert, der durch die Spannung der Spannfeder gegeben worden ist. Die Einstellscheibe ragt mit ihrem Umfange, der eine Lederwulst trägt, aus dem Gehäuse des Reglers heraus. Die Einstellung der Spannfeder auf ihren richtigen Wert wird am laufenden Apparat vorgenommen. Zu diesem Zwecke befinden sich rechts vom Regler auf dem Motorgehäuse eine Wippe und links vom Regler eine starke Feder, die auf der Grundplatte befestigt ist. Bringt man durch Druck die Wippe oder die Feder in den Bereich der umlaufenden Einstellscheibe, so wird diese bei jeder Umdrehung des Reglers in der einen oder anderen Richtung gedreht.



a Kontakt *c* Gewichtsarm
b Spannfeder *d* Einstellscheibe

Abb. 18. Geschwindigkeitsregler.

(Schluß folgt.)

Die grundlegenden Verfahren der Glühlampen-Leuchtdrahttechnik.

Von Ing. **B. Duschnitz,** Berlin.

Nachdem man zu Beginn dieses Jahrhunderts erkannt hatte, daß Wolfram der geeignetste Werkstoff zur Herstellung von Glühlampenleuchtkörpern vorstellt, fand man nach langjährigen Bemühungen schließlich zwei verschiedene Wege, auf denen es gelang, bei Zimmertemperatur biegsame Leuchtkörper aus Wolfram fabrikationsmäßig herzustellen. Diese beiden Verfahren sind das Coolidge-Verfahren und das Pintsch-Verfahren. Es soll nun im folgenden gezeigt werden, wie sich diese beiden Verfahren ursprünglich gestalteten und welche Wandlung sie im Laufe der Zeit erfuhren. Beide behielten ihre grundlegende Bedeutung.

I. Coolidge-Verfahren.

Das Coolidge-Verfahren bildet den Gegenstand des D. R. P. 269 498, welches auf Grund mehrerer amerikanischer Patentanmeldungen des Urhebers des Verfahrens, Dr. William D. Coolidge in Schenectady, seitens der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin am 6. X. 1910 zur Anmeldung kam und im Jahre 1914 schließlich auch erteilt wurde. Danach wird das Verfahren wie folgt ausgeführt:

Zunächst wird ein zusammenhängender Wolframkörper hergestellt, der der weiteren mechanischen Bearbeitung unterworfen werden kann. Um verhältnismäßig grobkörniges Wolframpulver zu gewinnen, wird das Wolframoxyd auf hohe Temperatur erhitzt, etwa 1000 ° und darüber, u. zw. für etwa 5 h in einem zugedeckten Schmelztiegel im Gasofen. Hierdurch wird das Wolframoxyd gröber im Gefüge und viel dichter. Das so gewonnene Wolframoxyd kann in einem Quarzrohr der Reduktion mittels Wasserstoff unterworfen werden. Hierzu dient z. B. ein Quarzrohr von 4 cm Innendurchmesser und 1,5 m Länge, welches mit Wolframoxyd vollgefüllt wird. Um den Durchgang des Wasserstoffs durch das Rohr zu sichern, kann man einen dünnen Stab durch das vollgefüllte Rohr schieben und ihn dann zurückziehen, so daß ein kleiner Hohlraum freibleibt, welcher im oberen Teil der Füllung dicht an der Innenwand des Rohres liegt. Dann wird reiner, trockener Wasserstoff während 5 ... 15 h oder noch länger durch das Rohr geleitet, während es von außen durch Gasbrenner oder durch andere Mittel auf 1100 ... 1300 ° erhitzt wird. Hierbei wird die Wolframoxyd-Füllung allmählich durch den Wasserstoff reduziert, wobei sich Wasserdampf bildet, der durch die Oxydmasse hindurch diffundiert und so bewirkt, daß das Wolframtrioxyd nicht unmittelbar zu Metall reduziert wird, sondern zu einem zwischenliegenden niedrigeren Oxyd. Es erfolgt so eine fortschreitende Umwandlung des gelben Wolframtrioxyds in das blaue, dann in das braune, hierauf in das schwarze Oxyd und schließlich in das Wolframmetall selbst. Während dieser fortschreitenden Umwandlung werden die Oxydkristalle, besonders im braunen Zustande, größer, so daß die angestrebte grobkörnige Beschaffenheit des Ausgangsmaterials schon allein hierdurch, also ohne vorheriges Glühen des Oxyds im Schmelztiegel, erhalten wird. Durch diesen Reduktionsprozeß wird das Wolfram in gepulverter Form und gut reduziert erhalten, wobei die Teilchen verhältnismäßig groß sind und eine große Dichte besitzen. Das so gewonnene grobkörnige Wolframpulver soll sich später insbesondere dadurch vorteilhaft erweisen, daß es die Herstellung poröser Stäbe gestattet, deren Poren bei der Beseitigung der letzten Reste von Verunreinigungen fördernd mithelfen.

Das Wolframpulver wird ohne Zusatz eines Bindemittels in einer Form einem hohen Druck unterworfen. Die Form kann aus Gußstahl bestehen, soll hochpoliert sein und wird mit einer Mischung von Terpentingeist und gekochtem Leinsamenöl eingeölt. Der anzuwendende Druck muß groß genug sein, um genügend feste Stücke zu erhalten, die man handhaben kann, jedoch nicht so groß, daß sich in den gepreßten Stäben Sprünge bilden, was an den Ecken und Kanten leicht eintreten kann. Um ebenfalls Sprünge im Preßprodukt zu vermeiden, muß die Festigkeit der Form so hoch bemessen werden, daß sie während der Druckanwendung keine Deformation erleidet. Die Abmessungen der Stäbe sollen zweckmäßig sein: 20 cm Länge bei einem quadratischen Querschnitt von 10 mm Seitenlänge. Wenn die Stäbe aus der Form genommen werden, besitzen sie gerade genug Festigkeit, um zusammenzuhalten. Sie werden dann in einen mit Gas geheizten Eisenrohrofen gesetzt, durch welchen Wasserstoff strömt. Zweckmäßig sollen sie in Eisenschiffchen eingeschlossen und in Quarzpulver eingepackt werden. Die Erhitzung von aus sehr feinem Wolframpulver hergestellten Stäben der genannten Größe erfolgt bei etwa 1200 ° und wird durch ungefähr 2 h fortgesetzt. Hierbei destilliert das Schmieröl, der Kohlenstoffrest wird durch den Wasserstoffstrom beseitigt, die Stäbe schrumpfen zusammen und werden viel fester. Hierauf werden die Wolframstäbe lotrecht in einer großen, mit Wasserstoff gefüllten Flasche befestigt, und es wird hier ein Wechselstrom von etwa 1400 A durch sie geleitet. Dies wird durch 10 min oder länger fortgesetzt. Am Ende der Erhitzung ist es zweckmäßig, nicht den gesamten Strom plötzlich auszuschalten sondern ihn in Zeitabständen von etwa 6 min allmählich zu schwächen, damit die Stäbe langsam auskühlen. Während des Stromdurchganges von 1400 A befinden sich die

Stäbe auf glänzender Weißglut und sintern zu dichten, harten Körpern, die bei der Normal-Zimmertemperatur noch zerbrechlich sind.

Nach diesem Glühprozeß folgt die mechanische Bearbeitung der Wolframstäbe, wodurch sie ihre Sprödigkeit verlieren und solche physikalischen Eigenschaften annehmen, daß sie bei Zimmertemperatur duktil sind. Diese Bearbeitung wird durch Hämmern erreicht. Zu diesem Zwecke wird der in beschriebener Weise gesinterte Wolframstab zunächst in einem Porzellanrohrofen durch einen stromdurchflossenen Platindraht elektrisch erhitzt, während gleichzeitig ein Wasserstoffstrom durch das Ofenrohr geleitet wird. Der Stab wird auf etwa 1300° erhitzt, dann aus dem Ofen herausgenommen und, während er noch heiß ist, in das Hammer- oder Schlagwerk eingeführt. Einen wesentlichen Bestandteil dieses Hammerwerks bilden die Hämmerhalbdüsen, d. h. zwei Diamanten mit Einschnitten, die durch Aufeinanderlegen eine ganze Düse ergeben. Die Einschnittflächen bilden also die Hämmer-Arbeitsflächen, indem die Halbdüsen in rascher Folge einander genähert und wieder voneinander entfernt werden. Doch dürfen die gegenüberliegenden Diamantoberflächen während des Betriebes des Schlagwerks nicht miteinander in Berührung kommen, da sich sonst leicht Sprünge bilden und Splitter abspringen können. Um dies zu vermeiden, befestigt man die Halbdüse in dem sie tragenden Stahlblock mittels Silberlots, und nachdem die den Einschnitt enthaltende Oberfläche des Diamanten in gleicher Ebene mit dem Stahlblock abgeschliffen worden ist, preßt man den Diamanten unter Anwendung hydraulischen Drucks unter diese Ebene nieder, wobei das Silberlot etwas nachgibt. Dadurch wird ein Luftspalt zwischen den beiden gegenüberliegenden Diamanthalbdüsen geschaffen und somit ihre direkte Berührung verhindert. Vorzügliche Ergebnisse lieferten die unter dem Namen Carbonado bekannten Diamanten, doch wurden auch vollständig aus Stahl gefertigte Halbdüsenpaare als gut geeignet befunden.

Zwischen die beiden sich ständig und abwechselnd einander nähernden und voneinander entfernenden Halbdüsen wird der gesinterte und im Porzellanrohrofen glühend gemachte Wolframstab eingeführt und so im heißen Zustande mittels der Halbdüsen gehämmert. Nachdem der Querschnitt etwas verringert worden ist, ist es vorteilhaft, den Ofen unmittelbar vor dem Hammerwerk aufzustellen, so daß der nun verlängerte und im Querschnitt verringerte Wolframstab unmittelbar in das Schlagwerk eingeführt werden kann, ohne zu sehr abzukühlen, bevor er der Wirkung der Hämmerdüsen unterworfen wird. Mittels eines Rohres wird ein Wasserstoffstrom in das Innere des Ofens und in den Raum zwischen den Hämmerdüsen geleitet. Die Arbeitsflächen der Düsen sollen kurz sein, damit sie dem Wolfram nicht zuviel Wärme entziehen. Auch soll der Stab genügend rasch durch das Hammerwerk hindurchgeführt werden, so daß dieses nicht zwei Schläge auf dieselbe Stelle ausübt, da jeder Schlag den hiervon unmittelbar betroffenen Teil des Wolframs abkühlt, dasselbe jedoch im gegenwärtigen Zustande noch nicht kalt gehämmert werden kann. Bei jedesmaligem Durchgang durch das Schlagwerk kann der Stabdurchmesser um etwa 4 % verringert werden, jedoch wurden auch größere Stufen erfolgreich angewandt. Der Wolframstab vom quadratischen Querschnitt 10 × 10 mm geht nach dieser wiederholten stufenweisen Hämmerung spätestens nach Verringerung seines Durchmessers auf etwa 1,5 mm in den duktilen Zustand über, so daß er bei Zimmertemperatur gebogen und weiter bearbeitet werden kann. Es wurde gefunden, daß die Struktur des Wolframstabes durch den Hämmerprozeß so verändert wird, daß er, entzweigebrochen, lange, in der Längsrichtung verlaufende Fasern zeigt, während der gesinterte Stab ursprünglich kristallinische Struktur besaß.

Nach dem Hämmern bis zu einem passenden Durchmesser wird die Bearbeitung durch Ziehen durch Diamantdüsen beendet. Bei Benutzung des 10 mm dicken gesinterten Wolframstabes als Ausgangskörper ist es zweckmäßig, mit dem Ziehprozeß bei 0,9 mm Dmr. zu beginnen. Obwohl dann das Material bei Zimmertemperatur duktil und zähe ist, so wird doch der Ziehprozeß durch Erhitzen der Düsen erleichtert. Dies kann auf elektrischem Wege oder durch Gasflammen bewerkstelligt werden, z. B. mittels eines um die Düsenfassung herum angeordneten Ringbrenners, so daß dessen Stichflammen die Düsenfassung umspülen. Bevor der Wolframdraht in die Düse eintritt, wird er durch einen Schlitz eines zylindrischen Stabes geführt, welcher gleichfalls mittels Gasflammen erhitzt wird. Auf diese Weise wird der Draht erwärmt, bevor er die Diamantdüse erreicht. Die zum Ziehen des Drahtes dienende Ziehklemme wird ebenfalls mittels einer Gasflamme erhitzt. Zur Verminderung des Verschleißes der Ziehdüse muß diese geschmiert werden, ebenso der in die Düse eintretende Wolframdraht. Hierzu ist besonders eine im Handel erhältliche Graphitschmiere geeignet, die aus einer Suspension von entflocktem Achesongraphit in Wasser besteht.

Zwecks Einführung des Wolframdrahtes in die Düse wird dieser zugespitzt, u. zw. erfolgt dies bei stärkeren Drähten durch Eintauchen der Drahtenden in geschmolzenes Kaliumnitrit, bei schwächeren Drähten durch Eintauchen in eine starke Lösung von Kaliumzyanid und Hindurchsendung eines elektrischen Stromes durch die Drähte in solcher Richtung, daß sie zur Anode werden.

Die beim Ziehen aufeinanderfolgend zu benutzenden Düsen dürfen sich nur sehr wenig im Durchmesser voneinander unterscheiden. Die Temperatur soll beim Ziehen zwischen 0,65 und 0,45 mm 600...650°, sodann bis zu 0,25 mm 500° und schließlich 400° betragen. Mit fortschreitendem Ziehprozeß wird der Wolframdraht immer mehr geschmeidig, bis er bei etwa 0,1 mm in jedem Sinn duktil ist und durch Düsen gezogen werden kann, die nicht über Zimmertemperatur erhitzt sind, obwohl das Ziehen bei erhöhter Temperatur stets vorzuziehen ist. Der als Endergebnis der wiederholten, stetig fortschreitenden mechanischen Bearbeitung gewonnene Wolframdraht ist nicht nur bei gewöhnlicher Temperatur geschmeidig und duktil sondern auch fest und zähe, so daß die Zugfestigkeit in einzelnen untersuchten Fällen 420...460 kg/mm² betrug. Der Draht ist ferner unmagnetisch.

Am 9. II. 1922 ging das genannte deutsche Patent, dessen Gegenstand das Coolidge-Verfahren bildet, aus dem Besitz der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin in das Eigentum der aus den Drahtlampenwerken der AEG, der Siemens & Halske A. G. sowie der Auergesellschaft im Jahre 1919 gebildeten Osram G. m. b. H. Kommandit-Gesellschaft in Berlin über. Ein von dieser Seite stammender Bericht[1] schildert den Stand des Coolidge-Verfahrens im Jahre 1920 wie folgt: Das Jahr 1913 brachte den gewaltigen Fortschritt, den gezogenen Wolframdraht. Durch einen Kunstgriff gelang es auch hier, das spröde Metall schließlich zu bändigen. Auch die Fabrikation des gezogenen Wolframdrahtes geht von dem metallischen Wolframpulver aus. Von diesem Pulver füllt man eine abgewogene Dosis in eine Preßform und bringt diese unter eine hydraulische Presse. Unter einem Druck von etwa 2000 kg (diese Angabe ist irrtümlich, siehe weiter unten) wird hier das Pulver zusammengepreßt, und es entsteht ein reiner Wolfram-Preßling, der aber noch derart empfindlich und bröcklig ist, daß er eben nur zusammenhält. Man glüht diesen Preßling deshalb zunächst im Ofen in einer Wasserstoff-Atmosphäre und bringt ihn dann an die beiden Zuleitungen einer Stromquelle und erhitzt ihn mittels der Stromwärme auf hellste Weißglut (etwa 2500°). Bei dieser Temperatur sintern die Teilchen des Wolframpulvers, welche durch den Preßdruck bereits nahe zusammengedrückt worden waren, zusammen. Der Preßling schrumpft ganz bedeutend und gewinnt beträchtlich an Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit. Man kann es jetzt unternehmen, ihn in hellglühendem Zustande weiter zu bearbeiten, u. zw. erfolgt die nächste Bearbeitung durch Hämmerung in besonderen Hämmermaschinen. Der Preßling wird auf Weißglut erhitzt, mit der Zange gefaßt und in die Hämmermaschine geschoben. Diese bearbeitet den Preßling mit mehreren tausend Schlägen in der Minute, streckt ihn dabei in die Länge und bringt die bereits zusammengesinterten Teilchen in noch engeren Zusammenhang. Dies Hämmern mit dazwischen immer wieder erfolgendem Glühen wird als Grobhämmern und weiter als Feinhämmern fortgesetzt, bis aus dem kurzen dicken Preßling schließlich ein Draht von anderthalb Millimeter Durchmesser entstanden ist. Während dieser Bearbeitung hat aber die Festigkeit und Duktilität des Metalls so zugenommen, daß man es für die weitere Bearbeitung nun nicht mehr auf helle Glut zu bringen braucht sondern daß eine Erwärmung auf ein paar hundert Grad genügt. So geht man jetzt vom Hämmern zum Ziehen über und zieht den Wolframdraht unter Vorwärmung in Gasflammen durch immer engere Ziehsteine. Der Draht wird vor jeder neuen Zugoperation mit dem vorderen Ende in eine Säure getaucht, um ihm auf diese Weise eine Spitze anzuätzen, dann durch den Ziehstein gefädelt und von der Ziehmaschine seiner ganzen Länge nach in gleichmäßigem Zug durch den Ziehstein geholt. So geht das Ziehen ebenfalls Schritt um Schritt weiter, vom Grobzug zum Feinzug, bis der Draht je nach Lampengattung schließlich auf einen Durchmesser von einem Hundertstel Millimeter, d. h. den vierten Teil der Stärke eines feinen Frauenhaares, ausgezogen ist.

[1] Licht u. Lampe Bd. 9, S. 99.



Der so gewonnene Draht hat nun alle Sprödigkeit verloren. Er ist biegsam und sehr widerstandsfähig. An einem gezogenen Wolframdraht von einem hundertstel Millimeter Durchmesser kann man 30 g aufhängen, bevor er reißt. Die Festigkeit des gezogenen Wolframs beträgt rd. 40 000 kg/cm² und ist doppelt so groß als diejenige des besten Stahles. Obwohl die hier geschilderte Herstellung des Wolframdrahtes ein Vorgang ist, der sich hinsichtlich der Kompliziertheit der Gewinnung des Wollastondrahtes bequem an die Seite stellt, ist diese Herstellung doch derart technisch und fabrikatorisch durchgebildet worden und es sind für jeden einzelnen Arbeitsvorgang derartig hoch entwickelte Spezialmaschinen geschaffen worden, daß die ganze Herstellung sich überaus schnell, sicher und wirtschaftlich vollzieht. Im Zeitraum einer knappen Stunde wird ein Wolframpreßling von etwa 15 cm Länge und 1 cm² Querschnitt mit Hilfe dieser Einrichtungen in einen feinen Wolframdraht von rd. 15 km Länge verwandelt, der etwa Stoff für 25 000 Lampen enthält, und sorgfältig geprüft und aufgespult kommt dieser Draht nun als Rohmaterial in die eigentliche Lampenfabrikation.

Am 31. III. 1925 wurde das Coolidge-Verfahren in einem Vortrage von Dr. A. Wegener im Osram-Lichthaus wie folgt geschildert[2]: Reines Wolframmetallpulver von geeigneter Kornbeschaffenheit wird unter einer hydraulischen Presse in Stahlformen mittels sehr hohen Druckes zu einem Stab verdichtet, z. B. ist für das Pressen eines Stabes von 200 mm Länge und einem Querschnitt von 5 × 5 mm ein Druck von etwa 20 000 kg oder 20 t erforderlich. Dieser Druck entspricht dem Gewicht zweier normal beladener Güterwagen. Der gepreßte Stab, der zunächst noch höchst zerbrechlich ist, wird auf einer geeigneten Unterlage in einem indifferenten Gase soweit erhitzt, daß er durch Aneinandersintern der einzelnen Metallkörner eine gewisse Festigkeit erlangt. Hiernach erhitzt man den Stab wiederum in einer indifferenten Gasatmosphäre unter einem geeigneten Rezipienten mittels hindurchgeleiteten elektrischen Stromes auf hellste Weißglut. Es sind hierzu je nach der Dicke des Stabes bis zu 5000 oder 10 000 A erforderlich. Der so gewonnene metallisch aussehende Stab wird nun nach dem D.R.P. 269 498 (Coolidge-Verfahren) wiederholt andauernd mechanisch bearbeitet, u. zw. zunächst bei ziemlich hoher Temperatur, bis man schließlich zu einem bei gewöhnlicher Temperatur biegsamen und ziehbaren Draht gelangt. In den ersten Stufen der mechanischen Bearbeitung wird der Stab durch Hämmermaschinen oder Walzen geführt, in den späteren durch Ziehsteine. Die Hämmermaschine beruht im Prinzip darauf, daß durch die Drehung des Innenteils der Maschine zwei Profilhämmer durch einen Kranz von Stahlrollen gegen die Mitte gedrückt und im nächsten Augenblick infolge der Zentrifugalkraft auseinandergeschleudert werden. Wenn z. B. zehn solcher Rollen vorhanden sind, so schlagen die Hämmerbacken bei einer Umdrehung also zehnmal zusammen. Läßt man den inneren Teil der Maschine mit den Hämmern sich z. B. mit einer Geschwindigkeit von 600 U/min drehen, so würden also 6000 Schläge in der Minute ausgeführt werden. Die sehr hoch erhitzten Wolframstäbe werden in diese Profilhämmer eingeführt und jedesmal auf den dem Hämmerprofil entsprechenden Durchmesser verjüngt. Der Walz- oder Hämmerprozeß wird zweckmäßig bis zu einem Durchmesser von ungefähr 1 mm angewandt und darauf der Draht durch Ziehsteine weitergezogen. Um den Draht in die Ziehsteine einfädeln zu können, muß er angespitzt werden. Da dies infolge der Härte des Wolframs mechanisch nicht ganz einfach zu erreichen ist, so führt man das Anspitzen auf chemischem Wege aus, indem man z. B. das etwas erhitzte Drahtende einen Augenblick in geschmolzenes Natriumnitrit eintaucht. Das Wolfram wird sehr lebhaft von dem Nitrit gelöst, teilweise sogar unter Feuererscheinung, und man hat auf die bequemste und schnellste Weise den Draht angespitzt. Ein anderer Weg ist der, daß man den Wolframdraht einen Augenblick als Anode in ein elektrolytisches Bad einer wässerigen Natriumnitritlösung eintaucht. Auch hierbei erzielt man schnell einen gut angespitzten Draht. Da, wie bereits erwähnt, Wolfram ein sehr hartes Metall ist, so wird der Draht zur Schonung der Ziehwerkzeuge mit einem Schmiermittel, z. B. mit einer Aufschlämmung von feinstem Graphit in Öl oder Wasser benetzt. Ebenso bedingt es die Härte des Wolframs, daß für Ziehwerkzeuge im allgemeinen nicht wie bei weicheren Drähten Zieheisen verwendet werden können sondern härtere Materialien nötig sind. Es kommen also in erster Linie Diamanten in Frage. Wegen der verhältnismäßig hohen Kosten, zumal der größeren Diamanten, und wegen der zeitweise vorhandenen Beschaffungsschwierigkeiten, besonders während des Krieges, hat man zum Teil Ersatzmaterialien, z. B. Rubine, herangezogen. Gut bewährt haben sich auch gewisse Metallegierungen oder Metallkarbide, z. B. eine Legierung von Wolfram, Eisen und Kohlenstoff oder Wolframkarbid. Auch Karborund (Siliziumkarbid) ist vorgeschlagen worden. Bei den Ziehsteinen für dünne Drähte, bei denen der Materialpreis des erforderlichen kleinen Diamanten keine allzu große Rolle spielt, zumal selbstverständlich nur Sorten Verwendung finden, die als Schmucksteine nicht in Frage kommen und deshalb billiger sind, ist man im allgemeinen bei der Verwendung von Diamanten geblieben. Wenn man nämlich bedenkt, daß der dünnste für Glühlampen benötigte Wolframdraht einen Durchmesser von ungefähr 0,01 mm hat, so leuchtet es ein, daß der Arbeitsaufwand, der erforderlich ist, um eine derartig feine Bohrung herzustellen, wesentlich kostspieliger ist als das Rohmaterial. Wenn man weiter bedenkt, daß bei derartig dünnen Drähten die Veränderung des Drahtdurchmessers um einige tausendstel Millimeter bereits einen Draht und somit eine Glühlampe von verschiedenem Stromverbrauch und infolgedessen auch anderer Lichtleistung gibt, so wird es klar, daß das härteste Material, in diesem Falle also Diamant, am zweckmäßigsten für die Ziehsteine verwendet wird, damit der ursprüngliche Durchmesser der Bohrung möglichst lange erhalten bleibt und möglichst viel Draht für eine bestimmte Lampensorte durch einen Ziehstein gezogen werden kann. Selbstverständlich ist das Bohren von Diamanten, zumal der feinsten Durchmesser, eine langwierige Arbeit. Der Ausdruck „Bohren" ist nicht ganz zutreffend. Es ist natürlich nicht möglich, einen Diamanten einfach zu durchbohren, sondern es handelt sich um ein ganz allmähliches Durchschleifen, indem man in einer zunächst mit einem anderen Diamanten in den Ziehstein hineingeschliffenen kleinen Versenkung Stahlnadeln rotieren läßt, an deren Spitze sich in Öl aufgeschlämmter Diamantstaub befindet. Das „Bohren" eines feinen Ziehdiamanten dauert tagelang, unter Umständen sogar wochenlang. Nachdem die Bohrung fertiggestellt ist, muß sie noch auf Hochglanz poliert werden. Der Diamant ist mittels Messing in eine Eisenfassung gepreßt und der Ziehkanal des Diamanten im Fassungsmaterial entsprechend erweitert. Das Polieren der Ziehbohrung erfolgt mittels Schleifnadeln. Um den Leuchtkörper für eine Wolframdrahtlampe von 15 W, 220 V herzustellen, muß der bis auf 1 mm gehämmerte Draht durch eine sehr große Anzahl von Ziehsteinen ganz allmählich verjüngt werden. Einen Begriff von der erforderlichen Zieharbeit macht man sich, wenn man sich vorstellt, daß ein Wolframdraht, der bei 1 mm Dmr. eine Länge von etwa 4 m hat, bei 0,01 mm Dmr. auf eine Länge von 40 000 m oder 40 km verlängert ist. Da ein Kilometer eines derartig dünnen Drahtes nur etwa 1,5 g wiegt, so ergibt sich, daß 1 kg des Drahtes der Entfernung von rd. 700 km, d. h. ungefähr der Luftlinie Berlin—Budapest entspricht. — Der so hergestellte Wolframdraht wird nun für luftleere Langdrahtlampen verwendbar gemacht, indem man ihn auf Lehren wickelt und auf diesen unter einem Rezipienten in einer indifferenten Gasatmosphäre glüht. Durch diesen Glühprozeß wird der Draht gesäubert und gleichzeitig erhält er die für das Bespannen des Leuchtdrahtträgers in der Lampe benötigte Form. Für Wendeldrahtlampen wird der durch einen ähnlichen Glühprozeß gereinigte Wolframdraht auf Metalldorne von geeignetem Durchmesser schraubenförmig aufgewickelt. Der Metalldorn wird aus der Wolframwendel herausgezogen bzw. durch chemische Mittel herausgelöst, nachdem vorher die Wendeln für die einzelnen Lampentypen auf ganz bestimmte Längen geschnitten sind; dann ist der Leuchtkörper für eine Wendeldrahtlampe fertig. Schließlich seien noch einige Abmessungen von Wolframleuchtkörpern der Osramlampen genannt: Die der glattfädigen Vakuumlampen für 110 V und 10 W sind 0,016 mm dick und 360 mm lang, die Leuchtdrähte der gleichen Lampentype für 220 V und 40 W sind dagegen 0,025 mm dick und 864 mm lang. Luftleere Wendeldrahtlampen erfordern größere Leuchtdrahtabmessungen als luftleere glattfädige Lampen, und zwar ist bei 110 V und 25 W ein 0,0305 mm dicker Draht von 485 mm Drahtlänge bei 61 mm Wendellänge in Anwendung, während für 220 V und 40 W der 0,0266 mm dicke Leuchtdraht 937 mm lang ist und die Wendel eine Länge von 87 mm besitzt. Gasgefüllte Wendeldrahtlampen bedingen dagegen wegen der größeren spezifischen Beanspruchung geringere Leuchtkörperabmessungen, u. zw. beträgt bei der letzteren Type für 220 V und 40 W bei gleichem Drahtdurchmesser von 0,0226 mm die Leuchtdrahtlänge nur 580 mm, die Wendellänge nur 62 mm. Für gasgefüllte Wendeldrahtlampen, die für 110 V und 200 W bestimmt sind, kommt ein 660 mm langer und 0,11 mm starker Wolframdraht bei 64 mm Wendellänge zur Anwendung.

[2] A. Wegener, Die Herstellung der Osram-Lampen. Osram G. m. b. H., Berlin 1927.



Diese Beschreibung im Verein mit der vorigen Darstellung gibt ein anschauliches Gesamtbild über die heutige Ausführung des Coolidge-Verfahrens und lehrt weiter, daß die Grundlagen unverändert geblieben sind: Erzeugung eines zusammenhängenden Stabes aus Wolframpulver, Sintern dieses Stabes, Hämmern des Sinterstabes, Ziehen des gehämmerten Stabes, bis ein bei Zimmertemperatur biegsamer Wolframdraht erhalten wird. Wegener berichtigt die in der Veröffentlichung vom Jahre 1920 zu findende Angabe betreffend den Preßdruck zur Hervorbringung der Stäbe dahingehend, daß derselbe nicht 2000 kg sondern 20 000 kg beträgt. Es ist dies derselbe Druck, den bereits die Firma Pieper in ihrer Patentschrift Nr. 138 468 im Jahre 1898 zum Erzeugen von Wolfram-Thoriumstäben genannt hat. Dagegen hat Stimmelmayr[3] im Jahre 1908 zur Erzeugung von Wolframstäben aus Wolframpulver, ebenfalls unter Fortlassung jeglichen Bindemittels, einen Druck von 50 000 kg für notwendig befunden, wobei die Stäbe 170 mm lang, 9 mm hoch und 6 mm breit waren.

Während man aber nach A. Wegener bei der Herstellung der Stäbe von reinem Wolframpulver ausgeht, ist aus einer Schilderung der Osramlampe durch W. Köhler[4] ersichtlich, daß dies nicht der Fall sein darf, soll das Endprodukt allen Anforderungen gerecht werden. Diese Schilderung besagt nämlich u. a.: „Beim Übergang vom Faden zum gezogenen Wolframdraht erhielt man in dem ungebrannten Material einen durchaus gleichmäßigen Körper. Die grobkörnige kristallinische Struktur ist durch den Ziehvorgang vollkommen überwunden und an ihre Stelle eine reine Ziehstruktur getreten. Beim Brennen des Drahtes tritt jedoch auch hier wiederum eine deutliche Rekristallisation ein, die mit zunehmender Brennzeit wächst und dieselben Nachteile in sich schließt, wie sie der Wolframfaden zeigte, wenn auch die Größe der sich bildenden Kristalle bedeutend kleiner ist als bei dem gebrannten Wolframfaden. Das Bestreben des Glühlampentechnikers mußte es also sein, ein solches Drahtmaterial zu erhalten, das eine möglichst geringe Rekristallisation aufweist, um dadurch eine recht große Festigkeit zu erzielen. Es war daher ein großer Fortschritt, als es gelang, durch Zusätze, vor allem Thoroxyd, diese unerwünschte Rekristallisation auf ein ganz geringes Maß zurückzudrängen."

Um also den Wolframdraht im Gebrauch als Leuchtkörper dauerhafter zu machen, hat es sich als erforderlich erwiesen, dem Ausgangsmaterial die Rekristallisation verzögernde Zusätze hinzuzufügen. Bemerkt muß jedoch werden, daß dieser Weg keinesfalls eine Errungenschaft der Neuzeit ist, vielmehr ist derselbe bereits im Jahre 1906 von der Westinghouse Metallfaden-Glühlampenfabrik G. m. b. H. in Wien beschritten und in der österreichischen Patentschrift Nr. 41 247 angegeben worden. Die Entdeckung der Firma Westinghouse, daß ein Thoroxydzusatz die Rekristallisation des Wolframfadens wesentlich zu verzögern vermag, ist sodann auch von Coolidge bei seinem Verfahren verwertet worden, was in seinem amerikanischen Patent Nr. 1 082 933 vom 19. VI. 1912 zum Ausdruck kommt; allerdings geschah dies erst nach Anmeldung des diesbezüglichen deutschen Patentes Nr. 269 498, welches vom 6. X. 1910 datiert. Die Wirkung des Thoroxyds im gezogenen Wolframdraht wird so erklärt, daß es sich mit seinen Teilchen zwischen die Wolframfasern legt und auf diese Weise rein mechanisch die unter Zerfall der Faserstruktur vor sich gehende Entstehung neuer Kristalle oder das Wachsen schon vorhandener auf Kosten ihrer Nachbarn verhindert[5].

II. Pintsch-Verfahren.

Das zweite Verfahren, mit dessen Hilfe man ebenfalls bei Zimmertemperatur biegsame Wolframleuchtkörper fabrikationsmäßig herzustellen in die Lage kam, ist das Pintsch-Verfahren. Dasselbe bildet den Gegenstand des D.R.P. 291 994 vom 16. X. 1913, erteilt im Jahre 1916. Um dieses Verfahren dem Verständnis näherzubringen, sei zunächst das folgende aus der Patentschrift angeführt: „Die Darstellung von Glühkörpern aus Wolfram unter Hinzufügung von Oxyden nach dem gebräuchlichen Spritzverfahren ist an sich bekannt und bildet nicht den Gegenstand der Erfindung. Geht man beispielsweise von einem Gemenge von pulverförmigem Wolframmetall mit bis zu 4 % Thoriumoxyd aus, stellt hieraus durch Pressen mit oder ohne Zuhilfenahme eines Bindemittels Fäden her und sintert diese mittels hindurchgesandten elektrischen Stromes oder mittels einer äußeren Wärmequelle nach dem gebräuchlichen Formierverfahren, so zeigt es sich, daß derartige Glühkörper nach ihrer Fertigstellung aus einzelnen großen Kristallaggregaten aufgebaut sind. Bei dem gebräuchlichen Formiervorgang hat man es nämlich gar nicht in der Hand, das kristallinische Gefüge des entstehenden Glühkörpers zu bestimmen. Es entstehen hierbei nämlich an vielen Punkten gleichzeitig Kristallkeime, welche so lange weiterwachsen, bis sie auf gleichzeitig sich bildende andere Kristalle stoßen. Ätzt man solche Glühkörper, z. B. mit chemischen Reagenzien, oberflächlich an, so kann man leicht erkennen, daß sie aus einzelnen prismatischen Kristallsäulen bestehen, deren Achse im allgemeinen parallel zur Längsrichtung des Drahtes verläuft. Wir haben nun gefunden, daß die einzelnen Kristallindividuen selbst biegsam und vollkommen duktil sind. An denjenigen Stellen jedoch, wo zwei derartige Einzelkristalle einanderstoßen, ist der Draht brüchig, und diese Brüchigkeit nimmt im Laufe der Zeit, insbesondere bei hoher Erhitzung, noch wesentlich zu. Diese brüchigen Stellen innerhalb des Drahtes sind beispielsweise bei seiner Verwendung als Glühkörper von elektrischen Glühlampen überaus nachteilig, weil der Draht gerade an diesen Stellen durch die Einwirkung stärkerer mechanischer Spannungen und Stöße sehr leicht bricht."

Aus dieser Schilderung der Patentinhaberin, der Julius Pintsch A. G. in Berlin, geht also zunächst hervor, daß es bereits vorher bekannt war, auf dem Wege des Spritzverfahrens biegsame Wolframfäden mit Thoroxydzusatz herzustellen. Über derartige Fäden mit besonders guten Eigenschaften berichtete z. B. Arthur Müller[6] sehr eingehend und wiederholt, kurz vorher weniger ausführlich H. Erb[7]. Auch fanden solche Fäden, Duktilfäden genannt, in einem Referat von B. Monasch[8] Erwähnung, während sie im Laufe der VDE-Jahresversammlung vom Jahre 1913 eingehend erörtert wurden[9].

Die oben angeführte Schilderung der Firma Pintsch, welcher alle diese Veröffentlichungen vorausgingen, besagt nun, daß diese Fäden stellenweise spröde waren und aus in sich biegsamen Kristallsäulen bestanden, deren Begrenzung die spröden Stellen bildeten. Solche Fäden hat später W. Böttger[10] öffentlich vorgeführt und die Angaben der Firma Pintsch bestätigt. In welcher Weise die Auswertung der erwähnten metallographischen Studien bei der Firma Pintsch erfolgte, wird in der Patentschrift wie folgt geschildert: „Gelingt es, den Draht in seinem ganzen Querschnitt und in seiner ganzen Länge aus einem einzigen Kristallindividuum herzustellen, so kann bei einem derartigen Körper eine nachträgliche Strukturveränderung sich nicht mehr vollziehen, da der bereits gebildete Kristall, welcher die stabilste Form der Materie darstellt, den ganzen Körper ausfüllt, so daß für nachträgliche Kristallvergrößerungen und Verschiebungen kein Raum mehr gegeben ist. Der Körper ist mit anderen Worten hierdurch gleich bei seiner Entstehung in den Zustand der beständigsten Strukturform gebracht worden. Sorgfältige Beobachtungen und Untersuchungen haben ergeben, daß es tatsächlich gelingt, Metalldrähte so herzustellen, daß sie in ihrem ganzen Volumen, und zwar auch bei beträchtlichen Längenabmessungen, aus einem einzigen Kristallindividuum bestehen. Wir haben nun gefunden, daß dieses Verfahren insbesondere in jenen Fällen leicht zum Ziele führt, wo man es mit Stoffen zu tun hat, die die natürliche Neigung besitzen, in großkristallinischen Strukturen sich zu bilden. Das Verfahren, welches den Gegenstand der Erfindung bildet, geht davon aus, daß man die auf irgendeine Weise hergestellten fadenförmigen Gebilde mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch eine kurze Zone sehr hoher Temperatur führt. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Draht durch die Stelle der höchsten Erhitzung geführt wird, muß, wenn ein langer Kristall erhalten werden soll, jedenfalls gleich oder geringer sein als diejenige Geschwindigkeit, mit welcher der entstehende Kristall zu wachsen vermag. Werden diese Maßnahmen befolgt, so wächst der in der heißesten Zone entstehende, den ganzen Querschnitt ausfüllende Kristall unter Auflösung der nachfolgenden in dem Maße weiter, wie sich der Draht weiterbewegt."

In dieser Schilderung ist somit das Pintsch-Verfahren in seinen Grundzügen beschrieben. Über die praktische Durchführung desselben machte die Firma Pintsch die folgenden Angaben: Man geht so vor, daß der aus den oben angegebenen Stoffen durch Pressen erhaltene Faden zunächst bis zur Sinterung erhitzt wird, um ihm eine genügende Haltbarkeit zu geben. Hierauf führt man diesen Draht durch eine gemäß den oben dargelegten Gesichts-

[3] A. Stimmelmayr, Über die Darstellung und Untersuchung von regulinischem Wolframmetall. München 1909.
[4] W. Köhler, Die Osram Lampe, Osram Lichtheft B 7.
[5] H. Alterthum, Wolfram. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A.G., Braunschweig 1925.

[6] A. Müller, Helios Bd. 19, S. 37 u. 504.
[7] H. Erb, El. Anz. Bd. 29, S. 1244.
[8] Monasch, ETZ 1913, S. 649.
[9] ETZ 1913, S. 955.
[10] W. Böttger, Z. Elektrochemie Bd. 23, S. 121.

punkten konstruierte Heizvorrichtung, welche z. B. in folgender Weise angeordnet ist. Zwei Metallplatten sind in der Mitte mit sehr feinen Bohrungen versehen, die durch Quecksilberdichtungen verschlossen sind. Beide Platten sind durch einen Glaszylinder isoliert miteinander verbunden. Es sind ferner Zuführungsrohre vorgesehen, um in dem Raum eine indifferente Atmosphäre zu schaffen. In dem Apparat befindet sich eine Spirale aus Wolframdraht, die nur aus wenigen Windungen besteht. Sie kann durch Strom auf hellste Weißglut erhitzt werden. Der Draht wird durch die Bohrung der einen Platte, durch die Spirale und dann durch die andere Platte geführt. Die beiden Platten stehen mit einer Stromquelle in Verbindung, so daß auch der Faden durch Vermittlung des Quecksilbers durch Strom erhitzt werden kann. Man schickt nun durch den Faden so viel Strom, daß seine Temperatur unter der Temperatur bleibt, bei der eine Kristallisation mit meßbarer Geschwindigkeit eintritt, und erhitzt die Spirale zur höchsten Weißglut. Der Faden wird mit einer Geschwindigkeit, die experimentell zu bestimmen ist und von der Temperatur der heißesten Stelle abhängig ist, durch den Apparat hindurchgezogen.

In einer Reihe von Zusatzpatenten gab die Firma Pintsch sodann verschiedene Apparate zur Durchführung ihres Verfahrens an. Ferner führte Böttger an bereits genannter Stelle[11] eine für die Fabrikation bestimmte Apparatur im Bilde vor. Geh. Reg.-Rat Hentschel, der der patentamtlichen Kommission angehörte, deren Aufgabe es war, das Pintsch-Verfahren im Betriebe zu besichtigen, berichtete, daß die erste Apparatur sehr roh und verwickelt war. Die sodann vervollkommnete Apparatur beschrieb Hentschel im Jahre 1917 und berichtete über ihre Arbeitsweise wie folgt: Der aus der Wolfram-Thoroxyd-Paste in Stärken von 0,02 ... 0,2 mm gespritzte Faden wird in dem Apparat durch eine Wolframspirale von wenigen Windungen von unten nach oben mit einer Geschwindigkeit von etwa 2⅓ m/h hindurchgezogen. Die Spirale wird durch den elektrischen Strom auf hellste Weißglut zu Temperaturen von 2400 ... 2600 ° gebracht. Auch der Faden selbst kann zur Vorwärmung durch unmittelbare Stromleitung oder durch eine um ihn herum liegende, mit ihrer Spitze gegen die kleine Heizspirale gerichtete kegelförmige Spirale erhitzt werden. Dabei wird der Faden zunächst gesintert, wodurch er dichter und fester wird. Darauf kommt er in der Mitte der kleinen Heizspirale in die heißeste Zone, in welcher die Kristallisationstemperatur herrscht. Der erste hier von unten her eintretende kleinste Kristall fängt nun an, entgegen der Bewegungsrichtung des Fadens zu wachsen. Da der Faden sich mit der Wachstumsgeschwindigkeit des Kristalls oder mit einer etwas geringeren Geschwindigkeit nach oben fortbewegt, so wächst der Kristall an dieser Stelle dauernd weiter, solange die Temperatur und die Fadenbewegung dieselben bleiben. Es entsteht dadurch ein aus einem einzigen Längskristalle bestehender Wolframfaden von beliebiger Länge. Zur Verhinderung von Oxydation vollzieht sich der ganze Vorgang in einer indifferenten Atmosphäre. Der Kristallisationsapparat trägt oben eine mittels Laufwerks angetriebene Haspelvorrichtung für die fertigen Fäden und unten Fadenteller zur Zuführung der in Einkristalle zu verwandelnden Fäden. Zur Erhöhung der Leistung werden durch jeden Apparat 8 Fäden auf einmal gezogen. Jeder Faden befindet sich auf einem besonderen Teller. Dabei muß Vorkehrung getroffen werden, daß sich die Drähte an der heißesten Stelle nicht berühren, da sie sonst leicht zusammenfritten oder zusammenschweißen können. Zur Erhitzung der 8 Drähte an der heißesten Stelle ist keine meßbar größere Wärmemenge erforderlich als bei einem Drahte. Jeder Faden ist in einer solchen Länge gespritzt, als einer Tagesleistung des Kristallisationsapparates entspricht. Der Apparat wird also bei Beginn der Arbeit eingerichtet und angestellt und läuft ununterbrochen bis zum Schlusse der täglichen Arbeitszeit. Die fertigen Kristallfäden werden ohne weitere Bearbeitung in die Gebrauchslängen zerteilt und auf das Glühlampengestell zur weiteren Herstellung der Glühlampe gebracht[12].

Vergleicht man nun die beiden Verfahren und ihre Ergebnisse miteinander, so ergibt sich das folgende Bild.

Trotz der zahlreichen Arbeitsgänge und der erforderlichen kostspieligen, im hohen Maße dem Verschleiß unterworfenen Apparatur des Coolidge-Verfahrens stellt sich der gezogene Wolframdraht wesentlich billiger in der Herstellung als der gespritzte Pintsch-Einkristallfaden. Denn nach obigem vermag selbst der vervollkommnete, acht Fäden gleichzeitig erzeugende Kristallisationsapparat zufolge der für die Einkristallbildung benötigten schneckenartigen Verschiebungsgeschwindigkeit von 2⅓ m/h nur 160 m biegsamen Wolframfaden zu liefern. Dagegen erhält man aus einem Wolframpreßling von etwa 15 cm Länge und 1 cm² Querschnitt im Zeitraum einer knappen Stunde biegsamen Wolframdraht von 15 km Länge. Wollte man diese große Produktion des Coolidge-Verfahrens mit Hilfe des Pintsch-Verfahrens erzielen, so wären dazu 750 Kristallisationsapparate erforderlich, wobei vorausgesetzt ist, daß jeder Apparat gleichzeitig acht Fäden in den Einkristallzustand umwandelt. Dies erklärt also die Tatsache, daß sich im Handel die Pintschfäden wesentlich teurer stellen als gezogene Wolframdrähte.

Die Zugfestigkeit des Coolidgedrahtes beträgt, wie erwähnt, rd. 400 kg/mm², u. zw. ist sie bei feinst ausgezogenen Drähten etwas größer, bei dickeren Drähten etwas kleiner als dieser Mittelwert. Die Zugfestigkeit des Pintschfadens wurde von O. Schaller, der in Gemeinschaft mit H. Orbig und Elstner das Pintsch-Verfahren schuf, zu 164 kg/mm² angegeben[13]. Doch beträgt sie nach M. Polanyi nur etwa 108 kg/mm². Allerdings konnte dieser Wert nach sechsmaligem Ziehen des Pintschfadens bei Dunkelrotglut durch Diamantziehsteine bis auf 156 kg/mm² gesteigert werden, welcher Wert nach dem Ausglühen auf etwa 120 kg/mm² fiel[14]. Bemerkt sei hier, daß die Firma Pintsch das Ausziehen des Einkristallfadens sich durch ein Zusatzpatent besonders schützen ließ. Doch zeigte es sich, daß man nur wenige Ziehstufen anwenden kann, ohne die Einkristallstruktur zu zerstören. Auf diesem Wege ließe sich also die Produktion nur unwesentlich steigern.

Somit ist der Coolidgedraht billiger und auch zugfester als der Pintschfaden. Es fragt sich daher, welche Vorteile das Pintsch-Verfahren überhaupt zu bieten vermag. Nach vergleichenden Untersuchungen der Prüfstelle der wirtschaftlichen Vereinigung von Elektrizitätswerken, deren Ergebnisse Dir. Ely[15] vom Elektrizitätswerk in Nürnberg veröffentlichte, zeigten Lampen mit Pintschfäden sehr vorteilhafte Eigenschaften. Noch nach 1950 Brennstunden war der Pintschfaden so fest, daß man nach Öffnen der Lampe das ganze Lampengestell an ihm aufhängen konnte, während die Leuchtdrähte der übrigen Lampen schon nach verhältnismäßig wenig Brennstunden spröde und brüchig wurden. Auch die Schwärzung der mit Pintschfäden versehenen Lampen fiel wesentlich geringer aus als bei den mit dem Coolidgedraht ausgerüsteten Lampen[15]. Die Biegsamkeit und Stoßfestigkeit des Pintschfadens hält somit beim Gebrauch in der Glühlampe wesentlich länger an als die des Coolidgedrahtes. Zugleich geht aber aus diesen Untersuchungen auch hervor, daß man es im Jahre 1916 noch nicht verstand, die die Rekristallisation wesentlich verzögernde Eigenschaft des Thoroxyds beim Coolidge-Verfahren richtig zu verwerten. Dies gelang vielmehr erst später, und durch die hierauf abzielenden Arbeiten ist es schließlich gelungen, den gezogenen Wolframdraht derart in der Qualität zu verbessern, daß sich selbst die Firma Pintsch veranlaßt sah, bei ihren normalen Lampen das Coolidge-Verfahren anzuwenden. Über diese Arbeiten, bei denen auch die bei Entstehung und Anwendung des Pintsch-Verfahrens gemachten Entdeckungen und gesammelten Erfahrungen vorteilhaft verwertet wurden, wäre besonders zu berichten. Dennoch wird auch das Pintsch-Verfahren in seiner ursprünglichen Form weiter ausgeübt, ja, es ist für manche Zwecke unersetzbar, wo es nämlich darauf ankommt, den Leuchtkörper mit möglichst wenigen Haltern zu stützen. Dies ist z. B. der Fall bei sehr lichtstarken Projektionslampen, worüber Jaedicke gelegentlich der Tagung der Dt. Beleuchtungstechn. Ges. am 1. X. 1927 in Hamburg berichtete[16]. Denn der Pintschfaden, der bei Zimmertemperatur überaus geschmeidig und biegsam ist, hat die merkwürdige Eigenschaft, bei Leuchttemperatur starr zu sein, worauf an genannter Stelle bereits früher Böttger hinwies. Bei den vorhin erwähnten Arbeiten der Neuzeit, deren Endziel die Schaffung eines möglichst durchhangfreien Wendelleuchtkörpers war, wurde auch diese Entdeckung der Firma Pintsch mitverwertet.

[11] Wie Fußnote 10.
[12] Hentschel, Ann. Gew. u. Bauw. Bd. 80, S. 183.
[13] O. Schaller, Z. angew. Chemie Bd. 30, S. 71.
[14] M. Polanyi, Z. Elektrochemie Bd. 28, S. 16.
[15] Ely, Mitt. V. El. W. Bd. 15, S. 263 u. 309, Z. angew. Chemie Bd. 30, S. 71.
[16] Jaedicke, Licht u. Lampe Bd. 17, S. 177.



Die elektrische Sparküche.

Von Dr. Ing. S. **Ottenstein,** Nürnberg.

Übersicht. Es wird ein neuer elektrischer Kochherd beschrieben, der auf Grund des Studiums der Dämpf- und Kochvorgänge entstanden ist, mit dem Erfolg, daß er einerseits seine Arbeiten mit geringerem Stromverbrauch leistet als die bisher üblichen elektrischen Herde, und daß anderseits der Bedienung die Überwachung erleichtert und bei vielen Speisebereitungen ganz erspart wird. Der Herd ist ein Sparherd und ein selbsttätiger Herd zu gleicher Zeit.

Die Einfachheit und die Gefahrlosigkeit, welche mit der Bedienung des elektrischen Herdes verbunden sind, haben diesem bereits heute viele Freunde zugeführt. In Haushaltungen, besonders in Siedlungen ist auch in Deutschland bereits eine ansehnliche Zahl von elektrischen Kochherden aufgestellt worden. Der hauptsächliche Einwand, dem man gelegentlich immer wieder begegnet, ist der, daß die Betriebskosten im Verhältnis zu anderen Feuerungen bedeutender sind. Das Bestreben der Konstrukteure geht infolgedessen dahin, durch geeignete Anordnungen den Stromverbrauch zu vermindern. Wesentliches ist hierbei nur durch Beeinflussung der Fortkochperiode zu erreichen.

Die bekannte regelbare Kochplatte hat gemäß der üblichen Serien-Parallel-Schaltung eine Fortkochstufe von 1 : 4 der Vollastleistung, d. i. zum Beispiel bei einer Platte von 180 mm Dmr., 1200 W, eine Stufe von 300 W. Es ist heute schon bekannt, daß diese Fortkochstufe zu hoch ist. Versuche haben ergeben, daß bei günstigen Verhältnissen, d. i. ebener Topfboden und blankes neues Geschirr, etwa 150 W als Fortkochleistung genügen würden. Mit Rücksicht darauf, daß dieser Idealtopf im Gebrauch nicht immer vorhanden ist, und mit Rücksicht auf Spannungsunterschreitungen am Gebrauchsort ist es zweckmäßig, die Fortkochstufe mit 225 W zu normieren.

Um den Stromverbrauch für das Fortkochen zu vermindern, sind Konstrukteure dazu übergegangen, Kochstellen und Kochgut mit einer Haube abzudecken; hierbei wird durch einen selbsttätigen Schalter der Strom abgeschaltet, wenn eine gewisse Kochraum-Temperatur erreicht ist. Nach dieser Methode wird natürlich die Fortkochleistung auf ein sehr geringes Maß herabgesetzt, nämlich auf denjenigen Betrag, der erforderlich war, die Kochraumtemperatur zu erzeugen. Die Methode hat jedoch einen Nachteil. Wenn auch die Haube gut wärmeisoliert ist, so ergibt sich doch nach Abschaltung des Stromes ein zu rascher Temperaturabfall. Die Speisen werden wohl warm gehalten aber nicht mit Sicherheit durchgekocht. Ein Nachheizen wird erforderlich; häufig auch bei Uebereinanderschichten der Kochtöpfe ein Umstellen derselben, um auch den Inhalt der zurückgebliebenen oberen Töpfe fertigzukochen.

Diesem Nachteil versucht ein Vorschlag zu begegnen, der die Fortkochstufe unter der Haube zeitlich mittels einer Schaltuhr begrenzt. Diese Methode ergibt nicht die günstigste Fortkochleistung, da sie sich nicht dem Wärmebedarf anpaßt sondern empirisch eingestellt wird. Versuche genannter Art sind einerseits teilweise mit elektrisch beheizten Kochkisten, anderseits auch mit der Bratröhre durchgeführt worden. Die Bratröhre als Sparherd, mit oder ohne Schaltung verwendet, löst die Aufgabe ebenfalls nicht. Bei ihr liegt der Hauptnachteil in der Ankochperiode, bei welcher durch ungünstige Wärmeübertragung nicht der hohe Wirkungsgrad der Kochplatte erzielt wird. Um mit der Bratröhre auf günstige Stromverbrauchszahlen zu kommen, sind Erfahrungen und für den praktischen Betrieb schwer durchführbare Einstellungen der Heizstufen erforderlich.

Die genannten Mängel und Nachteile führen zu der Lösung des mit Haube versehenen temperaturgesteuerten Sparherdes. Bei diesem Herd werden die Kochgefäße durch Kochplatten beheizt, über die Kochgefäße wird die Wärmeschutzhaube gestülpt. In die Herdplatte ist ein Temperaturregler eingebaut, der die Temperatur des Kochraumes auf gewünschter Höhe hält. Eine solche Kombination benötigt als Fortkochleistung diejenige Menge, welche der Größe und Beschaffenheit der Haubenoberfläche sowie deren Temperatur entspricht, unabhängig von der Menge des eingestellten Kochgutes. Der Temperaturregler wird somit die Stromaufnahme der Kochplatte auf dasjenige Maß beschränken, welches der Wärmeabgabe der Haube entspricht. Er ist also derart zu entwerfen, daß er die günstigste Kochtemperatur, welche bekanntlich um einiges unter der Siedetemperatur liegt, aufrecht erhält.

Mit dieser Methode ist einerseits das Minimum an Fortkochleistung erreicht, anderseits wird gegenüber Kochplatten mit frei aufgestellten Töpfen auch die Ankochleistung etwas günstiger liegen, da ja auch schon in der Anheizperiode die Wärmeverluste des Kochgefäßes vermindert werden. Zugleich ist aber auch mit dieser Methode der selbsttätige Kochbetrieb gegeben. Da dem Kochgut nicht mehr Wärme zugeführt wird als zur Erhaltung der Temperatur nötig ist, so findet ein Überkochen und Verdampfen nicht statt. Die Zeitdauer ist durch die Bedürfnisse des Kochgutes gegeben, sie liegt, je nach der Zusammenstellung einer Mahlzeit, bei etwa 2 ... 4 h, kann aber, da ja die Wärmezufuhr gesteuert ist, unbedenklich über das erforderliche Maß verlängert werden. Es wird dann nur ein allerdings geringer Mehrverbrauch an Fortkochleistung entstehen. Die Betätigung des Kochs beschränkt sich auf Einstellen und Bedecken der Kochtöpfe und die Einschaltung sowie nach abgelaufenem Kochvorgang auf die Ausschaltung und Entnehmen der Kochtöpfe mit den fertigbereiteten Speisen. Abb. 1



Abb. 1. Sparherd geschlossen.

zeigt einen Sparherd, der auf Grund dieser Überlegungen entworfen ist. Der Herd, der für eine Mahlzeit für 5 ... 6 Personen genügt, besitzt 2 Kochplatten von je 650 W mit eingebautem Wärmeregler, eine Kochfläche von 280 × 460 mm. Die Aluminiumhaube hat die äußeren Maße von 350 × 530 × 260 mm. Der Regler ist derart eingestellt, daß er bei etwa 90 ... 95 ° Kochraumtemperatur steuert. Versuche haben ergeben, daß dieser Herd mit 1300 W Anschluß in der Stunde rd. 0,15 kWh Fortkochverbrauch hat. Mit diesem Verbrauch können 6 ... 8 l Wasser auf Siedetemperatur oder auf einem geringen Betrag darunter erhalten werden. Auf die Leistung bezogen, ist das 150 W für die genannte Menge oder etwa 20 W/l, gegenüber nahezu 80 ... 100 W/l, die auf der üblichen Kochplatte verbraucht werden.

Es bleibt noch die Frage zu prüfen, in welcher Form die Fortkochenergie dem Herd zugeführt wird. Es gibt zwei Wege: Entweder es werden regelbare Kochplatten verwendet, bei welchen nach Ablauf der Ankochperiode die Fortkochleistung eingeschaltet und diese durch den Regler gesteuert wird, oder es wird eine unregelbare Kochplatte verwendet und deren volle Leistung durch den Regler gesteuert. In der thermischen Wirkung unterscheiden sich die beiden Methoden nur in der Häufigkeit und Zeitdauer der Schaltungen, in der Wärmewirkung besteht kein Unterschied.

Bei dem in Abb. 1 gezeigten Sparherd ist die zweite Methode gewählt mit Rücksicht darauf, daß Konstruktion und Aufbau bei den unregelbaren Kochplatten wesentlich vereinfacht und verbilligt sind. Konstruktiv ist zu dem abgebildeten Herd noch zu bemerken, daß die Kochplatten in die Herdplatte direkt eingebaut sind. Für diesen Aufbau war maßgebend, daß die Heizwicklung der Kochplatten absolut gesichert werden muß gegen die Dampfatmosphäre des Kochraumes. Es ist schwierig, bei einer aufgesetzten Kochplatte diese Sicherung in vollem Maße zu erreichen. Die Heizstellen sind nicht erhöht, sie liegen in der Ebene der Herdplatte; ihre Lage ist durch eingegossene Rillen gekennzeichnet. Diese An-

ordnung verfolgt den Zweck, daß die Bedienung bei der Topfverwendung unbehindert ist. Allerdings wird die höchste Wirtschaftlichkeit erreicht, wenn die Töpfe die Kochstellen bedecken.

Mit dem dargestellten Sparherd sind die Aufgaben des Kochens und Dämpfens in der Küche gelöst. Damit sind aber die Arbeitsmöglichkeiten nicht erschöpft. Wird die Haube von dem Sparherd abgehoben, so entsteht ein gewöhnlicher Kochherd, bei dem der Temperaturregler gegen Anbrennen schützt (Abb. 2). Da die Kochstellen einzeln



Abb. 2. Sparherd offen.

geschaltet werden können, ist jede der beiden Kochplatten für sich verwendbar, z. B. für je 1 ... 2 l Wasser für Kaffee, Tee usw., für Soßenbereitung, Setzeier, Bratkartoffeln, Schnitzel usw. Ferner ist die Möglichkeit gegeben, Pfannenbraten, wie Rinderbraten, Sauerbraten u. dgl. zu bereiten. Für die Bratarbeiten, die hohe Temperaturen fordern, wie englisches Roastbeef, Geflügel, Kalbsbraten usw., bildet die Bratröhre die Ergänzung der elektrischen Küche. Diese Gerichte gelingen in der Bratröhre besser, besonders dann, wenn auf die Kruste Wert gelegt wird.



Abb. 3. Sparherd mit Bratrohr.

Für eine Bratröhre, die naturgemäß auch die Backarbeiten mit zu übernehmen hat, stehen der elektrischen Küche heute geeignete Konstruktionen in genügender Zahl, so vor allem im Carnifix zur Verfügung (Abb. 3).

Nachdem in vorstehendem die Gedanken wiedergegeben sind, die zum Aufbau des Sparherdes geführt haben, interessieren noch die Ergebnisse der Versuche, die auf dem Wege bis zum Ziel durchgeführt worden sind.

Eine Normalmahlzeit für 3 ... 4 Personen wie folgt wurde nach verschiedenen Methoden bereitet:

Suppe: rd. 0,25 kg Ochsenfleisch, 0,5 kg Knochen, rd. 1,25 l Wasser, Salz und sonstige Zutaten.

Gemüse: rd. 1 kg Rotkraut (fein geschnitten), rd. 0,06 kg Butter, Gewürz.

Kartoffeln: rd. 1 kg (geschält und gewaschen), 0,1 l Wasser, Salz.

1. Auf dem Zwei-Stellen-Herd mit 2 Platten von je 1200 W und einer Fortkochstufe von 225 W. Die Fortkochzeit betrug 2 h:

Ankochen	mit 2 × 1200 W	rd. 15 min	rd. 0,6 kWh
Fortkochen	„ 2 × 225 „	„ 2 h	„ 0,9 „
Gesamtbetrag		$2\frac{1}{4}$ h	rd. 1,5 kWh.

2. In der Bratröhre Carnifix:

Ankochen	mit 750 W (Stufe II)	1 h 20 min	rd. 1,0 kWh
Fortkochen	„ 200 „ („ I)	2 h	„ 0,4 „
Gesamtbetrag		rd. $3\frac{1}{2}$ h	rd. 1,4 kWh.

3. In der Bratröhre mit der Kochplatte kombiniert:

Die Speisen wurden in obiger Reihenfolge auf der Kochplatte angekocht und dann in die vorgewärmte Bratröhre eingeschoben; durch das häufige Öffnen ergaben sich Verluste.

Ankochen mit	1200 W	27 min	rd. 0,54 kWh
Anwärmen der Bratröhre .	1000 „ (Stufe III)	10 „	„ 0,17 „
Fortkochen in d. Bratröhre	200 „ („ I)	3 h	„ 0,60 „
Gesamtbetrag		rd. $3\frac{1}{2}$ h	rd. 1,31 kWh.

4. In der elektrischen Kochkiste:

Ankochen	mit 700 W . . .	35 min	rd. 0,41 kWh
Nachkochen	„ 700 „ . . .	34 „	„ 0,39 „
Gesamtbetrag		rd. 4 h	rd. 0,80 kWh.

Das Nachkochen war hier erforderlich, da mit der Ankochzeit allein keine der Speisen gar war.
Die Reihenfolge der Speisen war beim Anheizen, von unten nach oben: Gemüse, Suppe, Kartoffeln. Beim Nachkochen wurde die Reihenfolge entsprechend dem zurückgebliebenen Kochstadium geändert.

5. Im Sparherd: 2 Kochplatten von je 650 W und Wärmeregler:

Ankochen	mit 1300 W	20 min	rd. 0,43 kWh
selbsttätig gesteuertes Fortkochen		18 „	„ 0,39 „
Gesamtbetrag		3 h	rd. 0,82 kWh.

Sämtliche Versuche waren so abgestellt, daß die Speisen vollkommen gar waren. Geschmacklich waren keine Unterschiede festzustellen.

Es stellt sich somit das Ergebnis wie folgt zusammen:

Kochherd	1,5 kWh
Bratröhre	1,4 „
Kochplatte mit Bratröhre .	1,31 „
Kochkiste	0,80 „
Sparherd	0,82 „ .

Hieraus ist zu ersehen, daß der Sparherd gegenüber dem Kochherd und der Bratröhre eine etwa 40prozentige Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ergeben hat. Man kann auf Grund der Versuche, die im übrigen wiederholt durchgeführt wurden und wiederholbar sind, sagen, daß für die vorliegende Mahlzeit ein Stromverbrauch von 0,8 ... 0,85 kWh das Optimum darstellt.

Auch mit der Kochkiste lassen sich diese Zahlen erreichen, allerdings ist hierbei eine besondere Geschicklichkeit Voraussetzung, der gegenüber die vollkommen selbsttätige Arbeit des Sparherdes bei den Versuchen besonders hervortrat.

Elektrokarren.

Stiefkinder der Gesetzgebung.

Von Staatsanwaltschaftsrat **Grau**, Berlin,
Syndikus des Automobilclubs von Deutschland.

Die gesetzlichen Bestimmungen des Kraftfahrwesens sind im allgemeinen auf Personen- und Lastwagen zugeschnitten. Diese Beschränkung auf gewisse Fahrzeugtypen trägt den Nachteil in sich, daß die gesetzliche Regelung sich für Sonderfahrzeuge, wie sie der Bedarf der Wirtschaft nach und nach hat entstehen lassen, nicht immer als zweckmäßig erweist. So ist beispielsweise der

Lieferwagen grundsätzlich den Anordnungen über den Lastwagen unterworfen, obwohl sein Gewicht und seine Bauart es rechtfertigen würden, bei seiner Bewertung nicht den Gesichtspunkt der Lastenbeförderung in den Vordergrund zu stellen, ihn vielmehr verkehrstechnisch wie einen Personenwagen zu behandeln.

Wenn die Vorschriften über die Beschaffenheit, Ausrüstung und Zulassung von Kraftfahrzeugen den Zweck verfolgen, die Verkehrsicherheit nicht durch unsachgemäß gebaute oder gehandhabte Fahrzeuge zu beeinträchtigen, so ergibt sich damit aus wirtschaftlichen Erwägungen die Notwendigkeit, für den Verkehr solcher Fahrzeuge, bei denen die erwähnte Befürchtung ebensowenig besteht wie die einer übermäßigen Abnutzung des Straßenbelags, Erleichterungen zu gewähren. In Erkenntnis dieser Notwendigkeit und zwecks Förderung der Verwendung von Nutzfahrzeugen hat man beispielsweise die Zugmaschinen von gewissen für andere Fahrzeuge geltenden Vorschriften befreit.

Zu den Fahrzeugen, die sich dieses Wohlwollens des Gesetzgebers nicht erfreuen, gehören die Elektrokarren. Noch der Verordnung über Kraftfahrzeugverkehr vom 16. III. 1928 unbekannt, finden sie zum erstenmal Erwähnung in der Verordnung vom 13. VII. 1928. Hervorgerufen war diese gesetzgeberische Maßnahme dadurch, daß die in § 3, Abs. 2 der Verordnung über Kraftfahrzeugverkehr vom 16. III. 1928 getroffene Anordnung, wonach Kraftfahrzeuge, deren betriebsfertiges Eigengewicht[1] 3 t nicht übersteigt, mit Luftreifen versehen sein müssen, sowohl bei den Herstellern wie bei den Benutzern von Elektrokarren scharfe Kritik gefunden hatte. Das einzige Entgegenkommen, zu dem diese Kritik den Gesetzgeber veranlaßte, bestand in einer in Artikel III der Verordnung vom 13. VII. 1928 enthaltenen Anordnung, durch die bei Elektrokarren, die vor dem 1. I. 1929 zum Verkehr zugelassen sind und deren betriebsfertiges Eigengewicht 1,75 t nicht übersteigt, die Verwendung gewöhnlicher oder hochelastischer Vollgummireifen an Stelle von Luftreifen bis zum 1. I. 1933 für zulässig erklärt wurde. Eine weitere Erleichterung wurde durch die Verordnung über Kraftfahrzeugverkehr vom 27. IV. 1929 geschaffen, durch die dem § 36a der Verordnung vom 16. III. 1928 in der Neufassung vom 13. VII. 1928 folgender Absatz 3 hinzugefügt wurde:

> „Für Elektrokarren, deren betriebsfertiges Eigengewicht 1,75 t nicht übersteigt, ist auf Antrag des Eigentümers die Benutzung hochelastischer Vollgummireifen an Stelle von Luftreifen zu genehmigen, sofern der Elektrokarren überwiegend auf nicht öffentlichen Wegen benutzt werden soll. Über den Antrag entscheidet die höhere Verwaltungsbehörde. Die Genehmigung ist unter Vorbehalt jederzeitigen Widerrufs zu erteilen und in die Zulassungsbescheinigung einzutragen."

Auch dieses äußerste Entgegenkommen, zu dem sich das Reichsverkehrsministerium bereitgefunden hat, vermag die Unzuträglichkeiten nicht zu beseitigen, die der gesetzlichen Behandlung der Elektrokarren anhaften und ihrer weiteren Verbreitung entgegenstehen. Die Bedenken richten sich vor allem gegen die Grundsätze, nach denen die Berechnung des „betriebsfertigen Eigengewichts" erfolgt. In Ziffer VIII der Anweisung über die Prüfung von Kraftfahrzeugen findet sich für das Eigengewicht folgende Begriffsbestimmung:

> „Als Eigengewicht gilt das Gewicht des betriebsfertigen Fahrzeugs mit gefüllten Betriebstoffbehältern, bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen mit Akkumulatorenbatterie; Aufbauten, Signalinstrumente, Beleuchtungseinrichtungen und etwa vorhandene Windschutzscheiben, Kotflügel und Trittbretter sind mitzuwägen."

Wenn die Begriffsbestimmung mangels einer Ausnahmevorschrift auch auf Elektrokarren Anwendung findet, so darf doch die besondere Erwähnung der „Aufbauten" nicht dazu führen, diese bei Elektrokarren ebenso zu behandeln wie bei anderen Kraftfahrzeugen. Schon die Aufzählung von Zubehörteilen, Signalinstrumenten, Beleuchtungseinrichtungen, Windschutzscheiben usw. läßt erkennen, daß der Gesetzgeber die Möglichkeit, die Zubehörteile der Gewichtsberechnung zu entziehen, hat verhindern wollen. Nicht dagegen haben solche Einrichtungen getroffen werden sollen, deren gelegentliche Verwendung das Gewicht des Fahrzeugs beeinflußt. Nun kann es schon vom sprachlichen Standpunkt aus ebenso wenig einem Zweifel unterliegen, daß ein Karren, eine auf Rädern laufende Plattform, ein betriebsfertiges Fahrzeug ist, wie daß das Chassis eines Personenwagens erst durch die Karosserie zu einem solchen wird. Es kommt hinzu, daß es im Wesen der Elektrokarren liegt, für die verschiedenartigsten Zwecke verwendet zu werden, daß gerade in dieser Möglichkeit ihre wirtschaftliche Bedeutung liegt, und daß die Industrie diesem Umstande Rechnung getragen hat, indem sie bei der Herstellung eines Karrens die Verwendung verschiedener Aufbauten vorsieht. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber anderen Kraftfahrzeugen liegt endlich darin, daß die Verbindung der Aufbauten mit dem Karren eine ganz lockere, ebenso leicht herzustellende wie zu lösende, ist, und daß es — im Gegensatz zu der starren Verbindung etwa der Karosserie mit dem Chassis bei Personenwagen — nur ganz einfacher Handgriffe bedarf, um die Aufbauten anzubringen oder zu entfernen. Berücksichtigt man dieses Verhältnis der Aufbauten zum Karren, so wird man die Aufbauten nicht anders behandeln können als Nutzlasten, die unter Umständen in stärkere Verbindung mit dem Karren gebracht werden können als die Aufbauten selbst. Welchen Unterschied sollte es machen, ob etwa eine dem Umfang der Plattform des Karrens genau angepaßte Kiste mitgeführt wird oder ein Aufbau aus Holzwänden mit gleichem Gewicht vorhanden ist! Die Anwendung der gesetzlichen Begriffsbestimmung in der hier kritisierten Form bietet geradezu einen Anreiz dazu, Elektrokarren bei ihrer Zulassung mit den leichtesten der vorhandenen Aufbauten zu versehen, um dann im Betrieb wesentlich schwerere Aufbauten zu verwenden, eine Umgehung des Gesetzes, die dem Gesetzgeber nicht erwünscht sein kann.

Wird die bisherige Praxis beibehalten, so stehen die Erleichterungen, die das Gesetz den Elektrokarren eingeräumt hat, auf dem Papier. Elektrokarren, deren betriebsfertiges Eigengewicht einschließlich der Aufbauten 1,75 t nicht übersteigt, gibt es nicht. An diese Gewichtsgrenze aber ist nicht nur die Berechtigung zur Benutzung von Vollgummireifen, sondern auch die Befreiung vom Erwerb des Führerscheins gebunden. Soweit daher hinsichtlich der Auslegung der Ziffer VIII der Prüfungsanweisung überhaupt Zweifel bestehen können, bedarf es einer Klarstellung nach der Richtung, daß bei der Feststellung des Eigengewichtes von Elektrokarren Aufbauten nicht mitzuwägen sind. Es soll hier unerörtert bleiben, ob selbst dann nicht die Gewichtsgrenze von 1,75 t zu niedrig bemessen ist; praktische Bedeutung gewinnen die vom Gesetzgeber gewährten Erleichterungen jedenfalls erst dann, wenn Aufbauten nicht mitgewogen werden, die Karren daher nach Bedarf mit verschiedenen Aufbauten verwendet werden können.

Ein Interesse an dieser Handhabung der gesetzlichen Vorschriften besteht einmal im Hinblick auf die Befreiung vom Führerscheinzwang. Offenbar erachtet der Gesetzgeber durch die Verwendung von Fahrzeugen, die eine bestimmte Gewichtsgrenze überschreiten, den Verkehr als stärker gefährdet wie durch andere Fahrzeuge. Dann aber ist für die Vermeidung von Verkehrsunfällen nicht das betriebsfertige Eigengewicht maßgebend, sondern Eigengewicht und Nutzlast. Nur das Gesamtgewicht also, d. h. Eigengewicht und Nutzlast, ist geeignet, die Absicht des Gesetzgebers zu verwirklichen; das Gewicht des Fahrzeugs allein ist für die Beurteilung der Frage, ob es eines berufenen Führers bedarf, nicht entscheidend. Wenn man bedenkt, wie geringe Anforderungen die Bedienung eines Elektrokarrens an den Führer stellt, so wird man die verkehrstechnische Unmöglichkeit erkennen, die Führerscheinfreiheit beispielsweise davon abhängig zu machen, daß eine auf einem Karren befindliche Winde nicht mit diesem durch einige Schrauben verbunden ist, in welchem Falle sie als zum betriebsfertigen Eigengewicht gehörender Aufbau das Gewicht des Karrens auf mehr als 1,75 t erhöhen kann, sondern als Werkzeug befördert wird, in welchem Falle sie als Nutzlast anzusehen ist.

Vor allem aber ist es die Auswirkung der gesetzlichen Regelung auf die Bereifung, die mit Recht den Widerspruch der Hersteller und Verbraucher hervorruft. Sofern Aufbauten bei Feststellung des betriebsfertigen Eigengewichts mitzuwägen sind, wird für die überwiegende Zahl der Elektrokarren die Berechtigung, an Stelle von Luftreifen mit Vollgummireifen versehen zu sein, nicht in Frage kommen. Gerade die Verwendung von Vollgummireifen aber ist es, die die so vielseitige und darum von der Wirtschaft erstrebte Benutzung der Elektrokarren begünstigt. Wenngleich Elektrokarren überwiegend in großen Fabrikbetrieben gebraucht werden, also innerhalb geschlossener Grenzen laufen, so hat sich doch die Notwendigkeit ergeben, sie auch über öffentliche Straßen zu leiten, dies ganz besonders in Fabriken, deren Gelände von Verkehrstraßen durchschnitten wird. Nun wird durch die Verwendung von Luftreifen nicht nur die Wendig-

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1265.



keit der Karren beeinträchtigt, die sie zu einem besonders wertvollen Verkehrsmittel für den Innenbetrieb macht, Luftreifen sind vielmehr auch mit Rücksicht auf die Art ihrer Verwendung in Fabrikbetrieben, wo Stahlspäne, Eisenteile, glühende Metallteile am Boden liegen, in viel höherem Maße Beschädigungen ausgesetzt als Vollgummireifen. Der Vorschlag, im Innenbetrieb andere Karren zu verwenden als auf den Verkehrstraßen, ist vom wirtschaftlichen Standpunkt aus undurchführbar, weil, wie schon ausgeführt, gerade die vielseitige Verwendungsmöglichkeit der Elektrokarren sie zu einem der Wirtschaft so erwünschten Kleinfahrzeug macht.

Diesen wirtschaftlichen Gesichtspunkt läßt die Gesetzgebung unberücksichtigt, wenn sie für Elektrokarren die Verwendung von Vollgummireifen erschwert. Der Einwand der Straßenabnutzung ist angesichts der geringen Geschwindigkeit der Elektrokarren, die 15 km kaum übersteigt, um so weniger stichhaltig, als Elektrokarren infolge ihrer Bauart nur auf gut befestigten Straßen fahren und, durch ihren Aktionsradius behindert, nur kurze Strecken zurücklegen können.

Es ist daher bedauerlich, daß die Verordnung vom 27. IV. 1929 die Vergünstigung der Benutzung von Vollgummireifen nicht nur auf solche Elektrokarren beschränkt hat, deren betriebsfertiges Eigengewicht 1,75 t nicht übersteigt, sondern sie auch davon abhängig gemacht hat, daß die Karren überwiegend auf nicht öffentlichen Wegen benutzt werden sollen. Man hat sich offenbar nicht der Erkenntnis verschlossen, daß man vollgummibereifte Elektrokarren nicht ganz von der Straße verbannen kann, sich aber nicht überwinden können, derartigen Karren, sofern ihr Eigengewicht 1,75 t nicht übersteigt, grundsätzlich die Straße freizugeben. Mit der Kompromißlösung, nach der die überwiegende Benutzungsart entscheidet, ist keinem der Beteiligten gedient. Die vielseitige Verwendung der Karren wird eine Nachprüfung der Frage, ob sie überwiegend auf nicht öffentlichen Wegen benutzt werden, unmöglich machen und den Verwaltungsbehörden eine Handhabe bieten, Anträge auf Benutzung von Vollgummireifen abzulehnen. Wenn infolge der Festsetzung eines Höchstgewichtes der Kreis der Elektrokarren, die auf die Vergünstigung Anspruch erheben können, an sich schon klein ist, so sollte man ihn mit dem Erfordernis überwiegender Verwendung außerhalb öffentlicher Wege nicht noch enger ziehen. Der Entwicklung dieser Art von Kleinfahrzeugen sollte man kein Hindernis in den Weg legen. Darüber hinaus aber verdient die Forderung der Wirtschaft nach einer Heraufsetzung des betriebsfertigen Eigengewichts auf 2 t ebenso ernste Beachtung wie der Vorschlag, Aufbauten bei der Berechnung des betriebsfertigen Eigengewichts nicht zu berücksichtigen, sie vielmehr als Nutzlast anzusehen.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die elektrischen Prüfämter.

Nr. 273.

Auf Grund des § 9 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, ist dem Sächsisch-Thüringischen Dampfkessel-Revisions-Verein zu Halle a. S. die Genehmigung erteilt worden, als Elektrisches Prüfamt 9 amtliche Prüfungen von Elektrizitätszählern und Meßapparaten auszuführen, und zwar

mit Gleichstrom { bis 100 A, 500 V im Amt, bis 1500 A, 1500 V am Betriebsort,
mit Wechsel- und Drehstrom { bis 80 A, 500 V im Amt, bis 5000 A, 6000 V am Betriebsort.

(Verfügung des Reichsministers des Innern vom 27. IV. 1929, Reichsministerialblatt Nr. 18, 1929.)

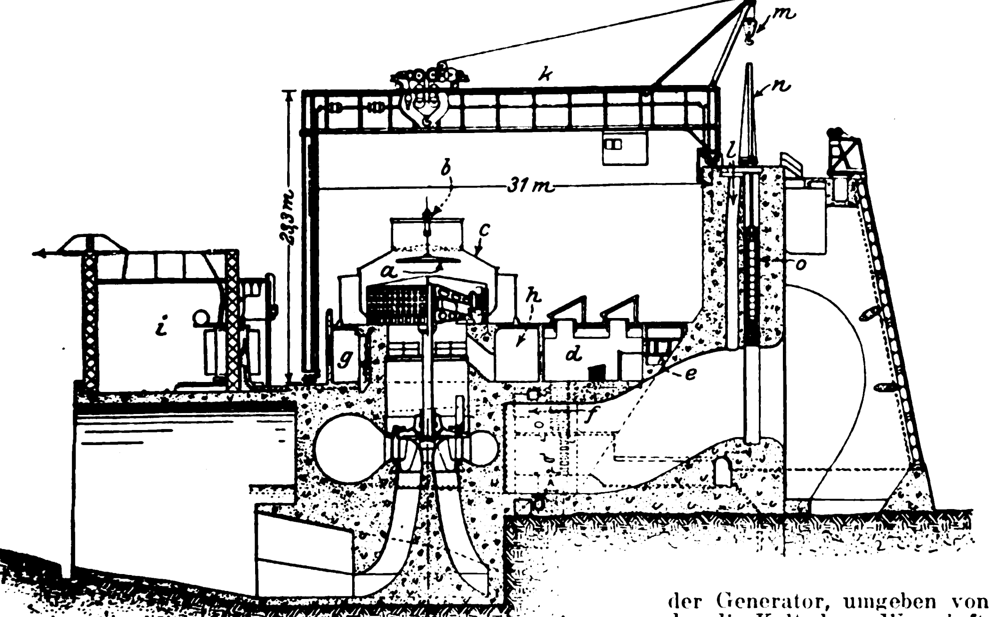
Berlin-Charlottenburg, den 29. V. 1929.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Wasserkraftwerk mit Freiluftgenerator. — Ein Beispiel für die Bestrebungen der Amerikaner, die Kosten der Gebäude für die Kraftwerke möglichst herabzusetzen[1], gibt eine Ausführung der Carolina Power and Light Co., deren Kraftwerk Norwood durch Abb. 1 im Schnitt dargestellt ist. Über dem möglichst tief gelegten Flur hat man als Fundament für die Generatoren Betonzylinder errichtet, u. zw. gerade so hoch, als es die an den Zylinder sich anschließenden überdachten Betriebs- und Kontrollräume gestatten. Für die letzteren Räume wurde eine leichte Eisenbetonkonstruktion verwendet. Auf dem Betonzylinder sitzt



a Deckel
b Deckelaufzug
c Kühlluftführung mit eingebautem Filter
d Kontrollraum
e Leitungskanäle
Öltanks
g Sammelschienenraum
h Betriebsraum
i Haupt- und Hilfstransformatoren
k 150 t-Kran
l Lufteintritt
m 75 t-Flaschenzug für Schütze
n 175 t-Schraubenwinde
o Schütze

Abb. 1. Wasserkraftwerk mit Freiluftgenerator.

der Generator, umgeben von einem Blechgehäuse, durch das die Kalt- bzw. Warmluft zu- und abgeleitet wird. In dem Kaltluftkanal ist noch ein Filter eingebaut. Das Blechgehäuse wird nach oben hin durch einen Deckel abgeschlossen, der bei Stillstand des Betriebes durch einen Kran nach oben gezogen werden kann, so daß das Gehäuse geschlossen ist. Der für die Montage und aus Betriebsrücksichten erforderliche Kran läuft mit seiner

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 867.



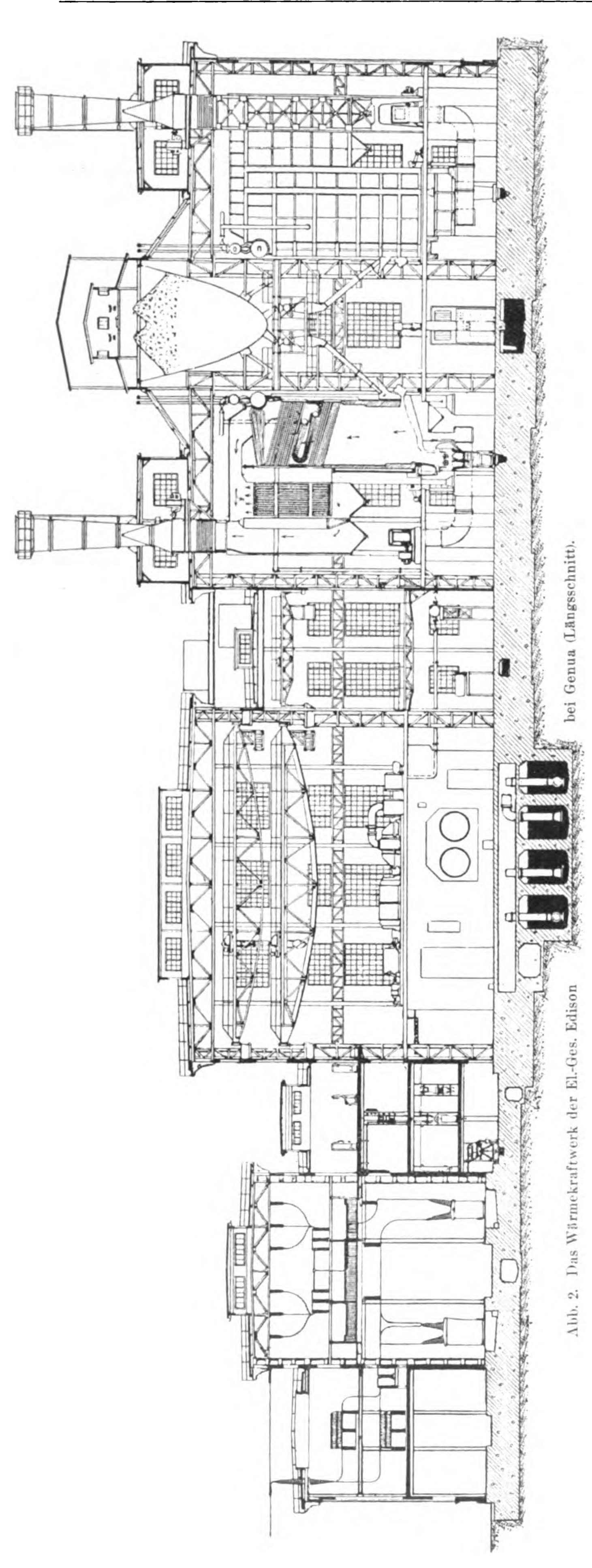


Abb. 2. Das Wärmekraftwerk der El-Ges. Edison bei Genua (Längsschnitt).

einen Schiene auf dem Flur, während die andere Schiene auf der Staumauer verlegt ist. Links neben dem Kran sind die Haupt- und Hilfstransformatoren im Freien aufgestellt. Das Werk enthält einen Generator von 18 000 kW und zwei Generatoren von 22 000 kW; eine Erweiterung durch eine 22 000 kW-Einheit ist vorgesehen. Wenn man die Gebäude für die drei Maschineneinheiten in der üblichen Weise ausgeführt hätte, so wäre ein Hochbau mit einer Grundfläche von rd. 2400 m² erforderlich gewesen. (El. World Bd. 93, S. 344.) *Ka.*

Ein Wärmekraftwerk bei Genua. — Die oberitalienische Elektrizitätsgesellschaft Edison errichtete mit ihren Zweiggesellschaften zwischen Genua und Sampierdarena ein großes Wärmekraftwerk, das in der wasserkraftarmen Zeit mit der Energielieferung im oberitalienischen Kraftbedarf einspringen soll. Anfänglich wurden 53 125 kW installiert, der Endausbau ist mit 131 250 kW geplant. Die Dampferzeugung erfolgt in 4 Borsig-Hochdruck-Röhrenkesseln (Endausbau 10) von je 1900 m² Heizfläche. Stundenleistung normal 37 kg/m² (maximal 60 kg) Dampf. Dampfdruck 33 at, Dampftemperatur 400 °. Die Feuerung ist System Taylor der American Engineering Co., Philadelphia, von der die schweren Teile in Italien fabriziert sind. Man rechnet mit einem Kohlenverbrauch von maximal 1200 kg/h bei 7500 kcal. Die Feuerung hat Ventilatorzug.

Das Kraftwerk liegt unmittelbar am Meere. Die mit den Schiffen ankommende Kohle kann auf einem Lagerplatz, den Krane und Greifer bestreichen, in einer Menge von 25 000 t gelagert werden. Der Kohlentransport in die Silos von 5000 t Fassungsvermögen geschieht durch Becher- und Bandförderung mit einer Stundenleistung von 140 t.

Vorläufig werden 2 Turbogeneratoren, Fabrikat Brown, Boveri & Cie., von je 25 000 kW und einer von 3125 kW aufgestellt (Endausbau 5 bzw. 2), 8500 V, 3000 U/min, 42 ... 50 Hz. Kühlung durch Meerwasser. Die 2 Transformatoren (Comp. Gen. di Elettricità, Mailand, Endausbau 5) von 28 600 kVA haben eine Übersetzung von 8500/58 000-60 000-62 000/133 000 V und werden von Brown, Boveri, Mailand, geliefert. Abb. 2 zeigt den Längsschnitt des Kraftwerkes, das im Mai 1928 nach rd. 1½-jähriger Bauzeit in Betrieb kam. *Rtz.*

Elektromaschinenbau.

Beiträge zur Theorie des synchronen Einankerumformers unter besonderer Berücksichtigung der Ausgleichvorgänge bei gleichstromseitigen Kurzschlüssen. — Die Untersuchung der Ausgleichvorgänge bei stoßweiser Belastung von Einankerumformern wird unter Vernachlässigung aller Ohmschen Widerstände mit Ausnahme des Widerstandes des Gleichstromnetzes durchgeführt. Hierfür ergibt sich als wichtigste Gleichung der Drehstromseite:

$$\frac{E}{\omega}\sin\alpha = L_2 i'' + N'' \bar{i} + Q\, i_q \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Darin bedeuten:

E Amplitude der Netzspannung,
ω Kreisfrequenz,
α Winkel (in el. Graden), um den die Rotationsspannung des Hauptfeldes dem Netzspannungsvektor voreilt,
L_2 Induktivität } der Querfeldkomponente der Drehstromamperewindungen.
i'' Strom }
N'' Gegeninduktivität der Querfeldkomponenten der Gleich- und Drehstromamperewindungen,
$\bar{i}$ Momentanwert des Gleichstromes,
Q Gegeninduktivität der Querfeldkomponenten der Dämpfer- und Drehstromamperewindungen,
i_q Strom der Querfeldkomponente der Dämpferamperewindungen.

Erfolgt der gleichstromseitige Kurzschluß bei Leerlauf mit richtiger Erregung, so ist vor dem Kurzschluß $\alpha = 0$, $i'' = 0$, $\bar{i} = 0$. Ohne Querfelddämpfung wäre dann zu Anfang des Ausgleichvorganges

$$-\frac{i''}{\bar{i}} = \frac{N''}{L_2} = \varkappa_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2a)$$

Der Wechselstrom würde also während der ersten Periode des Kurzschlusses ebenso schnell ansteigen wie der Gleichstrom, und er würde zu diesem in demselben Verhältnis stehen wie der Sekundärstrom zum Primärstrom eines (sekundär) kurzgeschlossenen Transformators. Wäre

dieses Übersetzungsverhältnis $\varkappa_2$ gleich dem Übersetzungsverhältnis

$$-\frac{i_0''}{\bar{i}_0}=\varkappa_m$$

der Ströme bei stationärer Belastung des Einankerumformers, so würde auf den Anker überhaupt kein Moment ausgeübt werden. Infolge der Streuung und der ausgeprägten Pole ist jedoch $\varkappa_m > \varkappa_2$. Es ergibt sich daher ein Moment entsprechend dem Differenzstrom

$$\Delta\, i'' = \bar{i}\,(\varkappa_m - \varkappa_2),$$

der zur Ausbalancierung der Amperewindungen fehlt. Doch ist dieses Moment bei kleiner Transformatorstreuung nicht sehr groß.

Dieses verhältnismäßig gute Gleichgewicht der Amperewindungen wird durch die Querfelddämpfung vollkommen zerstört. Beim Umformer mit Querfelddämpfung wird nämlich der primäre Stoß der Gleichstromamperewindungen durch zwei Sekundärkreise, die Wechselstromwicklung und die Dämpferwicklung, aufgefangen, wie dies Gl. (1) ausdrückt. Für $\alpha = 0$ ist jetzt

$$i'' + \frac{Q}{L_2}\, i_q = -\frac{N''}{L_2}\,\bar{i}. \quad \ldots\ldots \quad (2\text{b})$$

Nach den Gesetzen für Transformatoren mit drei Wicklungen überträgt sich der primäre Stromstoß $\bar{i}$ auf die beiden Sekundärkreise im umgekehrten Verhältnis der Streuungen, welche diese Stromkreise gegeneinander besitzen. Nun hat gewöhnlich die Querfelddämpfung eine viel kleinere Streuung gegen die Drehstromankerwicklung als umgekehrt die Drehstromseite gegen die Querfelddämpfung. Denn in die Streuung der Drehstromseite geht die Kurzschlußreaktanz des Transformators ein, für welche man im allgemeinen mit Rücksicht auf die Regelbarkeit der Gleichstromspannung einen ziemlich hohen Wert vorschreibt. Die Folge ist, daß der Stromstoß der Gleichstromseite hauptsächlich von der Querfelddämpfung und nur zum geringen Teil von der Drehstromseite aufgefangen wird. Es fließt also viel weniger Leistung aus dem Drehstromnetz nach als auf der Gleichstromseite verbraucht wird, und die Differenz muß der lebendigen Kraft der rotierenden Massen entnommen werden. Die hierdurch ausgelösten Ausgleichvorgänge, die Schwingung des Gleichstroms und die Stabilitätsgrenze des Umformers bei Schutz durch Schnellschalter oder durch gewöhnliche selbsttätige Überstromschalter werden berechnet. (L. Dreyfus, Arch. El. Bd. 21, S. 35.)

Apparate.

Spannungsregelung an Generatoren mit Hilfe von Hochvakuumröhren. — Es werden einige Schaltungen mit Zweielektrodenröhren beschrieben, welche sich zur praktischen Verwendung für die Spannungsregelung an Gleichstrom- und Wechselstromgeneratoren eignen. Die Röhren befinden sich entweder in Reihenschaltung oder in Parallelschaltung zur Feldwicklung des Hauptgenerators oder der Erregermaschine, und die Regelung findet statt, indem die Glühdrahttemperatur von der Klemmenspannung oder von der Generatorbelastung beeinflußt wird. Es wird auseinandergesetzt, daß bei der Beeinflussung der Glühdrahttemperatur durch die Generatorbelastung die erforderliche Röhrenenergie im allgemeinen viel niedriger ist, als wenn die Glühdrahttemperatur nur von der Generatorspannung abhängig gemacht ist. Als für die Praxis am meisten in Betracht kommende Schaltung wird diejenige empfohlen, welche für den Fall eines Wechselstromgenerators im Prinzip in Abb. 3 dargestellt ist und bei der eine Anzahl parallelgeschalteter Zweielektrodenröhren, die je mit einer entsprechenden Signallampe versehen sind, im Nebenschluß der Feldwicklung des Generators oder des Erregers liegt, wobei ein gemeinsamer Widerstand den Zweielektrodenröhren und der Feldwicklung vorgeschaltet ist und der Heizstrom der Zweielektrodenröhren im wesentlichen von der Generatorbelastung beeinflußt wird. Folgende Vorteile dieser Schaltung werden genannt:

1. In erster Linie hat man es in der Hand, mit Hilfe eines Lampensatzes so zu regeln, daß die Generatorspannung bis zur Vollbelastung infolge der Zunahme der Erregung konstant bleibt, daß aber bei starker Zunahme der Belastung über Vollbelastung, z. B. im Falle eines Kurzschlusses, die Erregung stark abnimmt und der Kurzschlußstrom somit verringert wird. Ein besonderer Kurzschlußregler, wie er z. Z. oft angewendet wird, kann also bei dieser Schaltung entbehrt werden.

2. Es kann nicht nur auf konstante Generatorspannung sondern auch auf mit der Belastung ansteigende Spannung geregelt werden. Auch eignet sich die Schaltung für Regelung auf konstanten Strom oder auf starken Spannungsabfall oberhalb einer gewissen Belastung (elektrisches Schweißen, Betrieb von elektrischen Bogenöfen usw.).

3. Die Lebensdauer der Röhren kann groß sein. Bei Regelung auf konstante Spannung müssen die Röhren bei Vollbelastung ihre kleinste Emission geben und, weil man im allgemeinen annehmen kann, daß ein Generator im Durchschnitt mindestens halb belastet ist, folgt hieraus, daß die Belastung der Röhren im Durchschnitt gering und demzufolge ihre Lebensdauer groß ist.

4. Daß mehrere Zweielektrodenröhren parallel geschaltet sind, hat den Vorteil einer großen Betriebsicherheit. Man kann die Schaltung so einrichten, daß bei Versagen einer Röhre die anderen Röhren selbsttätig etwas mehr Strom durchlassen und so der gesamte Röhrenstrom ungeändert bleibt. Die Signallampen, welche z. B. in den Glühstromkreisen angeordnet sind, zeigen sofort das Versagen einer Röhre an.

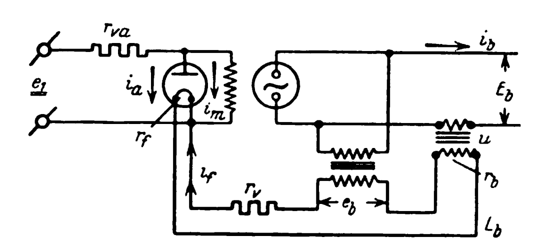


Abb. 3. Schaltung einer Spannungsregler-Vorrichtung mit Zweielektrodenröhre bei einem Wechselstromgenerator.

Weiter kann man die Betriebsicherheit dadurch erhöhen, daß man zu jeder Zweielektrodenröhre eine Ersatzröhre parallel schaltet, die normal nicht oder nur wenig emittiert, während bei Versagen der erstgenannten Röhre der Betrieb der Ersatzröhre sofort und selbsttätig eintritt. Bei Regelung auf konstante Spannung ist die erforderliche Röhrenenergie bei der genannten Schaltung von der Größenordnung der Energie, welche das Feld bei Vollbelastung verbraucht.

Es werden ferner zwei Regelungsanlagen mit Zweielektrodenröhren dargestellt und beschrieben, welche im Betrieb der N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken in Eindhoven (Holland) mit gutem Erfolg praktische Anwendung gefunden haben. Schließlich wird ein Vergleich zwischen Regelung durch Elektronenröhren in der beschriebenen Schaltung und Regelung durch elektromechanische Schnellregler getroffen, u. zw. mit Hinsicht auf folgende Punkte: Regelungsgenauigkeit — Betriebsicherheit — Regelungsgeschwindigkeit — den durch die Regelung herbeigeführten besonderen Energieverlust — Anpassungsmöglichkeit an vorhandene Maschinen. (N. A. J. Voorhoeve, Arch. El. Bd. 21, S. 228.)

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen, Bericht Jan./März 1929[1]. — Nach dem offiziellen Bericht Januar/März 1929 hinderte die andauernde außerordentliche Kälte des verflossenen Winters auch die Fertigstellung der Arbeiten bei der Elektrisierung der Strecke Saalfelden — Salzburg. Im Mallnitzer wie Stubachwerk mußte man sich auf Arbeiten innerhalb der Gebäude, kleinere Nacharbeiten in den Stollen, Zuführung elektrischer und mechanischer Einrichtungen, Räumungen, Abtransporte u. dgl. beschränken. In dem erstgenannten Werke wurde der Zusammenbau der Bahnturbinen nahezu vollendet, der erste Generator fertiggestellt, mit dem Zusammenbau des zweiten begonnen. Die beiden Umspanner wurden auf den Freiluftstand gebracht. Die 6 kV- und die 55 kV-Schaltanlagen sind ebenfalls fast vollendet. Im Stubachwerk setzte man den ersten Hilfsmaschinensatz in Betrieb, ebenso einen Drehstromgenerator, der für den zweiten Satz bestimmt ist. Die beiden restlichen Sätze und die Schaltanlage konnte man unter Spannung setzen und einem vierwöchigen Probebetrieb unterziehen, der tadellos ausfiel, so daß das ganze Kraftwerk Ende Februar der Bundesbahndirektion Innsbruck übergeben und seitdem in die übrigen Stromlieferungsanlagen eingeschaltet werden konnte. Auch die verschie-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 824.

denen Unterwerke gehen ihrer Vollendung entgegen. Es handelt sich um Wald am Arlberg, Wörgl, Kitzbühel, Saalfelden, Schwarzach - St. Veit, Golling und die Schaltstellen Vorder-Stubach und Bruck-Fusch. Auf der Linie Saalfelden—Wörgl sind die gesamten Übertragungs- und Bearbeitungsanlagen betriebsfertig. Nur an einer Umgestaltung der Blockapparate und der bahneigenen Schwachstromanlagen wird noch gearbeitet, während die dem Bunde gehörigen bereits betriebsfertig sind. Aber auch auf der letzten Strecke Saalfelden—Salzburg sind die Bauarbeiten weit fortgeschritten, ein großer Teil der Maste aufgestellt oder wenigstens angeliefert, die Fahrleitungsanlagen der freien Strecken, die Ausrüstung der meisten Bahnhöfe vollendet. Die Verlegung des 60 kV-Kabels durch den Tauerntunnel ist eingeleitet, und auch die meisten Bahnhöfe besitzen schon die fertige Ausrüstung. Ausgenommen hiervon sind Salzburg (Personenbahnhof), Bischofshofen und Zell a. See. Was die Triebfahrzeuge anlangt, so erhöhte sich die Anzahl der abgelieferten Talschnellzuglokomotiven um vier Stück; fünfzehn Stück sind bereits im Betrieb, zehn Stück noch rückständig, Güterzuglokomotiven wurden insgesamt zweiundzwanzig Stück bestellt, von denen zwölf Stück fertig sind. Von den Verschublokomotiven wurden drei abgeliefert, es fehlen noch zwei. Die Einführung elektrischer Zugheizung wurde gefördert, die am Hauptbahnhof Innsbruck errichtete vorläufige Anlage zum elektrischen Vorheizen der Züge wurde übernommen. Im 1. Quartal betrug der Aufwand an Kosten rd. 5,7 Mill S für Neuanlagen, 2,7 Mill S für Lokomotiven. Es ist mit Bestimmtheit zu erwarten, daß im Laufe des Sommers der elektrische Betrieb auf der ganzen Strecke aufgenommen werden wird, so daß man von Salzburg an auf der Westbahn bis zur deutschen, schweizerischen und italienischen Grenze ununterbrochen wird elektrisch fahren können. *Hgn.*

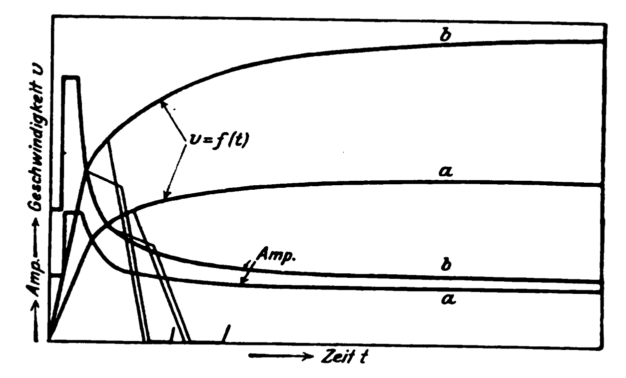
Hohe Reisegeschwindigkeiten. — G. M. Woods zeigt in einer Abhandlung einige Wege, die zu einer Erhöhung der Reisegeschwindigkeit bei Straßenbahnen führen; wie überall zwingt die Wettbewerbsfähigkeit mit anderen Beförderungsmitteln dazu, diese Frage eingehend zu studieren. Daß man dabei in Amerika zu ähnlichen, ja gleichen Ergebnissen kommt wie bei uns, braucht nicht weiter zu verwundern. Nacheinander werden als Mittel zur Erhöhung der Reisegeschwindigkeit angeführt und ihre Wirkung kurvenmäßig dargestellt:

Herabsetzung der Zahl der Haltestellen (gleichbedeutend mit Erhöhung der mittleren Haltestellenentfernung) — Verkürzung des Haltestellenaufenthaltes — Erhöhung der Fahrspannung, sofern dadurch keine Überschlagsgefahr am Motor entsteht — Erhöhung der Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung — Herabsetzung des Triebwagengewichtes und Verkleinerung des Übersetzungsverhältnisses.

Alle diese Mittel bieten nichts eigentlich Neues. Bemerkenswert aber ist die Mitteilung, daß der der Untersuchung zugrunde gelegte Triebwagen mit einem ursprünglichen Gewicht von rd. 18 t mit 4 Motoren von je 50 PS ausgerüstet ist und daher als „much over-motored" bezeichnet wird, hätten doch für bisherige Fahrtverhältnisse je 35 PS ausgereicht. Diese Überdimensionierung ließ eine weitere Verkleinerung des Übersetzungsverhältnisses zu, so daß die Beharrungsgeschwindigkeit nach Anwendung aller genannten Mittel etwa 76 km/h beträgt gegenüber einem früheren Wert von etwa 41 km/h. Die den Untersuchungen beigefügte Abb. 4 zeigt deutlich den Einfluß der mit kleinem Übersetzungsverhältnis gepaarten Überdimensionierung der Motoren. Wie die eingezeichneten Fahrdiagramme beweisen, wird dadurch erreicht, daß die konstante Anfahrbeschleunigung bis zu erheblich höherer Fahrgeschwindigkeit durchgehalten wird als früher, und daß bei der betr. Stationsentfernung die erreichbare Höchstgeschwindigkeit (Beharrungsgeschwindigkeit) bei weitem nicht erreicht wird. Die Abschaltung der Motoren erfolgt also zu einem Zeitpunkt, wo die Beschleunigung im Vergleich zu früher noch erhebliche Größe hat. Eine Überdimensionierung der Fahrmotoren und deren Ausnutzung (hinsichtlich Erwärmung) durch weitestgehende Verkleinerung des Übersetzungsverhältnisses ist also als das Mittel anzusehen, das zu einer erheblichen Vergrößerung der Reisegeschwindigkeit führt, wenn die anderen genannten Wege bereits beschritten sind und eine Steigerung nicht mehr ermöglichen. Diese Erkenntnis ist wohl für die Allgemeinheit völlig neu, für den Fachmann aber eigentlich nur die Folge systematischer Überlegung. Ob es sich lohnt, derartig überdimensionierte Motoren einzubauen, die bei entsprechender Ausnutzung zwar eine hohe Reisegeschwindigkeit, dafür aber nicht nur höhere Stromspitzen beim Anfahren sondern auch höheren Wattstundenverbrauch ergeben, ist eine Frage, die der Verkehrswirtschaftler entscheiden mag. Der Einfluß der einzeln angeführten Mittel auf die Reisegeschwindigkeit ist in Zahlentafel 1 wiedergegeben:

Zahlentafel 1. Einfluß einer Änderung der Betriebsverhältnisse auf die Reisegeschwindigkeit:

Ursprüngliche Verhältnisse bei 230 m Haltestellenentfernung	15,3	km/h	=	rd.	100 %
Verkürzung der Haltezeit von 10 auf 7 s	16,1	„	=	„	105 %
Erhöhung der Fahrspannung von 500 auf 550 V	16,3	„	=	„	106,5 %
Verkleinerung des Übersetzungsverhältnisses von 9:1 auf 7:1	16,6	„	=	„	108,5 %
Erhöhung der Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung von 0,56 auf 1,1 m/s²	20,4	„	=	„	133 %
Herabsetzung des Triebwagengewichtes von 18 t auf 14 t	20,9	„	=	„	136 %
Weitere Verkleinerung des Übersetzungsverhältnisses von 7:1 auf 4,5:1	21,7	„	=	„	142 %



a Ursprüngliche Betriebsverhältnisse
b Mit den in der Zahlentafel 1 aufgeführten Änderungen

Abb. 4. Geschwindigkeits- und Stromverlauf in Abhängigkeit von der Zeit.

Galt es bei uns bisher, die Reisezeit im wesentlichen durch Erhöhung von Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung herabzusetzen, vielleicht auch noch durch Verkleinerung des Übersetzungsverhältnisses und Herabsetzung des Wagengewichtes, so war man doch stets ängstlich bestrebt, mit einem möglichst kleinen, leichten Motor auszukommen und möglichst kleinen Wattstundenverbrauch zu erreichen; ein vielleicht etwas zu reichlich bemessener Motor wurde nur mit Rücksicht auf längere Lebensdauer geschätzt aber selten ausgenutzt; so schien es denn, als ob es kein brauchbares Mittel mehr gäbe, die Reisegeschwindigkeit zu erhöhen, es sei denn, daß man sich bei Stadt- und Untergrundbahnen dazu entschloß, die Zahl der Triebwagen im Zuge zu erhöhen. Entschließt man sich nun, die Motorleistung um 50 % und mehr zu erhöhen und gleichzeitig das Übersetzungsverhältnis soweit herabzusetzen, daß der Motor hinsichtlich Erwärmung ausgenutzt wird, so wird eine Steigerung der Reisegeschwindigkeit die Folge sein, die man auf anderem Wege nicht mehr würde erreichen können. (G. M. Woods, El. Railw. Journ. Bd. 73, S. 237.) *Vgtl.*

Fernmeldetechnik.

Die neuen deutschen Rundfunkwellen. — Am 30. VI. trat im Rundfunk nunmehr endgültig die neue Wellenverteilung nach den Beschlüssen der Prager Funkkonferenz in Kraft. Da in Prag die Wellen im wesentlichen nur nach Ländern verteilt worden sind, waren vor endgültiger Zuteilung der für den deutschen Runfunk in Betracht kommenden Wellen auf die einzelnen Sender zunächst noch verschiedene Ermittlungen nötig, die jetzt abgeschlossen sind. Die deutschen Hauptsender werden vom 30. VI. ab auf folgenden Wellen betrieben:

183,5 kHz	1635 m	Deutschlandsender	923 kHz	325 m	Gleiwitz
563 „	533 „	München	1085 „	276 „	Königsberg i. Pr.
635 „	473 „	Langenberg	1157 „	259 „	Leipzig
716 „	418 „	Berlin	1181 „	253 „	Breslau
770 „	390 „	Frankfurt a. M.	1256 „	239 „	Nürnberg
806 „	372 „	Hamburg	1319 „	227 „	Köln
833 „	360 „	Stuttgart			

Für die deutschen Zwischensender sind folgende Wellen vorgesehen:

527 kHz	572 m	Freiburg i. Br.	1058 kHz	283 m	Berlin O, Stettin, Magdeburg
536 „	560 „	Augsburg — Hannover	1112 „	270 „	Kaiserslautern
662 „	453 „	Aachen — (Danzig)	1220 „	246 „	Kiel — Kassel
887 „	339 „	Bremen	1283 „	234 „	Münster i. W.
941 „	319 „	Dresden	1373 „	218 „	Flensburg

Wie ersichtlich, ist es bei der Verteilung der Einzelwellen möglich gewesen, den Deutschlandsender sowie die Sender München, Langenberg, Gleiwitz, Königsberg i. Pr. und Nürnberg annähernd auf ihren bisherigen Wellen zu lassen. Die Verlegung des Berliner Senders aus seiner Nähe von Langenberg entspricht einem dringenden Bedürfnis. Was den Deutschlandsender betrifft, so ist mehrfach der Wunsch hervorgetreten, ihn von Daventry und Radio Paris wegzuverlegen. Da Deutschland sich nicht des Vorteils begeben kann, in dem Langwellenbereich, der ausschließlich für den Rundfunk bestimmt ist (1550 bis 1875 m), an günstiger Stelle untergebracht zu sein, so ist dieser Wunsch nicht erfüllbar. In Prag ist aber erreicht worden, daß zwischen diesen drei Sendern wenigstens 9,5 kHz liegen und daß der Großsender Charkow, der bisher nahe dem Deutschlandsender arbeitete, verlegt wird. Kleine Abänderungen der oben mitgeteilten Wellenlängen sind voraussichtlich noch zu erwarten. *MRG.*

Neue Telefunken-Wechselstromröhre. — Zur Vervollständigung der Reihe der indirekt geheizten Telefunken-Röhren: REN 1104 als Anfangstufe, RENS 1204 als Schirmgitter-Hochfrequenzröhre, REN 1004 als Widerstandsverstärker, REN 2204 als Lautsprecherstufe, bringt Telefunken unter der Typenbezeichnung REN 804 eine speziell als Audion geeignete indirekt geheizte Röhre heraus. Die REN 804 zeichnet sich durch eine ganz außergewöhnliche Steilheit von 2,3 mA/V aus. Damit ist eine sehr erhebliche Verstärkung verbunden, so daß durch die Verwendung dieser Röhre speziell auch für Fernempfang eine Leistungsteigerung erzielt werden kann. Aus den nachstehenden Daten ist ersichtlich, daß die REN 804 auch in Hochfrequenzstufen und bei sachgemäßer Berücksichtigung des großen Verstärkungsfaktors auch in der ersten Niederfrequenzstufe verwendet werden kann.

Heizspannung	3,8 ... 4 V	Steilheit	2,3 mA/V
Heizstrom	1,1 A	Innerer Widerstand	7000 Ω
Anodenspannung	40 ... 200 V	Emission	40 mA.

fi

Hochspannungstechnik.

Reihenkapazitäten in einer Hochspannungsleitung. — Die New York Power and Light Corporation hat im Frühjahr 1928 bei Ballston eine neuartige Anlage, bestehend aus Reihenkapazitäten zur Kompensation der Leitungsinduktivität, in Betrieb genommen, die wegen ihrer vorteilhaften Betriebsergebnisse Beachtung verdient. In einer Drehstromleitung für 33 kV ist in jede Phase je eine Kapazität von 110 mF mit einer Durchgangsleistung von 415 kVA, 132 A bei 60 Hz und Vollast eingeschaltet. Damit ließ sich der Belastungsstrom auf 67 A gegenüber bisher 33 A steigern; zugleich erhöhte sich die Spannung in Ballston, welches zwischen dem Kraftwerk Spier Falls und der Abnahmestelle Amsterdam liegt, erheblich. Bei völliger Kompensation der Leitungsinduktivität werden Kurzschlußströme nur durch den Ohmschen Leitungswiderstand und die Systemreaktanzen begrenzt. Jede der für 415 kVA und 3170 V bemessenen Kapazitätseinheiten ist in der für Starkstromkondensatoren bekannten Weise aus Elementen aufgebaut, mit ölgetränktem Papier isoliert, in Kästen eingeschlossen und gegen Erde für 33 kV isoliert. Die Ölkästen stehen im Freien. Die außerordentlich geringen Verluste betragen je Phase 750 W bei Vollast.

Bei einem Kurzschluß auf der Lastseite würde der Kondensator an die Netzspannung gelegt; um das zu vermeiden, ist eine Spezialfunkenstrecke mit halbkugelförmigen Elektroden entwickelt, welche starke Kurzschlußlichtbogen bewältigen kann; diese Funkenstrecke ist zusammen mit einem kräftigen Blasmagneten auf dem Tankdeckel untergebracht. Die Funkenstrecke spricht an, wenn der normale Spannungsabfall an dem Kondensator um 50 % überschritten wird; durch Stromrelais wird ein Schnellschalter ausgelöst, welcher innerhalb von etwa 0,01 s einen Nebenschluß für den Kurzschlußstrom herstellt. Sobald der normale Netzstrom wieder fließt, schaltet der Schnellschalter den Kondensator wieder betriebsfähig. Ein vom normalen Strom im Kondensator und von der normalen Spannung an ihm abhängiges Impedanzrelais betätigt im Fall eines Durchschlags im Kondensator ebenfalls den Schnellschalter, der dann alle drei Kondensatoreinheiten kurzschließt. Bei Versuchen zur Prüfung der Wirksamkeit der Schutzvorrichtung mit Kurzschlußströmen bis zu 10 000 A bewährte sich diese in vollem Umfange.

Die mit derartigen Reihenkondensatoren erreichbaren betriebstechnischen Vorteile — Steigerung des normalen Belastungstromes, neue Regelungsmöglichkeiten der Spannung — dürften in Zukunft von großer Bedeutung für die weitere Vervollkommnung der Wechselstromkraftübertragung werden. (E. K. Shelton, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 432.) *Eg.*

Dielektrische Werte von „Pyrex". — Pyrex ist eine besonders hitzebeständige, hauptsächlich für Laboratoriumsgeräte verwendete amerikanische Glassorte. An der Harvard-Universität war bereits beobachtet worden, daß der Leistungsfaktor und die Kapazität von Pyrex sich wesentlich weniger mit der Temperatur änderten als bei gewöhnlichem Glas. Es wurden deshalb an einer Platte aus Pyrex A, das für chemische Gefäße bestimmt ist, Messungen vorgenommen. Die Platte war 20,3 cm im Quadrat und 14,1 mm dick. Beide Oberflächen wurden sorgfältig versilbert und ein Ring mit 1,6 mm radialer Breite aus dem Silberbelag geschnitten. Dies ergab eine Elektrode mit 113 cm² Fläche und den Schutzring. Die Prüfung erfolgte in einer Hochspannungsbrücke nach Abb. 5. C_1 ist der Luft-Normalkondensator mit 0,12 nF Kapazität. R_3 bringt die Schirmung des Normalkondensators und des Vibrationsgalvanometers G auf das gleiche Potential wie die Niederspannungselektrode des Luftkondensators. C_2 ist der Prüfling, R_2 und die Primärwicklung des Variometers M liegen in Reihe mit ihm und bilden den andern Arm der Brücke. R_4 bringt den Schirmring der Niederspannungselektrode von C_2 auf dasselbe Potential wie die Elektrode. Die Versuche wurden alle mit 5 kV oder 3,54 kV/cm durchgeführt für Temperaturen von 14 ... 71° und Frequenzen von 15 ... 85 Hz. Sie erstreckten sich auf Bestimmung der Verluste, des Leistungsfaktors und der Dielektrizitätskonstante. Es ergab sich folgendes:

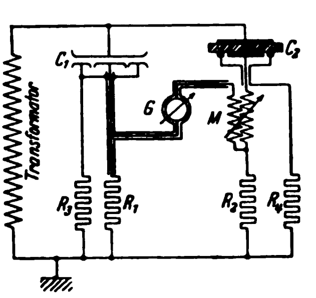


Abb. 5. Schaltung zur Verlustmessung an Glasscheiben.

1. Die Dielektrizitätskonstante nimmt im Temperaturbereich von 10 ... 71° linear zu von etwa 4,83 ... 5,02. Bei hoher Temperatur steigt sie rascher als linear. Sie nimmt mit steigender Frequenz etwas ab, z. B. bei 14° von 4,85 bei 20 Hz auf 4,83 bei 80 Hz.
2. Der Leistungsfaktor nimmt mit der Temperatur rasch zu, z. B. bei 60 Hz von $4,1 \cdot 10^{-3}$ bei 10° auf 7,0 bei 41°, 16,0 bei 70°. Mit steigender Frequenz nimmt er ab, z. B. bei 59° von $16 \cdot 10^{-3}$ bei 20 Hz auf $11,3 \cdot 10^{-3}$ bei 85 Hz.
3. Die Leistungsverluste (μW/cm³) nehmen proportional der Frequenz zu. Die Versuche ergeben aber das merkwürdige Resultat, daß die Verluste bei der Frequenz Null noch positiv bleiben. Die Verlustmessung bei Gleichspannung konnte mangels ausreichend empfindlicher Apparate nicht ausgeführt werden.

Das Material erscheint geeignet als Bezugsnormale bei der Prüfung weniger vollkommener Dielektrika. (C. L. Dawes u. P. H. Humphries, El. World Bd. 91, S. 1331.) *Kth.*

Ausbreitungswiderstand kurzzeitig überlasteter Erder. — Bei der Bemessung und Prüfung von Erdern in Starkstromanlagen setzt man ein homogenes Erdreich voraus, das eine definierte Ohmsche Leitfähigkeit besitzt. Man kann auf Grund dieser Annahme die Erdleitfähigkeit rückwärts aus Strom- und Spannungsmessung mit Gleichstrom oder technischem Wechselstrom bestimmen. Da der Erdboden körnige Struktur aufweist, ist zu erwarten, daß er bei hohen elektrischen Feldstärken dem Ohmschen Gesetz nicht mehr gehorcht sondern seine Leitfähigkeit dann stark anwächst (man denke an das Verhalten von Silitstäben). Eine derartige Eigenschaft des Erdbodens besitzt beträchtliches technisches Interesse für die Beurteilung von Überspannungs-Schutzapparaten; denn diese leiten während des Funkenüberganges kurzzeitig recht starke Ströme von mehreren hundert Ampere zur Erde ab. Diese Frage wurde seitens der General Electric Company durch Kathodenstrahl-Oszillogramme geklärt. Mittels einer Stoßapparatur wurde der in Abb. 6 dargestellte Spannungstoß erzeugt, welcher auf die Erdung direkt einwirkte. Der Widerstand wurde aus oszillographisch aufgenommenen Strom-Spannungscharakteristiken bestimmt. In Abb. 7 ist der typische Verlauf einer solchen Kurve wiedergegeben. Man erkennt, daß die bei einem konstanten Widerstand eindeutig festliegende Gerade hier in eine Schleife auseinandergezogen

wird, deren oberer Ast beim Stromanstieg durchlaufen wird, während der untere dem Absinken des Stromes entspricht. Der für jede Spannung wirksame Widerstand ergibt sich aus der zugehörigen Neigung der Charakteristik. Man findet anfangs praktisch mit der üblichen Niederfrequenzmessung übereinstimmende Werte; dagegen nimmt der Widerstand dann, wie zu erwarten, rasch ab und besitzt beim Maximalwert des Stromes nur noch etwa 50 bis 80% seines Anfangswertes; beim Zurückgehen des Stromes sinkt dieser Wert noch weiterhin ab. Die Ursache für die erhebliche Widerstandsreduktion wird in kleinen Funken und Lichtbogen erkannt, welche beim Auftreten hoher

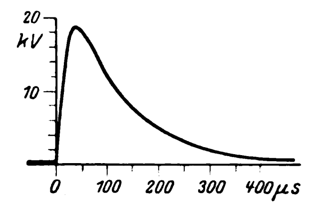


Abb. 6. Zeitlicher Verlauf der Prüfspannung für Erdungsmessungen.

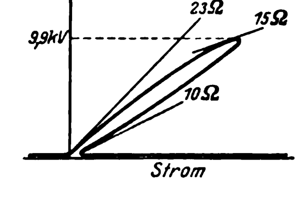


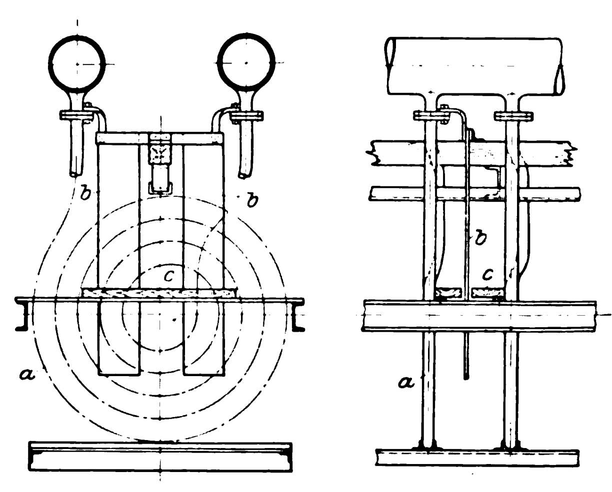
Abb. 7. Typischer Verlauf der Strom-Spannungs-Charakteristik eines Erders. Aufnahme mit Kathodenstrahl-Oszillograph.

Spannungswerte (bis zu rd. 30 kV) am Erder zwischen den einzelnen Körnern des Erdbodens überspringen und hierdurch einen innigen Kontakt zwischen ihnen herbeiführen. Allerdings sind die Einzelheiten dieses Vorganges noch nicht geklärt, und es wäre falsch anzunehmen, daß die Widerstandsreduktion dem Höchstwert der Stoßspannung proportional ist. Obwohl auf Grund der Kathodenstrahl-Oszillogramme die Erniedrigung des Widerstandes feststeht, ist die Größenordnung des Effektes zu gering, um daraufhin den statischen Erdwiderstand von Überspannungs-Schutzapparaten höher zu bemessen als es mit Rücksicht auf seine dynamische Wirksamkeit notwendig ist. — Leider hat man es versäumt, Kontrollversuche mit hohen Strömen niedriger Frequenz zu machen, so daß es nicht möglich ist, den Einfluß der Feldstärke von dem Einfluß der Frequenz zu trennen; doch scheint es, als ob es sich um einen überwiegenden Feldeffekt handelt. (H. M. Towne, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 605.) *Oldff.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Anfressungen von Transformator-Kühlschlangen. — An wassergekühlten Transformator-Kühlschlangen, ihrem Traggerüst, den gußeisernen Wasser-Zu- und -Abflußrohren und den Kühlgruben-Besteigsprossen treten manchmal trotz guten Anstrichs oder Feuerverzinkung allmählich bedrohliche Anfressungen auf. Wird nicht wirksame Abhilfe geschaffen, so führen die Anfressungen mit der Zeit unbedingt zu empfindlichen Betriebstörungen und verursachen beträchtliche Instandsetzungskosten. Anstriche helfen nicht immer, weil der Leinölfarbfilm durchlässig ist und außerdem von alkalischen Lösungen verseift wird, so daß der Film runzelig und leicht abziehbar wird. Am besten wäre noch säurefreie Teerfarbe. Die Erneuerung des Anstriches ist aber umständlich und langwierig, da peinliches Entrosten und Säubern der Flächen vorausgehen muß; auch muß man auf vollkommenes Erhärten sowohl des Grund- wie auch des Deckanstriches achten; meist müssen zu diesem Zweck die Schlangen der Reihe nach ausgebaut und wieder eingesetzt werden. Man hat daher nach anderen Mitteln gesucht und sich zu diesem Zweck mit der Ursache der Zerstörungen näher beschäftigt, als welche man Elektrolyse gefunden hat. Während man früher das Rosten für einen rein chemischen Vorgang hielt, sieht man neuerdings darin zunächst einen elektrolytischen Prozeß. Eisen in feuchter Luft bei gleichbleibender Temperatur rostet beispielsweise nicht sondern erst wenn bei Rückgang der Temperatur der Wasserdampf auf dem Metall kondensiert. Die Wasserhaut wirkt dann als Elektrolyt und das Eisen sendet in den Elektrolyten Kationen aus, während der Elektrolyt an das Eisen Anionen abgibt. Es kommt somit zu einer negativen Aufladung des Eisens und zur Bildung von elektrisch neutralem Wasserstoff neben Ferrohydroxyd. Die Voraussetzung hierfür, daß der Lösungsdruck des Eisens größer, das heißt sein Spannungswert im Elektrolyten unedler ist als der des Wasserstoffs, trifft bei den meisten technischen Wassern zu. Der Vorgang würde bald ins Gleichgewicht und zum Stillstand gebracht werden durch den osmotischen Gegendruck der in Lösung gegangenen Ionen, wenn nun nicht das eigentliche Rosten auftreten würde. Durch den Sauerstoff der Lösung geht nämlich das Ferrohydroxyd in Ferrihydroxyd, in den sogenannten Rost über. Das letztere fällt, weil im Wasser unlöslich, aus, so daß die Lösung nicht mehr gesättigt ist. Infolge des Sinkens des osmotischen Gegendruckes gehen neuerdings Eisenionen in Lösung, und das Spiel setzt sich solange fort wie Sauerstoff vorhanden ist. Die Erfahrung, daß Erhöhung der Temperatur sowie Bewegung der Lösung den Zerstörungsvorgang fördern, wurde durch Versuche bestätigt.

Aus dieser Auffassung des Vorganges ergibt sich ohne weiteres ein Gegenmittel. Wenn Eisen in einem Elektrolyten mit einem anderen Metall in Berührung steht, so wird je nach der Stellung der Metalle in der elektrischen Spannungsreihe zueinander entweder das Eisen oder das andere Metall angegriffen. Wählt man folglich aus der Spannungsreihe ein zu Eisen unedleres Metall heraus, so kann man erreichen, daß statt des Eisens das andere Metall in Lösung geht. Hiermit ist der Schutz des Eisens gegeben. Als unedleres Metall kommen in Frage Magnesium, Mangan und Zink, praktisch nur letzteres. Feuerverzinkung ist nun durchweg nicht zu empfehlen, weil sich an der Grenzfläche das Zink mit dem Eisen zu $FeZn_3$ legiert, das ein edleres Potential hat als das Eisen. Die über dieser Verbindung liegende Zinkschicht hat dagegen ein erheblich unedleres Potential sowohl zu der Legierung als auch zum Eisen. Aus diesem Grunde würde das Eisen nur solange vor dem Rosten bewahrt bleiben, als das Zink bzw. das $FeZn_3$ noch in dichter Schicht aufliegt. Zink wird aber von den meisten Wassern infolge ihres Gehaltes an freier Kohlensäure, Chloriden, Nitraten und Sulfaten allmählich aufgelöst.



a Kühlschlange b Zinkplatte c Distanzbrettchen

Abb. 8. Anbringung von Zinkplatten an Kühlschlangen.

Man ordnet daher am besten gemäß Abb. 8 Zinkplatten an, die man zwischen den Kühlschlangen einhängt und jede davon einmal leitend mit der dazugehörenden Schlange verbindet. Durch Brettchen verhindert man im übrigen eine weitere Berührung der beiden Metalle. Die Werte, die man an einem Zn-Fe-Element mißt, liegen in der Größenordnung von etwa 0,2 V und 0,01 A. Der Verbrauch an Zink ist ganz geringfügig und spielt gegenüber den auf diese Weise vermiedenen Reparaturen und Betriebsstörungen gar keine Rolle. Die erforderliche Fläche an Schutzmetall (etwa 20 % der zu schützenden Fläche) kann auch leicht so untergebracht werden, daß die Zinkplatten während des Betriebes bequem gereinigt und ausgewechselt werden können. (H. Eichhorn, Elektrizitätswirtsch. Bd. 27, S. 457.) *Ka.*

Verschiedenes.

Neue Normblätter des DNA. — Rohrleitungen: DIN 2432 Gußeiserne Muffendruckrohre für Nenndruck 10, Betriebsdruck: W 10. — 2437 Gußeisenmuffen für Nenndruck 10, Betriebsdruck: W 10, Konstruktionsblatt.

Bauwesen: DIN 1058 Ausführungsbestimmungen zu den Grundlagen für die Berechnung der Standfestigkeit hoher, freistehender Schornsteine DIN 1056.

Hauswirtschaft: DIN 4561 Metallbetten, Innenmaße. — 4562 Holzrahmenmatratzen, Außenmaße. — 5110 Zylindrische Honiggläser.

Kraftfahrbau: DIN KrV 405 Stoßfänger, Ausführung, Lage und Hauptabmessungen. — Vornorm KrW 550 Lenkradkränze, Profile, Fingerrillen.

Textilindustrie: DIN TEX 301 Kartenschnur. — TEX 4651 Picker für Jutewebstühle.

Eisenbahnwesen: DIN 1554 Rohe Radreifen für Vollspurbahn-Fahrzeuge. — 1555 Rohe Radreifen für Schmalspurbahn-Fahrzeuge. — 1556 Rohe Radreifen mit schwachem Spurkranz für Industriebahn-Fahrzeuge. — 1557 Rohe Radreifen mit verstärktem Spurkranz für Industriebahn-Fahrzeuge.

Phototechnik: DIN 4504 Kopierrahmen, Einlagemaße, Einlegebretter. — 4505 Trockenplatten, Abmessungen.

Bergbau: DIN Vornorm BERG 2471 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Zugvorrichtung mit 500 mm Pufferhöhe für Lokomotiven, Zusammenstellung. — Vornorm BERG 2472 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Stoßvorrichtung mit 500 mm Pufferhöhe für Lokomotiven, Zusammenstellung. — Vornorm BERG 2474 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Zugvorrichtung mit 500 mm Pufferhöhe, Zuggabel, Scheibe, Zugstange — Vornorm BERG 2475 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Zugvorrichtung für 500 mm Pufferhöhe, Zughaken. — Vornorm BERG 2476 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Zugvorrichtung für 500 mm Pufferhöhe, Zugbrücke, Kupplungsbügel. — Vornorm BERG 2477 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Stoßvorrichtung für 500 mm Pufferhöhe, Pufferbohle, Anschlußmaße. — Vornorm BERG 2478 Elektrische Grubenbahnen 900 mm Spurweite, Stoßvorrichtung für 500 mm Pufferhöhe, Pufferstange, Scheibe, Pufferstangenführung.

Materialprüfungen: DIN DVM 2125 Teerdachpappen, einseitig besandet. — DVM 2126 Nackte Teerpappen. — DVM 2127 Tränkmassen für nackte Teerpappen.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Keine Frankfurter Herbstmesse 1929. — Nach einem Beschluß des Aufsichtsrats der Messe- und Ausstellung G. m. b. H., Frankfurt a. M., findet, wie die Ind. Handelszg. berichtet, in diesem Jahr die Herbstmesse nicht statt; für 1930 soll die Veranstaltung geeigneter Fachmessen und Fachausstellungen ins Auge gefaßt werden.

Internationale Ausstellung für Radio und Sprechmaschinen, Freiburg 1929. — Zu der vom 7. bis 15. IX. stattfindenden Ausstellung werden alle Hersteller-, Handels- und Verkaufsfirmen von Radioapparaten und -zubehör sowie von Sprechmaschinen, ferner staatliche Unternehmungen aller Länder, Sendestellen für drahtlose Telegraphie, Rundspruch, Telephotographie, Funkpeilung und die internationalen Fachanstalten zugelassen. Die Anmeldung ist bei dem Sekretariat der Ausstellung (Freiburg, Postfach 68) bis zum 15. VII. einzureichen.

Internationale Radioausstellung Bukarest 1929. — Dieses hier schon mehrfach erwähnte Unternehmen[1] soll nach neueren Mitteilungen in der Zeit vom 1./20. IX. stattfinden.

Internationale Mustermesse Saloniki 1929. — Der Reichswirtschaftsminister hat nach einer Mitteilung des Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amtes Veranlassung genommen, das Interesse der deutschen Geschäftswelt auf dieses Unternehmen[1] zu lenken, das seit mehreren Jahren mit steigendem Erfolg abgehalten werde. Der Minister ist der Auffassung, daß auch deutscherseits der Versuch gemacht werden müßte, die Messe in Saloniki mehr als bisher zur Ausbreitung der Handelsbeziehungen auf dem Balkan zu benutzen, und bittet, zu erwägen, ob sich die deutschen Firmen, die sich an der Messe beteiligen wollen, nicht zu einer gemeinsamen Ausstellung in einem deutschen Pavillon vereinigen könnten. Er möchte glauben, daß die zur Beschickung erforderlichen, im Vergleich zu der anderer Ausstellungen geringen Mittel in Anbetracht der Tatsache nicht gescheut werden sollten, daß das stärkere Erscheinen Deutschlands auf der Messe ein nicht zu unterschätzendes Propagandamittel für die deutsche Wirtschaft auf dem gesamten Balkan sein werde.

Die Schweißtechnik auf der 5. Gießereifachausstellung Düsseldorf 1929. — Die vom Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, vom 4. bis 22. IX. in den großen Ausstellungshallen der Stadt Düsseldorf vorgesehene Ausstellung wird auch eine besondere schweißtechnische Abteilung umfassen, u. zw. eine „lebende Schau", also mit Vorführungen, an der sich die junge schweißtechnische Industrie fast vollzählig beteiligt. Nähere Auskunft erteilt Dr.-Ing. H. Neese, Berlin-Zehlendorf 1.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 826.

Ausstellung für chemisches Apparatewesen, Frankfurt a. M. 1930. — Die Achema VI findet vom 10. bis 22. VI. 1930 in Frankfurt a. M. statt.

Energiewirtschaft.

Der Leistungsfaktor in den Betrieben der Siemenswerke. — G. Schönwald und M. Irion berichten über die Maßnahmen, um den Leistungsfaktor der Siemenswerke so zu verbessern, daß je nach den vorliegenden Stromlieferungsverträgen ein wirtschaftliches Optimum erreicht wurde. Es wird gezeigt (Abb. 6), wie sich für die Werke in Siemensstadt ein Leistungsfaktor von im Mittel 0,9 dadurch erzielen ließ, daß der schlechte Leistungsfaktor zahlreicher Kleinstmotoren durch Aufstellung von Gleichrichtern, Einanker- und übererregten Kaskadenumformern an anderen Stellen kompensiert werden konnte. Die Kurven wurden mit einem registrierenden Meßgerät aufgenommen, dessen Schreibfeder abwechselnd Wirk- und Blindleistung einzeichnet. In der Abb. 6 sind die Blindleistungen für 0,8 und 0,9 Leistungsfaktor gestrichelt eingetragen, und man sieht sinnfällig, zu welchen Tageszeiten die Blindleistung besser oder schlechter ist, als einem Leistungsfaktor von 0,9 entspricht.

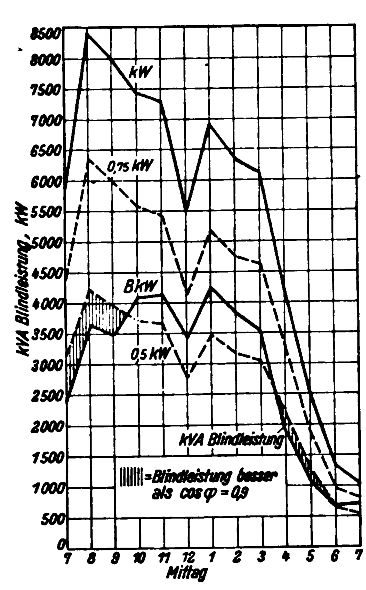


Abb. 6. Die Leistung in kW und BkW wird durch das Registrierinstrument gleichzeitig eingezeichnet. Eine Blindleistung von 0,75 kW bzw 0,5 kW (gestrichelt eingezeichnet) entspräche einem Leistungsfaktor von 0,8 bzw. 0,9.

Es wird dann ferner an Hand eines Schaubildes (Abb. 7) gezeigt, wie es möglich war, in dem Metallwerk der Siemens-Schuckertwerke in Gartenfeld dessen Gesamtleistungsfaktor dadurch zu verbessern, daß die Antriebsmotoren der Walzstraßen kompensiert wurden.

Schließlich besprechen die Verfasser noch die Maßnahmen, die in den nicht Berliner Siemens-Schuckertwerken getroffen wurden, um dort den Leistungsfaktor zu verbessern. Wieweit er wirtschaftlich verbessert werden

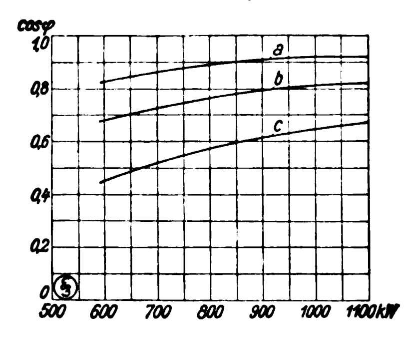


Abb. 7. Leistungsfaktor in einem Metallwalzwerk (c: Leistungsfaktor des Werkes ohne Kompensation; b u. a: Leistungsfaktor nach dem ersten und nach dem endgültigen Ausbau der Kompensierung.

soll, hängt von den Stromlieferungsverträgen ab. Die Leistungsfaktorklausel erscheint entweder in der Arbeitsgebühr oder in der Leistungsgebühr oder in beiden. Unter Berücksichtigung der Stromlieferungsverträge wird die Abschreibung der Anschaffungskosten der Leistungsverbesserungseinrichtungen in den verschiedenen Werken erörtert; sie ist je nach dem Stromlieferungsvertrag in sieben Monaten bis zwei Jahren erreicht worden. (Siemens-Z. Bd. 8, 1928, S. 678.) *Sch.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Das Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerk A.G., Essen, liefert seit dem 1. VII. seinen Abnehmern auf Antrag die Elektrizität für die nur im Privathaushalt zur Verwendung kommenden Apparate (Wärmegeräte, Staubsauger, Bohner, Waschmaschinen, Küchen-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 945.



motoren usw.) zu einem etwa dem halben Kraftstromsatz entsprechenden Vorzugspreis, der in Gemeinden ohne Finanzaufschlag z. Z. 8 Pf, in solchen mit 15 % Finanzaufschlag 9 Pf/kWh beträgt. Von diesem neuen Haushalttarif kann aber ein Konsument, der in Verbindung mit seinem Haushalt ein Geschäft oder eine Landwirtschaft betreibt und den Strom durch einen gemeinsamen Zähler bezieht, nur Gebrauch machen, wenn die bezüglichen Installationen getrennt und an besondere Zähler angeschlossen werden. Für Beleuchtung bleibt der bisherige Tarif mit 33⅓ bzw. 38⅓ Pf/kWh in allen Gemeinden bestehen; Beleuchtungskörper dürfen an den Haushaltungszähler nicht angeschlossen werden. Eine weitere Vergünstigung genießen Abnehmer, die durch Anschluß von Elektrowärmegeräten jährlich mindestens 1000 kWh zum Haushalttarif verbrauchen, dadurch, daß ihnen der nach dem Lichtzähler gemessene Lichtstrom während der Monate April bis September nur zu dem normalen Kraftstrompreis, d. h. z. Z. mit 15⅗ Pf/kWh in Gemeinden ohne Finanzaufschlag und zu 18⅓ Pf in solchen mit Finanzaufschlag berechnet wird. Für die Bereithaltung eines besonderen Haushaltungszählers erhebt die Gesellschaft eine monatliche Gebühr von 50 Pf. Außerdem können die Abnehmer die Kosten für Installationen und Kochgeräte nach einer Anzahlung von 10 % in 18 gleichen Monatsraten abtragen. Zur Deckung der Verwaltungsunkosten, Zinsen, Ausfälle usw. wird auf die Verkaufspreise einschl. Anzahlung ein Aufschlag von 5 % erhoben.

Im Geschäftsbericht 1928 weist die Gesellschaft für elektrische Unternehmungen, Berlin, auf den im genannten Jahr eingetretenen fühlbaren Rückschlag im wirtschaftlichen Leben Deutschlands hin, den man auch daraus ersehen könne, daß der Zuwachs der Stromlieferung ihrer über ganz Deutschland verteilten Elektrizitätswerke gegen das Vorjahr von 27,5 % in 1927 auf rd. 13,5 % gefallen sei. Wenn die Gesamtabgabe in der deutschen Elektrizitätswirtschaft für das Berichtsjahr nach ihren eigenen Zahlen eingeschätzt werde, dürfe man mit rd. 15 Mrd kWh und etwa 225 kWh je Kopf der durch öffentliche Elektrizitätswerke versorgten Einwohner rechnen. Ein Vergleich mit den V. S. Amerika zeige, daß uns demnach in Deutschland noch gewaltige Aufgaben auf elektrizitätswirtschaftlichem Gebiet bevorständen, die aber nur dann gelöst werden könnten, wenn neben der Behebung außen- und innenpolitischer Schwierigkeiten auch in der Elektrowirtschaft die Erkenntnis von der unbedingten Notwendigkeit der Zusammenfassung und Vereinheitlichung Platz greife. Beteiligungen an dem Übernahmekonsortium für junge Chade-Aktien und der bekannten Sofina-Transaktion[1] hat die Gesellschaft nebst einem kleinen Besitz an ausländischen Aktien mit Nutzen veräußert; sie ist z. Z. mit Vorarbeiten für einige größere ausländische Projekte beschäftigt, vermochte aber am Schluß des Geschäftsjahres noch nicht zu sagen, ob sich diese verwirklichen werden. Die nutzbare Stromabgabe der Elektrizitätswerke und Straßenbahnen, an denen sie beteiligt ist, betrug ohne Polnisch-Oberschlesien 3074,968 Mill kWh. Aus laufenden Erträgen ergaben sich 10 105 609 RM (8 343 948 i. V.), aus Effektenverkäufen 1 025 876 RM Gewinn. Bei einem erzielten Reingewinn von 6 473 950 RM (6 216 372 i. V.) wurden wieder 10 % Dividende auf nunmehr 55,289 Mill RM ausgeschüttet (Gesamtaktienkapital 75,01 Mill RM). Wie in der G. V. bemerkt wurde, gehört die Gesellschaft dem Garantiekonsortium der Chade entsprechend ihrer aktienmäßigen Beteiligung weiter an, dagegen ist sie aus dem s. Z. gegründeten Sofina-Syndikat ausgetreten, weil sie bei ihrem geringen, nunmehr veräußerten Besitz an Anteilen auf dieses und seine Geschäfte keinen Einfluß ausüben konnte. Eine aktienmäßige Verbindung mit der Sofina besteht daher nicht mehr.

Die durchschnittlich gute weitere Entwicklung ihrer Beteiligungen im Geschäftsjahr 1928/29 und die Auswirkung der in den letzten Jahren im eigenen Betrieb wie bei den Tochtergesellschaften durchgeführten Umstellungen und Rationalisierungen haben der Elektrizitäts-A.G. vormals Schuckert & Co., Nürnberg, gestattet, bei einem Reingewinn von 6 523 180 RM (4 637 839 i. V.) auf 50 590 Mill RM dazu berechtigtes Stammaktienkapital 11 % Dividende zu verteilen (8 % i. V.). Da über die einzelnen Beteiligungen des Unternehmens an dieser Stelle größtenteils gesondert berichtet wurde bzw. wird, sei nur erwähnt, daß die kleinen Fabrikationsbetriebe, die Beldam-Werke, Maschinen- und Apparatefabrik A. G., die Beton-Schleuderwerke A. G. und besonders die „Noris" Zünd-Licht A. G., sämtlich in Nürnberg, gegen das Vorjahr erhöhte Umsätze zu verzeichnen hatten. Die zusammen mit S & H 1926 gegründete Süddeutsche Polizeiruf- und Zeitdienst G. m. b. H., Nürnberg, betreibt z. Z. mit gutem Erfolg Polizeiruf- und Uhrenanlagen in verschiedenen süddeutschen Städten. Der Geschäftsgewinn der Berichterstatterin betrug 7 756 597 RM (5 509 727 i. V.), das Gesamtaktienkapital 60 Mill RM. In der G. V. wurde auf das Übereinkommen mit der Elektrische Licht- und Kraft-Anlagen A. G., Berlin, hingewiesen[1] und festgestellt, daß die Entwicklung der Beteiligungen im laufenden Jahr, soweit sich die Ergebnisse bisher übersehen ließen, den Verhältnissen entsprechend noch immer befriedige.

Die Geschäftserträgnisse der Elektra, A. G., Dresden, betrugen 1928 mit Zinsen 2 379 675 RM (2 482 790 i. V.) und der Reingewinn 1 915 239 RM (1 909 438 i. V.). Hieraus hat die Gesellschaft wieder 12 % Dividende auf 15 Mill RM Aktienkapital zur Verteilung gebracht. Die Verwaltung glaubt auch weiterhin mit einer günstigen und gleichmäßigen Entwicklung der Elektra rechnen zu können.

Bei allen Unternehmungen der Allgemeinen Lokalbahn- und Kraftwerke-A.G., Berlin, haben Stromabsatz und Verkehr 1928 weiter, u. zw. teilweise beträchtlich zugenommen, doch sind die Mehreinnahmen größtenteils durch das im Verhältnis noch stärkere Anwachsen der Betriebskosten aufgezehrt worden. Aus Anlagen und Beteiligungen wurden 3 707 118 RM (3 832 322 i. V.), an Zinsen und sonstigem 1 045 956 RM (710 972 i. V.) eingenommen. Der Reingewinn von 2 506 813 RM (2 104 516 i. V.) gestattete wieder 12 % Dividende auf nunmehr 18 Mill RM Stammaktienkapital.

RECHTSPFLEGE.

Ist Entgelt für die Benutzung von Straßen durch Stromleitungen sowie Entgelt für das ausschließliche Recht zur Abgabe von Elektrizität abzugsfähige Betriebsausgabe? — Ein Elektrizitätswerk bezahlt an die Gemeinden des von ihm mit Licht- und Kraftstrom belieferten Bezirkes eine bestimmte Abgabe dafür, daß ihm das Recht eingeräumt wurde, über Straßen, Wege und Plätze die Stromleitungen zu führen und als einziges Unternehmen in diesem Bezirke zur Abgabe von Elektrizität ermächtigt zu sein. Bei Berechnung des Gewerbesteuersolls stellte sich das Werk auf den Standpunkt, daß dieses an die Gemeinden geleistete Entgelt „abzugsfähige Betriebsausgabe" sei und folglich abgesetzt werden müsse. Der Gewerbesteuerberufungsausschuß verneinte die Abzugsfähigkeit unter Hinweis auf § 5 Abs. II der Gewerbesteuerverordnung. Das zur Entscheidung angerufene OVG. bekannte sich mit Urteil v. 23. X. 1928 — VIII G. St. 2. 28 — zu folgender Auffassung: Der Vertrag, durch den dem Werke die Benutzung von Straßen, Wegen und Plätzen zur Leitungsführung eingeräumt ist, stellt sich als ein Miet- oder Pachtvertrag dar. Die Überlassung des zur Stromführung erforderlichen Raumes in Straßen und auf Plätzen hat im übrigen auch das RG. in mehreren Entscheidungen als den möglichen Gegenstand eines Miet- oder Pachtvertrages bezeichnet (RG-Entsch. Bd. 97, S. 18, 22; Bd. 108, S. 204). Demgemäß ist das Entgelt für das Straßenbenutzungsrecht Miet- oder Pachtzins. Da nach § 5 Abs. II GewStVdg. solche Ausgaben nicht zu den abzugsfähigen Betriebsausgaben gehören, können sie bei Berechnung des Gewerbesteuersolls auch nicht abgesetzt werden. Dagegen ist eine vertragliche Abgabe, die dafür bezahlt wird, daß dem Werk das ausschließliche Recht zur Abgabe von Elektrizität im Bezirke der Gemeinden von diesen eingeräumt wurde, nicht Miet- oder Pachtzins, denn es fehlt diesem Vertragsverhältnis jedes Kriterium eines Miet- oder Pachtvertrages. Das Entgelt für ein solches Ausschließlichkeitsrecht ist als abzugsfähige Betriebsausgabe anzusprechen, da diese Ausgabe zu keiner der unter § 5 GewStVdg. aufgeführten, ausdrücklich als nicht abzugsfähig bezeichneten Betriebsausgaben gehört. Damit war die strittige Rechtsfrage grundsätzlich beantwortet. In dem praktischen Fall lag aber insofern eine weitere Schwierigkeit, weil die von dem Werke zu zahlende Abgabe eine Gesamtabgabe war, also die Höhe der Abgabe für das Benutzungsrecht und die für das Ausschließlichkeitsrecht nicht einzeln nannte. Bei Berechnung der einzelnen Abgabe ist nach Auffassung des OVG. zu berücksichtigen, daß durch die Einräumung eines derartigen Ausschließlichkeitsrechtes sich die Gemeinden des Rechtes begeben haben, ihre Straßen und Plätze anderweit an Elektrizitätswerke für Anlage eines Leitungsnetzes zu vermieten. Dr. jur. C. v. dem Busch.

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1632, 1663.

[1] Vgl. hierzu ETZ 1928, S. 1800.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Zahlung patentamtlicher Gebühren. — Durch eine im Dt. Reichsanz. 1929, Nr. 98 veröffentlichte Bestimmung des Präsidenten des Reichspatentamts vom 23. IV. 1929 wird der Barzahlung einer an das Reichspatentamt zu entrichtenden Gebühr außer den bisher üblichen Wegen auch noch der Eingang des Auftrags bei der Reichshauptkasse zu einer durch Buchausgleich vorzunehmenden Gutschrift für die Kasse des Reichspatentamts gleichgestellt. Diese Möglichkeit zur rechtzeitigen Wahrung von Zahlungsfristen dürfte i. a. wohl keine große Bedeutung haben, immerhin aber als Erweiterung der bisherigen Zahlungsmöglichkeiten angenehm empfunden werden.

Vorbenachrichtigung über Gebührenzahlung durch das Reichspatentamt. — Bekanntlich erläßt das Reichspatentamt, wenn die Jahres- bzw. Erneuerungsgebühren für Patente, Gebrauchsmuster und Warenzeichen nicht rechtzeitig eingezahlt werden, eine eingeschriebene Mitteilung, wonach die Zahlung nur noch innerhalb eines Monats mit Strafzuschlag erfolgen kann. Seit 1926 ist das Amt in Rücksicht auf die schwierige wirtschaftliche Lage dazu übergegangen, vor dieser die letzte Frist in Gang setzenden Benachrichtigung eine Zwischennachricht abzusenden, durch welche die Empfänger auf die in Aussicht stehende endgültige Benachrichtigung hingewiesen werden mit dem Bemerken, daß deren Absendung noch einige Zeit hinausgeschoben werden könne, wenn umgehend triftige Gründe dafür beigebracht werden können. Das Reichspatentamt hat diese Zwischennachricht seit dem 1. VII. 1927 für Gebrauchsmuster und Warenzeichen nicht mehr erlassen, da es sich ergab, daß ein Bedürfnis dafür nicht bestand. Die Erfahrung hat inzwischen, wie eine Mitteilung des Präsidenten des Reichspatentamts vom 14. V. 1929 angibt, gezeigt, daß auch bei Patenten für dieses weitgehende Entgegenkommen der Behörde kein Bedürfnis mehr besteht. Es ist danach von der Vergünstigung in den letzten Jahren so wenig Gebrauch gemacht worden, daß das Reichspatentamt sich mit diesen Zwischennachrichten nicht mehr befassen möchte. Sie fallen daher auch für Patente seit dem 1. VI. 1929 weg, so daß in Zukunft nur noch die unmittelbar die letzte Monatsfrist in Lauf setzende Nachricht zugestellt wird. Dagegen steht es den Patentinhabern frei, die Verzögerung dieser Nachricht von sich aus zu beantragen. Der Präsident sagt bei rechtzeitigem Eingang der Gesuche wohlwollende Berücksichtigung zu. Diesem Antrage müßte dann Beweismaterial für das Unvermögen, alsbald die erforderlichen Mittel zu beschaffen, beigefügt werden.

Beitritt der Schweiz zum Haager Abkommen. — Die Schweiz ist dem Pariser Unionsvertrage in der Fassung des Haager Abkommens vom 6. XI. 1925 mit Wirkung vom 15. VI. 1929 beigetreten. Durch ein Bundesgesetz sind diejenigen Änderungen der schweizerischen Gesetze vorgenommen worden, die sich durch das Haager Abkommen ergeben.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld I, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Fachsitzung

für Elektromaschinenbau (EVM) am 12. Februar 1929, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Besprechung des Vortrags

des Herrn Oberingenieur Schiemann:

„Elektromagnetische Schlagwerkzeuge".

Vorsitz: Herr Obering. Schüler.

Nach Eröffnung der Sitzung hält Herr Oberingenieur Schiemann den Vortrag[1], an den sich folgende Besprechung anschließt:

Vorsitzender: Da ich auf dem vom Herrn Vortragenden behandelten Gebiete früher selbst gearbeitet habe, so möchte ich den Vortrag in einigen Punkten ergänzen. Der geschichtliche Überblick des Herrn Vortragenden war sehr interessant; vielleicht hätte er noch etwas weiter zurückgreifen können. Als älteste elektromagnetische Hämmer hat er die von DEPOELE und MARVIN erwähnt. Ich darf daran erinnern, daß WERNER SIEMENS bereits im Jahre 1879 ein Patent auf einen elektrischen Hammer genommen hat, der eigentlich nicht sehr stark von den späteren Konstruktionen abwich. Dieser Hammer gehörte zu der Kategorie der Hämmer, die mit Gleichstrom und Wechselstrom arbeiten. Ein Eisenkern wurde durch eine mit Gleichstrom erregte Spule polarisiert. Zwei weitere Spulen — oben und unten je eine — wurden mit Wechselstrom gespeist, so daß der Kern abwechselnd nach der einen und anderen Seite gezogen wurde.

Aus den Ausführungen des Herrn Vortragenden ging nicht ganz klar hervor, weshalb der Hammer von Marvin nicht in der gewünschten Weise funktionieren konnte. Es wurde bei diesem Hammer ein synchron rotierender Kommutator benutzt, der jeder der beiden Spulen während der Dauer einer Spannungshalbwelle Strom zuführte. Marvin hatte offenbar nicht erkannt, daß wegen der Selbstinduktion der Spule der Ablauf einer Stromhalbwelle mehr Zeit in Anspruch nimmt als die Dauer einer Spannungshalbwelle; aus diesem Grunde konnte bei seiner Einrichtung eine funkenfreie Stromunterbrechung nicht erzielt werden. Die Erkenntnis dieser Tatsache bildete die Grundlage meines im Jahre 1911 angemeldeten Patentes. Ich verwendete damals ebenfalls einen synchron umlaufenden Unterbrecher, benutzte aber Kontakte von solcher Länge, daß die Hammerspule während der ganzen Dauer einer Stromhalbwelle eingeschaltet war. Auch die Verwendung von Ventilröhren, beispielsweise Quecksilberdampfgleichrichtern, wurde in meinem Patent bereits erwähnt. Durch ein solches Ventil wird natürlich selbsttätig ein Stromstoß von genügender Dauer bewirkt. Nach diesem Prinzip arbeitet auch der vom Herrn Vortragenden beschriebene amerikanische Syntron-Hammer.

Die Hauptschwierigkeit, die bei elektromagnetischen Hämmern auftritt, ist die, daß es praktisch nicht möglich ist, bei größeren Schlagstärken den Kern des Elektromagneten, also den Hammerbär, zu lamellieren; infolgedessen hat man hohe Wirbelstromverluste. Ich habe seinerzeit, als ich meinen Hammer baute, versucht, den Wirkungsgrad genau zu berechnen; der Herr Vortragende hat das auch erwähnt. Ich kam dabei auf Wirkungsgrade in der Größenordnung von einigen 60 %. Diese Wirkungsgrade wären auch erreicht worden, wenn ich nicht den Wirbelstromverlust im Hammerbär der Einfachheit halber vernachlässigt hätte. Diese Vernachlässigung führte dazu, daß der Wirkungsgrad nicht 60 % sondern nur etwa 20 % betrug. Ich habe dann alle möglichen Konstruktionen versucht, um einen lamellierten Schlagkolben zu bauen. Sie haben auch so lange gut gehalten, als der Hammer noch keine erhebliche Schlagleistung hatte. Als es mir aber gelang, eine erhöhte Schlagleistung zu erzielen, ging auch der Kolben entzwei. Der Thauma-Hammer, den der Vortragende erwähnte, hat allerdings einen lamellierten Kolben; ich glaube aber nicht, daß mit ihm schon erhebliche Schlagleistungen erreicht wurden.

Der Syntron-Hammer besitzt einen massiven Kolben und begnügt sich dementsprechend auch mit einem verhältnismäßig niedrigen Wirkungsgrad. Nun spielt ja der Wirkungsgrad an sich keine erhebliche Rolle. Man hat als Konkurrenz den Luftdruckhammer, dessen Wirkungsgrad in der Größenordnung von 10 % liegt. Der schlechte Wirkungsgrad bewirkt aber, daß der Hammer sehr schnell warm wird, so daß man ihn schon nach wenigen Minuten nicht mehr anfassen kann. Beim Syntron-Hammer wird dies dadurch vermieden, daß Luft durch den Hammer geblasen wird, um ihn zu kühlen. In dem einen Bilde sahen wir einen dicken Schlauch, der den Kasten mit dem Hammer verband. In diesem Schlauch befindet sich nicht nur die Leitung, sondern es wird auch ein kräftiger Luftstrom

[1] S. 1037 dieses Heftes.

durch ihn hindurchgeblasen. In dem Kasten befindet sich nicht nur der Röhrengleichrichter sondern auch ein elektrisch betriebenes Gebläse. Man kann nicht gerade behaupten, daß die Lösung sehr elegant ist: aber es geht, und der Erfolg ist da.

Herr Wibel: Neben den elektromagnetischen Hämmern und den Drucklufthämmern gibt es noch eine Zwischentype, die allerdings auch mit Luft arbeitet, aber nicht mit Preßluft. Sie hat einen Wirkungsgrad, der immerhin erheblich günstiger ist als der der Preßlufthämmer, so daß man, wenn man die Wirkungsgrade miteinander vergleicht, wieder zu anderen Vergleichsdaten kommt.

Vorsitzender: Sie meinen den Fein-Hammer, der mit einer schwingenden Luftsäule arbeitet. Der erste Hammer dieser Art wurde von Ingersoll in Amerika gemacht; jetzt fertigt sie Fein an. Der gewöhnliche Preßlufthammer hat deshalb einen so schlechten Wirkungsgrad, weil die Luft komprimiert wird und sich dabei erwärmt. Bei der schwingenden Luftsäule fällt dieser Verlust fort. Es kommen aber andere Schwierigkeiten hinzu, die man erst kennen lernt, wenn man sich mit diesem Hammer näher beschäftigt. Sehr hoch ist der Wirkungsgrad auch nicht.

Herr Bisschop: Alle bisher bekannten elektromagnetischen Hämmer sind hauptsächlich an der zu hohen Erwärmung, die bereits nach wenigen Betriebsminuten auftritt, gescheitert. Selbst das Durchblasen von Kühlluft mittels eines durch Motor angetriebenen Ventilators hat es noch nicht ermöglicht, eine längere, pausenlose Betriebszeit zu erreichen. Ein für den praktischen Betrieb brauchbarer Hammer muß mindestens eine halbe Stunde arbeiten können, ohne so warm zu werden, daß man ihn nicht mehr anfassen kann. Es genügt nicht, wenn die vom VDE zugelassenen Temperaturen von 50° eingehalten werden. Sie ergaben bei 20° Lufttemperatur eine Hammertemperatur von 70°, bei der schon ein Anfassen ohne Handschuhe unmöglich ist. Im Höchstfalle sind vielleicht 40° am Gehäuse zulässig. Der vom Herrn Vortragenden erwähnte Syntron-Hammer mit 30 kg Gewicht ist, soweit mir bekannt ist, ein Spezialapparat zum Schienenstopfen, der bei der Arbeit nicht getragen zu werden braucht.

Vorsitzender: Ich kann wohl sagen, daß mein Hammer, der von der Firma Dr. Max Levy seinerzeit gebaut wurde, eigentlich sehr gut gearbeitet hat. Man konnte immerhin etwa eine halbe Stunde ununterbrochen mit ihm arbeiten, ohne daß er zu heiß wurde. Es haben sich auch viele für ihn interessiert und Hämmer zur Probe bestellt. Das waren aber hauptsächlich größere Firmen, die auch Drucklufthämmer benutzten. Nach einigen Wochen sandten sie den Probehammer zurück mit dem Bemerken, daß die Preßlufthämmer bei gleichem Gewicht mehr leisteten. Das ist richtig; es wird wohl noch sehr lange dauern, bis die elektrischen Hämmer bei gleichem Gewicht dasselbe leisten wie die Preßlufthämmer. Man muß nämlich bedenken, daß die Preßlufthämmer die Energie bereits in mechanischer Form erhalten, während der elektromagnetische Hammer erst die elektrische Energie in mechanische Energie umwandeln muß.

Herr Müller: Ich vertreibe die Bewi-Hämmer seit etwa drei Jahren und habe festgestellt, daß sie zu Anfang für den Dauerbetrieb nicht geeignet waren, weil sie sich zu schnell erwärmten. Wir haben aber dieses Problem gelöst, indem wir mit der Leistung etwas heruntergegangen sind und das Gehäuse, das außen herum angebracht war, weggelassen haben. Wir haben dadurch den Hammer für den Dauerbetrieb verwendbar gemacht. Er kann ohne Unterbrechung 10 h und länger arbeiten, ohne daß die Erwärmung unerträglich wird.

Hinsichtlich der Schlagwirkung ist zu sagen, daß wir 5 Größen liefern; eine 6. Größe wird vielleicht in einigen Monaten auf den Markt kommen. Ich glaube ganz bestimmt, daß man mit diesem Hammer Nietleistungen bis zu einem Durchmesser von 15 mm erreichen kann; denn mit der 5. Größe kann man ohne weiteres 5 mm starke Nieten im Dauerbetrieb schlagen. Das Gewicht des leichtesten Hammers beträgt 1 kg und das des schwersten — Größe 5 — 8,3 kg. Die 6. Type wird ein Gewicht von etwa 10 kg haben. Jedenfalls arbeiten die Hämmer sehr gut. Wenn die Kunden mit dem Hammer nicht zufrieden sind, dann aus dem Grunde, weil sie von dem elektrischen Hammer dasselbe verlangen wie von einem Preßlufthammer. Aber für viele Arbeiten hat sich der Hammer bestens bewährt. Vor allen Dingen hat er dank seiner einfachen Bauart eine sehr lange Lebensdauer. Ich habe z. B. Hämmer geliefert, die schon zwei Jahre in Betrieb sind, ohne daß eine Reparatur inzwischen erforderlich geworden ist. Im übrigen sind die einzelnen Teile sehr leicht auswechselbar.

Herr Bisschop: Die ausliegenden Druckschriften des Bewi-Hammers lassen erkennen, wie weit die Leistungen elektrischer Hämmer noch hinter denjenigen von Preßlufthämmern zurückbleiben. Herr MÜLLER gab an, daß der größte Bewi-Hammer 8,3 kg wiegt. Nach der in der Druckschrift enthaltenen Tabelle hat dieser Hammer bei Schmiedeeisen eine Spanleistung von 20 g. Ein gleich schwerer Preßlufthammer hat aber bei 6 at eine Spanleistung von schätzungsweise 160 ... 180 g; diese Leistung ist für den Betriebsmann allein maßgebend. Nach der genannten Leistung des Bewi-Hammers kann man schätzen, daß er einen Niet von 6 mm Dmr. schlagen wird. Der gleich schwere Preßlufthammer schlägt dagegen einwandfrei Niete von 23 mm Dmr. Diese Beispiele zeigen zur Genüge, welche Fortschritte der Elektrohammer noch machen muß.

Herr Müller: Ich gebe zu, daß die Hämmer für schwere Nietarbeiten noch nicht entwickelt sind; zum Gußputzen, Entgraten und für andere leichte Arbeiten werden die Hämmer jedoch auch in der Eisenindustrie benutzt. Besonders viel werden die Bewi-Hämmer in der Steinindustrie verwendet. In dieser legt man nicht so großes Gewicht auf einen kräftigen Schlag; denn bei der Bearbeitung von Marmor, besonders der scharfen Kanten, die nicht ausbrechen dürfen, legt man mehr Wert auf einen weichen Schlag und eine hohe Schlagzahl. Daß die Hämmer trotzdem gut arbeiten, beweisen die ständigen Nachbestellungen und Referenzen.

Herr Wibel: Ich möchte dazu erwähnen, daß beim Fein-Hammer die kleinste Pistole nur 0,6 kg wiegt, während die kleinste Type des elektromagnetischen Hammers schon 1 kg wiegt.

Herr Stäblein: Eine prinzipielle Schwierigkeit beim elektrischen Hammer scheint mir darin zu liegen, daß er infolge der Periodenzahl 50 gezwungen ist, mit einer sehr hohen Schlagzahl zu arbeiten. Der Unterschied im Verhalten gegenüber sprödem und verhältnismäßig elastischem Material beruht vermutlich darin, daß der Meißel eines elektrischen Hammers infolge der hohen Schlagzahl nur eine verhältnismäßig kleine Energie pro Schlag aufspeichert, die unter Umständen nicht genügt, das Material so zu gestalten, daß eine bleibende Formänderung erzielt wird. Anders dagegen ist es beim spröden Material, bei Marmor und Gestein. — Dann möchte ich noch fragen, wie der Wirkungsgrad eines solchen Schlagwerkzeuges bestimmt worden ist. Ich stelle mir eine einwandfreie Bestimmung verhältnismäßig schwierig vor.

Vorsitzender: Sie haben vollkommen recht: Die Schwierigkeit beim elektrischen Hammer liegt darin, daß die Energie eines Schlages verhältnismäßig gering ist, was auch durch große Schlagzahl nicht ausgeglichen werden kann. Ich habe schon seinerzeit versucht, die Schlagzahl zu verringern, indem ich durch den mechanischen Kontaktapparat nicht nur einen sondern mehrere Polwechsel unterdrückt habe. Sie sagten, glaube ich, ich hätte einen vierpoligen Motor genommen; in Wirklichkeit habe ich aber einen sechspoligen Motor genommen, so daß ich nur mit 1000 Schlägen i. d. Min. gearbeitet habe, was ungefähr der Schlagzahl von Preßlufthämmern entspricht. Die Energie jedes Schlages wurde dadurch aber nicht wesentlich größer; ich erreichte nur den Vorteil, daß infolge der geringeren Schlagzahl die Erwärmung kleiner war. Die Syntron Compagnie arbeitet bei stärkeren Hämmern mit einer geringeren Periodenzahl, mit 25, zum Teil sogar mit 15 Hz. Dies bedingt aber die Verwendung besonderer Maschinen, man muß auf den direkten Anschluß an die Lichtleitung verzichten.

Die Messung des Wirkungsgrades ist natürlich nicht ganz einfach. Sie geschieht in der Weise, daß man die Geschwindigkeit des Hammerbärs beobachtet, am besten wird am Hammerbär ein Spiegel angebracht; ein Lichtzeiger schreibt auf lichtempfindlichem Papier, so daß man die Endgeschwindigkeit aus der Kurve ersehen kann. Der Wirkungsgrad ergibt sich dann aus der Nutzenergie $\frac{M v^2}{2}$ und der zugeführten elektrischen Energie.

Vortragender: Der Hammer von WERNER SIEMENS ist mir bekannt, ich halte das System sogar für sehr gut, der Hammer ist jedoch konstruktiv nicht gut durchgebildet worden. Meines Wissens ist von den SSW bisher kein elektromagnetischer Hammer in den Handel gebracht worden. In Vorträgen und Aufsätzen hat man bisher fast immer nur ein System behandelt. Heute ist wohl zum

erstenmal versucht worden, einen Überblick über die wichtigsten Systeme zu geben. Herr Obering. SCHÜLER meinte, es wäre nicht möglich, derart rotierende Gleichrichter ohne Funkenbildung herzustellen. Hierzu kann ich sagen, daß sie nach der Literatur, die ich zu meinem Aufsatze in der ETZ (S. 1037 dieses Heftes) angegeben habe, funkenlos gearbeitet haben.

Vorsitzender: Sie haben mich mißverstanden. Ich meinte, wenn der rotierende Kontakt aus einem in der Mitte geteilten Schleifring besteht, so müssen Funken entstehen. Wenn aber das Kontaktsegment einen Bogen von mehr als 180° bedeckt, so kann man erreichen, daß der Stromkreis in dem Augenblick unterbrochen wird, in dem der Strom verschwindet.

Vortragender: Eine Schleifringverlängerung über 180° war bei den Marvin- und den SSW-Maschinen nicht notwendig, weil sie nicht im Spannungsnullpunkt, wie der Schülerhammer, sondern etwa im Spannungsmaximum einschalteten. Den SSW-Teilstromerzeuger für Versuche an elektrischen Hämmern habe ich oft ganz funkenlos arbeiten sehen. Das Mißverstehen ist auf Ihrer Seite.

Die Lamellierung des Kolbens ist bei richtiger Konstruktion möglich, für große Leistungen liegen allerdings Erfahrungen über Dauerbetrieb noch nicht vor. Für die Steinbearbeitung hat sich die Kolbenlamellierung des Bewi-Hammers sehr gut im Dauerbetrieb bewährt. Ähnlich verhält es sich mit der Kühlung. Für große Leistungen, wie sie die Metallbearbeitung erfordert, wird man wohl eine künstliche Kühlung anwenden müssen. Für die Steinbearbeitung hat sich künstliche Kühlung nicht erforderlich gezeigt, wie der Bewi-Hammer erkennen läßt.

Zu den Ausführungen des Herrn STÄBLEIN erwähne ich zustimmend, daß es allerdings leichter ist, eine hohe Schlagzahl zu erreichen als eine Schlagstärke, die einen kräftigen Metallspan nimmt. Hierzu muß der Hub nicht zu klein sein. Es ist zu beachten, daß bei unverändertem Hub und Kolbengewicht die mechanische Leistung mit der dritten Potenz der Schlagzahl wächst, die Spanbildung noch schneller.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Betr. Ermäßigung für den Bezugspreis des Technischen Literaturkalenders.

Unter Bezugnahme auf unsere Veröffentlichung in Heft 20, S. 735 der ETZ, machen wir darauf aufmerksam, daß die seinerzeit unseren Mitgliedern eingeräumte Bezugspreisermäßigung auf den Technischen Literaturkalender (herausgegeben von Dr. P. Otto unter Befürwortung durch den Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine) von 24 RM auf 20 RM noch bis zum 31. Dezember 1929 verlängert worden ist. Bestellungen sind an unsere Geschäftstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
I. V. Zimmermann.

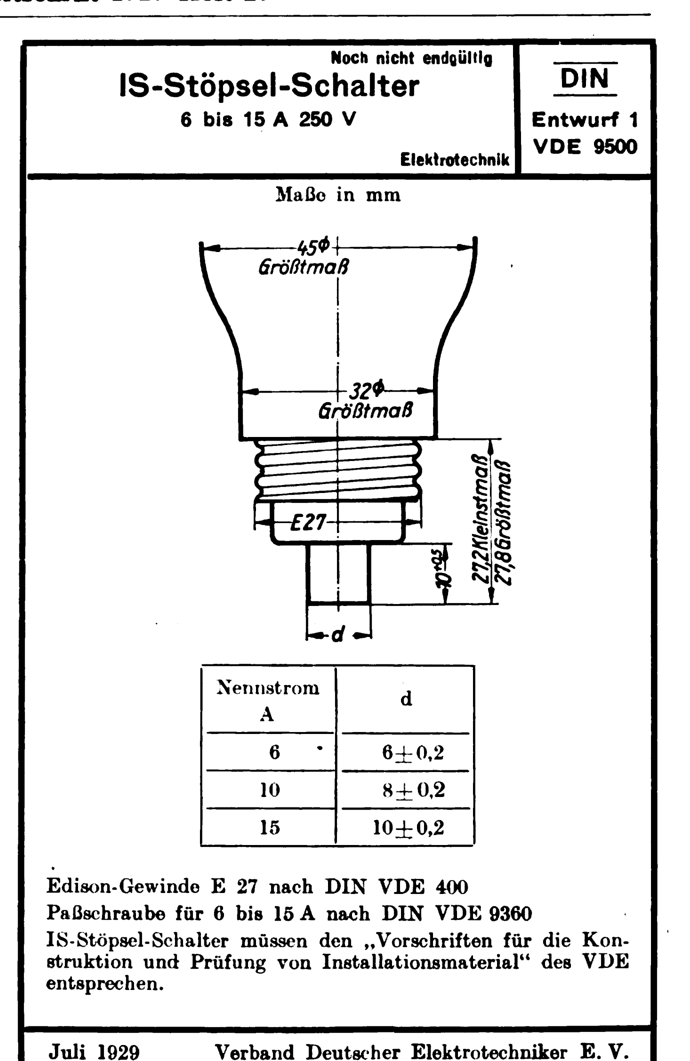
Kommission für Installationsmaterial.

Nachstehend wird der zu dem Schlußentwurf der „Leitsätze für Installations-Selbstschalter" gehörende Normblattentwurf

DIN VDE 9500 IS-Stöpsel-Schalter
6 bis 15 A 250 V

bekanntgegeben.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis zum 1. September 1929 an die Geschäftstelle zu richten.



Noch nicht endgültig

IS-Stöpsel-Schalter
6 bis 15 A 250 V

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 9500

Maße in mm

Nennstrom A	d
6	6 ± 0,2
10	8 ± 0,2
15	10 ± 0,2

Edison-Gewinde E 27 nach DIN VDE 400
Paßschraube für 6 bis 15 A nach DIN VDE 9360
IS-Stöpsel-Schalter müssen den „Vorschriften für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial" des VDE entsprechen.

Juli 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Neu erschienene Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

DIN VDE 4 Januar 1929. Abstufung von Stromstärken bei Elektrizitätzählern.

DIN VDE 1507 April 1929. Rundfunkgerät. Röhrensockel mit 6 und 7 Stiften. Zuordnung der Stifte zu den Elektroden.

DIN VDE 3130 Juli 1929. Elektrische Bahnen. Schienenverbinder für Feld- und Grubenbahnen.

DIN VDE 3142 Juni 1929. Elektrische Bahnen. Fahrdrahtklemmen für Rillen-Fahrdraht Ri. Gewindebolzen-Aufhängung.

DIN VDE 3143 Juni 1929. Elektrische Bahnen. Fahrdrahtklemmen für Rund-Fahrdraht Ru. Gewindebolzen-Aufhängung.

DIN VDE 3170 Juni 1929. Elektrische Bahnen. Schnallen-Isolatoren. Betriebspannung bis 750 V.

DIN VDE 3171 Juni 1929. Elektrische Bahnen. Sattel-Isolatoren.

DIN VDE 3172 Juni 1929. Elektrische Bahnen. Sattel- und Schnallen-Isolatoren. Verbindungschrauben.

DIN VDE 3175 August 1929. Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite. Übersicht.

DIN VDE 3177 August 1929. Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite. Spitzwinklige Rohrfassung.

DIN VDE 3178 August 1929. Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite. Stumpfwinklige Rohrfassung.

DIN VDE 3179 August 1929. Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite. Mittleres Gelenk.

DIN VDE 3180 August 1929. Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite. Obere Rohrfassung.

DIN VDE 3181 August 1929. Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite. Isolierstück.

DIN VDE 3182 August 1929. Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite. Oberes Gelenk.

DIN VDE 3184 August 1929. Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite. Walzen.

DIN VDE 3185 August 1929. Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite. Führungsmuffe.

DIN VDE 9351 Juni 1929. L-Sicherung-Schraubstöpsel 6 bis 60 A 500 V und Zubehör.

DIN VDE 9398 April 1929. Sicherungs-Patronen 250 V für Steckdosen nach DIN VDE 9402.

DIN VDE 9651 Juli 1929. Fassung für Röhrenlampen mit beiderseitigem Sockel nach DIN VDE 9650 (Soffittenlampen). Berührungschutzlehre.

DIN VDE 9652 Juli 1929. Fassung für Röhrenlampen mit beiderseitigem Sockel nach DIN VDE 9650 (Soffittenlampen). Tiefen- und Weitenlehren.

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Straße 97, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Betr.: Unberechtigte Verwendung des VDE-Zeichens.

Urteil!

Das Amtsgericht Kirchenlamitz erkennt in der Privatklagesache des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V. in Berlin gegen Rudolf Zapf, Fabrikant in Marktleuthen, wegen eines fortgesetzten Vergehens nach § 14 Abs. II des Gesetzes zum Schutz der Warenbezeichnungen in der öffentlichen Sitzung vom 2. Mai 1929 auf Grund der Hauptverhandlung vom 25. April 1929 zu Recht:

1. Rudolf Zapf, geboren am 27. Oktober 1889 in Schönbach, prot., verh., Fabrikant in Marktleuthen, ist schuldig eines fortgesetzten Vergehens gegen § 14 Abs. II des Gesetzes zum Schutze der Warenbezeichnungen und wird deshalb in eine Geldstrafe von zwanzig Mark, umgewandelt für den Fall der Uneinbringlichkeit in eine Gefängnisstrafe von zwei Tagen, sowie in die Kosten des Verfahrens einschließlich der dem Privatkläger erwachsenen notwendigen Auslagen verurteilt.

2. Zugleich wird dem Privatkläger die Befugnis zugesprochen, die Verurteilung auf Kosten des Angeklagten innerhalb vier Wochen nach Rechtskraft des Urteils durch einmalige Einrückung der Urteilsformel in der „Elektrotechnischen Zeitschrift" öffentlich bekanntzumachen.

Bekanntmachung.

Die Prüfstelle hat einen Nachtrag nach dem Stande vom 1. VII. 1929 zu der „Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens sowie der zugewiesenen Firmenkennfäden nach dem Stande vom 1. I. 1929" herausgegeben.

Wir machen darauf aufmerksam, daß dieser Nachtrag gegen Einsendung des Portos kostenlos abgegeben wird.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Die T. H. Aachen hat dem Geh. Regierungsrat a. D. Herman Schlüpmann, stellvertretenden Vorsitzenden der Osram G. m. b. H. in Berlin, in Anerkennung seiner hervorragenden technischen und wirtschaftlichen Verdienste um die deutsche Glühlampenindustrie und die tatkräftige Förderung ihrer wissenschaftlichen Bestrebungen die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

Jubiläum. — Am 20. VII. d. J. feiert Dir. Dipl.-Ing. Henry Gottschalk, Aronwerke Elektrizitätsgesellschaft m. b. H., das 25jährige Dienstjubiläum. Er trat im Jahre 1904 in die damalige, noch von Prof. H. Aron geleitete Firma H. Aron Elektrizitätszählerfabrik ein, war zuerst als Konstrukteur, Laboratoriums- und Patentingenieur, später als Betriebsingenieur tätig und stieg nach wenigen Jahren zum Geschäftsführer auf. Nach dem Tode Arons übernahm er die technische Leitung der Firma, an deren Aufstieg und weiteren Entwicklung er einen großen Anteil hat. Viele Neuerungen im Zählerbau, insbesondere Spezialkonstruktionen, und in der Radiotechnik sind ihm zu danken. Er gehört u. a. zur Zeit dem Präsidium des Verbandes der Funkindustrie an, dessen Interessen er auch in zahlreichen Kommissionen vertritt.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Neue Ausführungen von Fernmeßanlagen.

Unter obiger Überschrift veröffentlichte Herr Dipl.-Ing. W. STERN in der ETZ 1929, S. 351*[1], eine neue Methode zur Messung großer Leistungen oder Ströme auf weite Entfernungen. Der Grundgedanke der beschriebenen Meßmethode ist der, große Ströme oder Leistungen über Leitungen geringen Querschnitts fernzumessen unter Benutzung einer kleinen Meßdynamo, deren Gleichspannung sich proportional mit der fernzumessenden Stromstärke oder Leistung ändert. Genau derselbe Grundgedanke ist zuerst von mir im Jahre 1920 in der ETZ, S. 97, veröffentlicht worden und durch Patent Nr. 326 386 geschützt gewesen, was Herrn Dipl.-Ing. W. STERN leider unbekannt gewesen zu sein scheint. Alle die Vorteile der Fernmessung mittels Gleichstrom, die Herr W. STERN ins Feld führt, sind mir s. Z. wohl bewußt gewesen, ebenso etwaige Erweiterungsmöglichkeiten meines Grundgedankens, zumal auch von mir schon damals die praktische Ausführung meines Meßsystems nach der Art der Motorzähler gedacht war. Der Schlußsatz meiner Patentbeschreibung lautete: „Das ganze Meßaggregat kann ähnlich den Motorzählern ausgeführt und bequem in dem Gehäuse eines solchen untergebracht werden."

Jedenfalls kann nun an der Tatsache, daß auch bei meiner Meßeinrichtung der Schwerpunkt darauf ruht, die sich ändernde Gleichspannung einer kleinen Meßdynamo zur Fernmessung zu benutzen, durch keinerlei Einwände gerüttelt werden.

Angeblich andere bezügliche Patente sind mir unbekannt. Mit der Patentschrift allein liegt auch noch keineswegs eine prioritätsichernde Veröffentlichung einer Neuheit vor, wie z. B. bei meinem eigenen nachmaligen Patente Nr. 400 320! Deshalb habe ich auch, um mir die Priorität zu wahren, nicht bloß das Patent auf die Fernmessung genommen sondern die Neuheit derselben in der allbekannten ETZ ausführlich beschrieben, d. h. veröffentlicht. Auch habe ich den Grundgedanken der neuen Fernmessung schon im Jahre 1913 ausgesprochen, was von der damals unterrichteten Seite bestätigt werden könnte.

Hamburg, 16. III. 1929. Hugo Ring.

*[1] Siehe auch ETZ 1928, S. 252 u. 1326.



Erwiderung.

Nachdem ich Gelegenheit genommen habe, die Ausführungen des Herrn RING durchzulesen, möchte ich ihm zunächst mitteilen, daß der Gedanke, große Ströme unter Benutzung einer kleinen Meßdynamo fernzumessen, gar nicht von ihm zuerst veröffentlicht worden ist, wie er in seiner obigen Zuschrift behauptet. Außerdem hat Herr RING den Grundgedanken der von mir beschriebenen Meßmethode nicht richtig erfaßt. Die Grundlage des Telewatt-Systems ist, wie bereits in der ETZ 1928, S. 282 angegeben, eine Umformervorrichtung und nicht die kleine Meßdynamo, wie Herr RING annimmt. Dann möchte ich aber Herrn RING sagen, daß auch die Benutzung einer kleinen Meßdynamo an sich zu Fernmeßzwecken gar nicht von ihm zuerst veröffentlicht worden ist, wie er in seiner obigen Zuschrift behauptet. Veröffentlichungen über die Benutzung einer kleinen Meßdynamo zu obigen Zwecken sind auch schon früher erfolgt. Ich verweise hier besonders auf die Patentschrift Nr. 314 604 von Hartmann & Braun, die im Juli 1918 angemeldet und im Oktober 1919 ausgegeben worden ist. Darin wird fast dieselbe Einrichtung wie die von Herrn RING angegebene beschrieben. Auch hier wird mit konstanter Umdrehungsgeschwindigkeit der Anker einer Meßdynamo gedreht, wobei das magnetische Feld der Meßdynamo direkt durch das Kraftlinienfeld des Starkstromleiters gebildet wird, während bei Herrn RING eine besondere Shuntleitung und Kompoundwicklung notwendig sind.

Weiter gibt Herr RING an, daß der von ihm angeblich zuerst veröffentlichte Grundgedanke durch sein Patent geschützt gewesen sei; auch diese Behauptung entspricht nicht den Tatsachen, denn durch das Patent von Herrn RING wurde lediglich eine um die Magnetwicklung der Meßdynamo gelegte Kompoundwicklung geschützt. Die von mir beschriebenen Fernmeßanlagen nach dem Telewatt-System unterscheiden sich so wesentlich von der von Herrn RING beschriebenen Einrichtung, daß es mir unverständlich ist, wieso Herr RING hier Vergleiche ziehen will. Dies ist um so verwunderlicher, als bereits in der ETZ vom Jahre 1920 Herr E. BESAG auf die Ausführungen des Herrn RING einging[1] und ihm bewies, daß Herr RING bei seiner Gleichstrom-Fernmessung der Zuhilfenahme von Wechselstrom nicht auszuweichen vermochte.

Bekanntlich arbeiten nun die Telewattanlagen nach dem Umformerprinzip, also ohne Zuhilfenahme von Hilfströmen, und die Drehzahl der Meßdynamo ändert sich direkt mit der Meßgröße, während bei Herrn RING die Meßdynamo mit einer konstanten Drehzahl angetrieben werden und die Einwirkung der Meßgröße durch eine besondere Kompoundwicklung an der Meßdynamo direkt erfolgen muß. Herr RING benötigt also zur Fernmessung von Gleichströmen einen Wechselstrommotor. Der Gedanke der Fernmessung nach dem Umformerprinzip, also ohne Zuhilfenahme fremder Stromquellen, ist durch die Durchbildung des Telewatt-Systems meines Wissens jedenfalls zum erstenmal in größerem Umfang in die Praxis eingeführt worden.

Zum Schluß möchte ich auch nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen, daß Herr RING wohl irrtümlicherweise den Schlußsatz seiner Patentbeschreibung nicht ganz vollständig wiedergegeben hat. In dem mir vorliegenden gedruckten Exemplar seiner Patentschrift heißt es ausdrücklich wörtlich: „Das ganze Meßaggregat samt der Gegen-Kompoundwicklung kann usw. usw." Gerade das Wort „Gegen-Kompoundwicklung" ist aber wichtig und charakterisiert das Verfahren des Herrn RING ebenso wie der Patentanspruch, in dem es heißt „gekennzeichnet durch eine um die Magnetwicklung der Meßdynamo gelegte Kompoundwicklung". Aus dem Wort „Gegen-Kompoundwicklung" ist nämlich sofort ersichtlich, daß der Grundgedanke des Herrn RING mit dem Telewattsystem überhaupt nichts zu tun hat.

Charlottenburg, 11. IV. 1929.

Walter Stern.

Eine transportable Prüfeinrichtung für die Durchschlagfestigkeit von Transformatorenöl.

Dr. H. WOMMELSDORF bringt in seinem Aufsatz auf S. 305 der ETZ 1929 den größten Teil der Mitteilung der norwegischen Ölkommission[2] über Versuche mit der Influenzmaschine für Ölprüfung. Als derjenige der norwegischen Ölkommission, der die Versuche mit der Influenzmaschine durchgeführt hat, möchte ich im Anschluß an den Aufsatz von Dr. WOMMELSDORF noch folgendes feststellen:

Durch die Versuche in Oslo (seit Anfang 1926) und später in Darmstadt (Prof. PETERSEN) wurde festgestellt, daß die Influenzmaschine brauchbar war. Wir erstrebten aber, wie ich in Oslo 1927 auf der Versammlung der norwegischen Elektrizitätswerke auch mitgeteilt habe, nicht etwa die Ausbildung einer Präzisionsmethode sondern die Schaffung eines möglichst einfachen Meßverfahrens, das — wie das vorliegende — für die Anforderungen der Praxis genügend genaue Werte ergibt, wozu noch zu bemerken ist, daß ja auch die Meßmethoden mit den bisher bekannten stationären Wechselstromapparaten, deren stark schwankende Meßwerte ja bekannt sind und eben durch die Natur der Öle selber verursacht werden, ebenso wenig als Präzisionsmethoden bezeichnet werden können. Wir dachten hier eine Ausrüstung besonders für die kleinen Elektrizitätswerke geschaffen zu haben, deren Ausgabenetat die Anschaffung der teuren stationären Ausrüstungen nicht gestattet. Später ist aber der Anwendungsbereich der Ausrüstung erweitert worden, indem die Transformatorenfabriken ihre Reisemonteure mit der neugeschaffenen Apparatur ausgerüstet haben. Die Fabriken haben sich zu dieser Anschaffung entschlossen in der Erkenntnis, daß viel Zeit und Mühe erspart werden kann, wenn die Monteure am Montageplatz selbst den Austrocknungsprozeß des Öls verfolgen können.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch einen Vorteil des neuen Prüfverfahrens erwähnen, nämlich, daß durch das Prüfen mit Influenzmaschine das Prüföl nicht während des Versuches ausgetrocknet wird. Das Öl wird höchstens während des Prüfens etwas gereinigt. Bei Wechselstromprüfung von Öl tritt dagegen eine gewisse Austrocknung des Öles während des Versuches ein, was besonders bei Prüfung von feuchtem Öl auffällt.

Oslo, 27. III. 1929. W. R. Blumer.

Erwiderung. Die Angaben des Herrn BLUMER, Oslo, werden durch die Erfahrungen der ausführenden Firma in Deutschland bestätigt, jedoch ist dazu zu bemerken, daß bei den deutschen Fabriken von Transformatoren, ferner bei Ölgesellschaften, auch das Bedürfnis nach einer etwas größeren Apparatur hervorgetreten ist. Während sich das Interesse der Elektrizitätswerke lediglich darauf beschränkt, ihr Transformatorenöl daraufhin zu kontrollieren, ob dessen Durchschlagfestigkeit den Verbandsvorschriften entspricht, d. h. 80 bzw. 125 kV/cm nicht unterschreitet, besteht bei den Fabriken vielfach der Wunsch, bei neuen Transformatoren oder neuem Füllöl auch den ziffernmäßigen Wert höherer Durchschlagfestigkeiten ermitteln zu können. Da die auf S. 305 beschriebene Apparatur Messungen nur bis zu 233 kV/cm Maximalwert bzw. bis zu einem entsprechenden Effektivwert von 164,7 kV/cm gestattet, genügt sie zwar den Ansprüchen der Elektrizitätswerke, nicht aber in solchen Fällen denen der Transformatorenfabriken und Ölgesellschaften. Aus diesem Grunde wurde von der ausführenden Firma, der Berliner Elektros-Ges., Berlin-Schöneberg, noch eine etwas größere Apparatur zusammengestellt, die gleichfalls in einem Handkoffer untergebracht ist. Da dieser nur eine Größe von 40 × 40 × 24 cm und ein Gewicht von rd. 10 kg besitzt, ist er ebenfalls noch handlich genug, um auf die Reise mitgenommen zu werden.

Diese Apparatur enthält außer einer größeren Kondensatormaschine ein zweites Meßkugelpaar, wodurch eine größere Meßgenauigkeit erzielt wird, als wenn der gesamte beträchtliche Spannungsbereich mit einem Kugelpaar geprüft werden müßte. Mit dieser Einrichtung lassen sich Durchschlagfestigkeiten bis zu 385 kV/cm Maximalwert (entsprechend einem Effektivwert von 272 kV/cm) messen. Außerdem besitzt die in dieser Apparatur enthaltene Kondensatormaschine eine fast doppelt so große Stromstärke.

Berlin-Schöneberg, 12. V. 1929

Dr. H. Wommelsdorf, Dipl.-Ing.

LITERATUR.

Besprechungen.

Projektierung von Selektivschutzanlagen nach dem Impedanzprinzip. Von Obering. M. Walter. Mit 27 Abb. u. 56 S. in 8°. Rom-Verlag, R. O. Mittelbach, Charlottenburg 1928. Preis geb. 4 RM.

Der Zusammenschluß von Leitungsnetzen zu immer größeren geschlossenen Versorgungsgebieten hat in den

[1] E. Besag, ETZ 1920, S. 98.
[2] El. Tidsskrift 1928, S. 325.

letzten Jahren solche Fortschritte gemacht, daß das Problem des Selektivschutzes nunmehr auch für weitere Kreise aktuell wurde. Demgemäß erklärt sich auch das Bedürfnis nach einem Wegweiser zur Projektierung dieser Schutzeinrichtungen, der es, von der letzten definitiven Festlegung der Einzelheiten abgesehen, überflüssig machen soll, den Spezialisten zu Rate zu ziehen. In diesem Sinne stellt das Büchlein von Oberingenieur Walter eine begrüßenswerte Neuerscheinung dar. Ausgehend von allgemeinen Bemerkungen über die Projektierung von Selektivschutzanlagen nach dem Impedanzprinzip (z. B. zwei- oder dreipolige Ausrüstung, Wahl des Ansprechsystems usw.) werden die wichtigsten Regeln zur Ermittlung der Stoß- und Dauerkurzschlußströme in Drehstromnetzen angegeben sowie Unterlagen zur Bestimmung des Erdschlußstromes mitgeteilt. Besonders instruktiv sind die numerisch durchgerechneten Beispiele der Ausrüstung eines Netzes mit Impedanzrelais und der Ermittlung der thermischen und dynamischen Beanspruchung bei Kurzschluß. Schließlich wird noch ein übersichtlicher Fragebogen für die Projektierung des Selektivschutzes von Leitungsnetzen angegeben. Schon aus dieser kurzen Inhaltsübersicht ist zu ersehen, daß das vorliegende Büchlein sicher weiten Kreisen willkommen sein dürfte. Freilich wird der theoretisch stärker interessierte Ingenieur an manchen Stellen Hinweise auf tiefergehende Probleme vermissen, auf die einzugehen zum Teil sehr verlockend wäre. Anscheinend hat sich aber der Verfasser absichtlich größte Beschränkung auferlegt, um den Charakter eines übersichtlichen Nachschlagebüchleins nicht zu verletzen. Gauster.

Bau und Einrichtung elektrischer Licht- und Kraft-Verteilungsanlagen. Von Dipl.-Ing. H. Göppêr. (System Karnack-Hachfeld. Herausg. von Dipl.-Ing. E. Vollhardt.) 1. Aufl. Mit zahlr. Textabb., XII u. 157 S. in 8°. Verlag von Bonneß & Hachfeld, Potsdam u. Leipzig 1927. Preis geh. 5,40 RM.

Das Buch stellt Unterrichtsbriefe über die Leitungen und ihre Verlegung, die Meßeinrichtungen, die Schalt-, Überstromschutz- und Überspannungschutz-Einrichtungen sowie die Projektierung und Ausführung der Anlagen dar. Den Abhandlungen sind Zusammenfassungen, Fragen für den Unterrichtenden und Aufgaben für den Schüler angefügt. Der Inhalt stützt sich in erfreulicher Weise auf die Vorschriften des VDE, deren grundlegende Bedeutung stark hervortritt. Soweit bei der gedrängten Kürze möglich, wird das Wichtigste anschaulich wiedergegeben, so daß die Schrift für den beabsichtigten Zweck empfohlen werden kann.

Da die Behandlung von Hochspannungsanlagen in dieser Form heute kaum noch möglich ist, sollte erwogen werden, ob man sich in Zukunft nicht besser auf die vom VDE neu geschaffene Grenze (unter 1000 V) beschränken und den gewonnenen Raum zum Ausbau dieses Gebietes benutzen sollte. R. Zaudy.

Meßtechnik für Radio-Amateure. Von Dr. E. Nesper. (Bibl. d. Radio-Amateurs Bd. 1.) 4. bedeutend erweiterte Aufl. mit 110 Textabb., IX u. 120 S. in 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis 4 RM.

Das Heft ist gegenüber den früheren Auflagen derart umgearbeitet worden, daß die Kapitel heißen: Meßapparate, Prüfanordnungen, wichtigste Meßschaltungen und Messungen an Empfängern. Den Fortschritten der Radiotechnik ist weitgehend Rechnung getragen. Auch für die Umarbeitung gilt das über die erste Auflage Gesagte. Das Heft gehört tatsächlich in die Hand jedes Radioamateurs. Lübcke.

Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung. Von Dr.-Ing. E. h., Dr. phil. A. Berliner. 4. Aufl. Mit 802 Abb., V u. 658 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 19,80 RM.

Nach recht kurzer Zeit ist eine Neuauflage dieses Lehrbuchs nötig geworden; dies zeigt, daß seine Hervorholung aus der Vergessenheit durch die 3. Auflage berechtigt war. In der Tat hat sich das Werk schnell einen Leserkreis erworben, der einesteils aus den Studierenden besteht, andernteils aus Vertretern von Gebieten, die der Physik benachbart sind oder aus einem Spezialteil der Physik erwachsen, wie die meisten technischen Fächer. Und die Beliebtheit des Buches ist durchaus berechtigt; es ist erstaunlich, wie reichhaltig es ist bei vollkommener Wahrung des elementaren Charakters. Dies ist dem logischen Aufbau und dem weiten Umfang des Gesichtskreises zu danken, vor allem aber — ich möchte sagen der Warmherzigkeit, welche der Verfasser jeder einzelnen physikalischen Erkenntnis entgegenbringt. Der Schriftleiter der „Naturwissenschaften" hat vielleicht einen weiteren Kreis von Forschern, die ihm die neuen Erkenntnisse aus erster Hand vermitteln, als sonst jemand; er fühlt auch mehr als irgendein produktiver Fachgelehrter, der sich mehr oder weniger einengen muß, die Fäden, welche von einem Teil der Physik zu den andern Teilen, zu den Nachbarwissenschaften, zur Technik führen; er bekommt auch unmittelbar die Hauptrichtungen der Interessen, welche die Zeit beherrschen, zu spüren; — das alles nämlich dann, wenn er, wie Arnold Berliner, von dem steten Bestreben nach jener Universalität erfüllt ist, welche die Grundgedanken der notwendigerweise sich erweiternden und auseinanderstrebenden Einzelwissenschaften wieder zu sammeln und in das Blickfeld der gesamten naturwissenschaftlichen Welt zu rücken sucht. Dies aber ist wohl der beste Geist, aus dem ein elementares Lehrbuch für Erwachsene geschrieben werden kann.

Über die Stoffeinteilung braucht hier nicht berichtet zu werden, denn sie ist die gleiche geblieben wie in der 3. Auflage. Im einzelnen ist viel Neues hinzugekommen, die Beispiele aus der Technik sind vermehrt worden. Neue Abschnitte sind u. a. über Coriolisbewegung, Kreisel, Kristallstruktur, Astrophysik und Geophysik eingeführt worden; einigen ersten Fachgelehrten dankt der Verfasser in der Vorrede für Verbesserungen und Ergänzungen. Der Referent möchte noch als besonders dankenswert — auch im Hinblick auf Leser aus der Technik — die ausführliche, systematische und durchaus neuzeitliche Darstellung der Mechanik hervorheben, die sonst oft die Physiker nicht recht zu fesseln vermag und daher zu leicht stiefmütterlich behandelt wird. L. Hopf, Aachen.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Von Prof. Dr. F. Auerbach u. Prof. Dr. W. Hort. Bd. 6, Lief. 2. Mit 737 Abb., XVIII u. 457 S. in gr. 8°. Verlag Joh. Ambrosius Barth, Leipzig 1928. Preis geh. 50 RM. Subskriptionspreis 40 RM.

In dem neuen „Handbuch" ist zu den bisherigen enzyklopädischen Zusammenfassungen der Mechanik eine neue mehr technisch gerichtete Ergänzung erstanden, wie sie durch die weitausgreifenden Anwendungen der Mechanik in der Technik notwendig wurde.

Alle Artikel des vorliegenden Bandes beschäftigen sich mit der Bewegung der Luft bzw. von Gasen und Dämpfen und deren technischer Anwendung. Einem verhältnismäßig selten behandelten Thema begegnen wir im ersten Aufsatz von Prof. Flügel über Windräder. Hier sieht man, wie die Methoden der Aeromechanik, speziell der Propellertheorie, auch diese so alten und nützlichen Motoren recht weitgehend verbessert haben.

Vom gleichen Verfasser (Flügel) stammen die Aufsätze über Dampf- und Gasturbinen, welche in ihrem Gesamtaufbau nach den verschiedenen im Laufe der Zeit entstandenen Systemen übersichtlich und an guten Bildern beschrieben werden. Auf die Regelung und die wichtigsten Hilfseinrichtungen wird ebenso eingegangen wie auch auf die hier besonders interessanten verschiedenen Betriebsbedingungen. Den Hauptinhalt bilden naturgemäß die strömungs- und wärmetechnischen Grundlagen, nach denen dann der Vorgang bei Berechnung und Entwurf von Dampfturbinen recht eingehend auseinandergesetzt ist.

Bei den Gasturbinen konnten natürlich solche Betriebserfahrungen noch keine Rolle spielen, dafür ist hier Wert auf Betrachtung der Möglichkeiten und Aussichten der Gasturbinen gelegt. Die schon vielfach gut bewährten Abgasturbinen finden gebührende Würdigung, aber auch einige Versuchsbauten (Holzwarthturbine) werden kurz gestreift.

In dem Segel- und Rotorschiffahrt betitelten Aufsatz von Croseck ist man ehrlich erstaunt, zu sehen, wieviel schöne und interessante Dinge sich von den Segelschiffen erzählen lassen, wieviel die Aerodynamik hier noch zu sagen hat, und welche Fortschritte sich bei einer rationellen Verbesserung des Segels mit anderem Konstruktionsmaterial und neuen Konstruktionsprinzipien vielleicht noch erreichen lassen werden.

Die weitere Aufsatzreihe von Everling und von Fuchs stellt (auf 183 Seiten!) eine sehr vollständige Aeromechanik dar, wie sie als Einführung zur Flug-



technik kaum besser und ausführlicher geschrieben werden könnte. Man findet in Everlings Artikeln: Luftkräfte an Fahrzeugen, Dynamische Luftfahrt (Mechanik des Flugzeugs) und Statische Luftfahrt (Mechanik der Ballone), nicht bloß die eingehende Behandlung der Theorie sondern auch ausführliche Angaben über praktische Rechnungsverfahren sowie das Wichtigste aus der Anwendung auf Flugzeuge und Luftschiffe. Es kann wohl gesagt werden, daß die neueren Theorien, welche in ihrer Ausgestaltung in der Praxis den großen Aufschwung der Flugtechnik veranlaßt haben, in einer ihre Tragweite klar zum Ausdruck bringenden Weise wiedergegeben sind. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, möge der Hinweis genügen, daß zu dem mehr als 70 Kapitel umfassenden Stoff ziemlich vollständige Literaturhinweise mitgeteilt und zum großen Teil auch mitverarbeitet worden sind.

Parallel dazu behandelt Fuchs das in der Hauptsache theoretische Kapitel über die Berechnung von Luftkräften mit funktionentheoretischen Methoden. Die Verwendung dieser mathematischen Ansätze für die in der Flugtechnik auftretenden Luftkräfte ist bekanntlich von grundsätzlicher Bedeutung.

In ein auch weiten technischen Kreisen wenig bekanntes Gebiet führt Dr. Wagner (Dresden), der die pneumatische Förderung beschreibt und an Rechnung und Versuch die Bewegung kleiner Körper im Luftstrom nachweist. Die gefundenen Gesetze verdienen unser Interesse auch deswegen, weil sie eine verhältnismäßig leicht durch das Experiment zu prüfende Anwendung der Gesetze der Punktmechanik und der Aerodynamik darstellen.

Das Verdichten und Verdünnen von Gasen behandelt Seligmann unter Berücksichtigung der dabei in erster Linie wichtigen wärmetechnischen Gesetze. Die Beschreibung der Kompressoren für Kolben- oder rotierenden Betrieb und für Strahlpumpen ist recht ausführlich gehalten.

In einem Schlußartikel faßt Prof. Dr. W. Hort die Energieumsetzung in den Kolbenkraftmaschinen zusammen und führt deren Gesetze an Beispielen noch einmal in ihrem Aufbau vor, zeigt auch die Verwendung der üblichen Diagramme. Wertvoll ist die Übersicht — auch die der geschichtlichen Entwicklung — und der stete Hinweis auf die in jeder einzelnen Maschinengattung erreichbare Ausnutzung der Brennstoffe.

Zusammenfassend wird man gern zugeben können, daß die Anforderungen, welche man billigerweise an ein solches Handbuch stellen kann: Orientierung über die Grundlagen und über die wesentlichsten Anwendungen, bemerkenswerte Fragen und Einzelheiten, auch sehr vollständige Literaturangaben, in diesem „Handbuch" recht gut erfüllt sind.

A. Pröll.

Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus. Von F. Klein. 3. Aufl. 3. Bd.: Präzisions- und Approximationsmathematik. Ausgearb. v. C. H. Müller. Mit 156 Abb., X u. 238 S. in gr. 8⁰. (Grundlehren der mathemat. Wissenschaft. in Einzeldarstell., herausgeg. von R. Courant. Bd. 16.) Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 13,50 RM, geb. 15 RM.

Von den Kleinschen Vorlesungen über Elementarmathematik ist nun auch der dritte Band im Druck erschienen. Für das, was über die prinzipielle Bedeutung dieses durch Klarheit der Darstellung und Weite des philosophischen Gesichtspunkts hervorragenden Werkes zu sagen ist, dürfen wir auf unsere früher erschienene Besprechung der ersten Bände verweisen[1]. Der dritte Band behandelt vor allem das Verhältnis von theoretischer und praktischer Geometrie und ordnet sich dadurch zugleich den Kleinschen Bestrebungen ein, die Mathematik aus der Isolation einer rein theoretischen Wissenschaft zu befreien und das Interesse für ihre Anwendungen zu erwecken. Auch dieses Mal sei den Herausgebern Dank ausgesprochen, daß sie die früher nur in autographierter Form erschienenen Vorlesungen des großen Göttinger Mathematikers nunmehr dem Kreis der weiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht haben: gibt es doch wenige Lehrbücher der Mathematik, die sich mit der Kleinschen Darstellungskunst messen können.

Hans Reichenbach.

[1] ETZ 1926, S. 948.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Osram-General Electric Co. — Nach Informationen der Frankf. Zg. zerfällt das in der ETZ 1929, S. 1036 genannte Abkommen der Osram G. m. b. H. und der ihr nahestehenden Firmen mit der General Electric Co., Schenectady, in zwei praktisch zusammenhängende Verträge, einen zwischen Osram und der General Electric über Patentaustausch und Gebietsabgrenzungen und einen, den Siemens, die AEG und Koppel mit den Amerikanern über deren schon erwähnte finanzielle Beteiligung geschlossen haben. Durch ersteren werde die schon seit 1921 bestehende, der deutschen Gruppe hauptsächlich Deutschland und Österreich reservierende Vereinbarung umgestaltet und das Arbeitsgebiet der Osram G. m. b. H. in Mittel- und Osteuropa wesentlich erweitert. Besonders gehöre jetzt auch Italien zu deren Versorgungsgebiet, während Westeuropa allerdings nicht in Frage komme, weil die General Electric Co. dort, speziell in Frankreich, England und Holland, bereits anderweitige Beziehungen unterhalte. Die Frankf. Zg. weist weiter auf die Verbindung des amerikanischen Unternehmens bzw. der International General Electric Co. mit der in bemerkenswerter Ausdehnung begriffenen Philips' Glühlampenfabriken A. G., Eindhoven, hin. Letztere und Osram hätten, äußerlich noch getrennt, vor kurzem in Schweden Glühlampenfabriken erworben, und neuerdings wäre eine Verständigung zwischen ihnen auf italienischem Gebiet zustandegekommen. Von den internationalen Unternehmungen der holländischen Gesellschaft sei diejenige in Italien anscheinend zum größten Teil an Osram abgegeben worden[1]. Falls, wie man vermuten könnte, die Dinge von Eindhoven aus ihren Ausgang genommen hätten, so würde das zu der Annahme führen, daß es sich in erster Linie um eine Vertiefung und eine quasi amerikanische Erweiterung des Glühlampenkartells handle, und es könnte daher sein, daß die General Electric Co. in Verfolg ihrer auf alle Gebiete und nach allen Richtungen vorstoßenden Export- und Expansionspolitik nun das Ziel verfolge, zunächst einen Pfeiler des Weltgeschäfts, den Glühlampenabsatz, international zu regulieren. In Südamerika, im fernen Osten und in Rußland böten sich überall und für das gesamte Arbeitsgebiet viele weitere Anknüpfungspunkte. Auf deutscher Seite, so heißt es dann mit Bezug auf die Vertretung der amerikanischen Interessen im Arbeitsausschuß der Osram, werde man jedenfalls erwarten, daß diese neueste amerikanische Invasion auf das Finanzielle beschränkt bleiben möge, und die Frankf. Zg. betont bei dieser Gelegenheit, daß in bezug auf das eigentliche elektrotechnische Geschäft in Deutschland und auf dem Weltmarkt eine hochgradige Schonungsbedürftigkeit der deutschen sozusagen exportpflichtigen Industrie bestehe. Vielleicht habe man in solchem Zusammenhang die Methoden und Ausmaße dieser Hereinziehung der General Electric Co. in den Osram-Konzern sogar als eine Präventivmaßnahme anzusehen, um eine wirkliche Auseinandersetzung zwischen der deutschen Großelektrotechnik und der amerikanischen Vormacht zu verhüten.

Aus der Geschäftswelt. — Einer in London errichteten Gesellschaft „Protos-Electric" haben die Siemens-Schuckertwerke A.G. nach dem Berl. Börs.-Cour. Lizenz zum Verkauf elektrischer „Protos"-Erzeugnisse erteilt. — Nach derselben Quelle ist von der Filiale Solpee der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft durch Vermittlung der Société Financière Luxembourgoise pour le Commerce et l'Industrie in Luxemburg eine Tochtergesellschaft Electromat mit 1 Mill Fr Kapital gegründet worden, die für die Landeselektrisierung das erforderliche Material liefern soll.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B ist im Mai 1929 die Einfuhr gegen den Vormonat (12 403 dz bzw. 4,223 Mill RM) um 11 531 dz (93 %) und 1,7 Mill RM (40 %) gestiegen, dagegen zeigte die Ausfuhr im Vergleich zum April (146 903 dz bzw. 50,183 Mill RM) eine Verringerung um 7611 dz (5 %) und 5,426 Mill RM (11 %). In dem Maiexport waren an Reparationssachlieferungen 6134 dz im Wert von 3,031 Mill RM inbegriffen. Für die abgelaufenen fünf Monate ergibt sich gegenüber der gleichen Zeit von 1928 bei der Einfuhr eine Zunahme um 14 842 dz (35 %) bzw. 3,905 Mill RM (22 %). Bezogen wurden in dieser Periode vom Ausland 6642 Lichtmaschinen (11 193 i. V.), 67 156 Dynamos, Elektromotoren usw. (51 515 i. V.), 1750 Bogen- usw. Lampen (366 i. V.), 1,984 Mill Metalldrahtlampen (1,758 i. V.) und 21 800 Kohlefaden- usw. Lampen (23 500 i. V.). Die Ausfuhr war um 87 359 dz (15,6 %) und

[1] Die Frankf. Zt. berichtete später an anderer Stelle, daß die Philips-Gruppe der Osram-Gesellschaft 88 % ihrer Beteiligung an der 1910 gegründeten italienischen Soc. Elettrica Centrale in Parma überlassen habe; die restlichen 12 % seien noch in Händen von Philips.

[2] Vgl. ETZ 1928, S. 1067; 1929, S. 879.



Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz Mai 1929	Einfuhr in dz Januar/Mai 1929	Einfuhr in dz Januar/Mai 1928	Ausfuhr in dz Mai 1929	Ausfuhr in dz Januar/Mai 1929	Ausfuhr in dz Januar/Mai 1928
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	25	461	1 064	1 084*	3 681*	2 514*
907 b bis g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 890	13 876	19 719	21 221*	125 954*	137 176*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	286	685	291	1 528*	8 095*	13 363*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	731	2 806	3 017	4 140*	20 191*	21 597*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	16 912	26 341	7 197	61 483*	238 479*	164 446*
910 a bis c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	20	69	44	316	2 090*	1 597
911 a	Metallfadenlampen	160	878	859	791*	4 675*	4 708*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	—	14	15	47	183*	378
912 A 1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	4	51	13	40	152*	105
912 A 2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon	46	243	242	1 722*	7 658*	6 042*
912 A 3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	513	2 519	1 585	3 389	21 493*	16 445*
912 A 4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	206	868	907	2 778*	14 469*	11 970*
912 B	Bügeleisen; Bestandteile davon	—	13	14	769	2 802	2 555
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; Bestandteile davon	206	813	472	1 100*	6 174*	4 795*
912 D	Röntgenröhren; Bestandteile davon	4	10	4	14*	81*	50
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	318	1 275	1 298	2 474*	10 990*	6 561*
912 F 1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	21	77	90	994*	4 985*	4 337*
912 F 2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	1 258	5 726	5 041	27 317*	128 905*	125 624*
912 F 3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	182	326	275	1 320*	7 645*	6 946*
912 F 4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	41	218	276	3 518	25 891	19 392
912 F 5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	111	139	121	[6]	[6]	[6]
912 F 6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	27	49	48*	265*	219*
912 F 7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 198*	12 363*	9 028*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	1	3	17
	Summe von Tarifunterabschnitt 18 B: Menge in dz	23 934	57 435	42 593	139 292*	647 224*	559 865*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18 B: Wert in 1000 RM	*5 923*	*21 900*	*17 995*	*44 757**	*226 579**	*190 026**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	39	156	217	939	5 848	4 595
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	5	32	24	98*	338*	333
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	259	547	18	765	3 661	3 434
648 d	Elektroden	574	3 092	5 744	24 524	114 022	100 072
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	5	178	87	7 193*	28 070*	24 010*
740 a	Glühlampenkolben	33	96	129	1 596	7 207	4 224
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	160	651	1 100	} [8]	[8]	[8]
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	31	254	426	}		
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	237	1 096	898	11 346*	56 765*	48 790*

36,553 Mill RM (19 %) größer, enthielt 61 398 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 20,368 Mill RM und umfaßte mit diesen 38 170 Lichtmaschinen (32 999 i. V.), 291 012 Dynamos, Elektromotoren usw. (248 087 i. V.), 18 042 Bogen- usw. Lampen (8757 i. V.), 24,011 Mill Metalldrahtlampen (21,988 i. V.) und 0,521 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (0,985 i. V.). Ihr Überschuß stellte sich auf 589 789 dz bzw. 204,679 Mill RM (517 272 dz bzw. 172,031 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — * Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Die Anfragen sind an die Schriftleitung der ETZ Berlin W 9, Linkstr. 23/24, zu richten. Anfragen ohne Rückporto bleiben unbeantwortet.

Frage 306: Wer ist Hersteller des von Ing. Zocher und Dr. Sperling erfundenen elektromedizinischen Apparates „Ionisator"?

Abschluß des Heftes: 13. Juli 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Elektrohubkarren und ihre Verwendung.

Mitteilung der AEG.

Das Werkstattförderwesen wird in fast allen Betrieben als wesentliches Glied im Produktionsprozeß erkannt und ihm die notwendige Beachtung geschenkt. Auch die nichtindustriellen Betriebe erkennen die Bedeutung des Förderwesens für die Rentabilität des Unternehmens und widmen daher seiner Überwachung größte Aufmerksamkeit. In allen diesen Betrieben wird die Mechanisierung des Förderwesens durch Verwendung von Elektrokarren beschleunigt, wodurch schon ungeahnte Erfolge erzielt wurden.

Der zuerst zur Einführung gelangte Elektrokarren war derjenige mit fester Plattform, der von der A E G in verschiedenen Bauarten für eine Tragfähigkeit bis zu 2500 kg hergestellt wird und sich in den verschiedensten Betriebszweigen bestens bewährt hat.

Bei sorgsamer Betriebsüberwachung zeigt sich in vielen Fällen, daß trotz an sich großer Wirtschaftlichkeit des Betriebes die Ausnutzung des Karrens als Fördermittel verhältnismäßig gering war, da er durch lange Zeit beanspruchende Be- und Entladung nur geringe Fahrleistungen vollbringen konnte.

Um daher die Rentabilität des Elektrokarrenbetriebes noch weiter zu steigern, entwickelte die A E G den in Abb. 1 gezeigten Elektrohubkarren. Die tiefliegende Plattform dieses Fahrzeuges wird durch Betätigung eines Hubschalters elektrisch gehoben und gesenkt und in ihren Endstellungen selbsttätig stillgesetzt. Bei diesem Hubkarren wird nicht seine eigene Plattform beladen, sondern besondere, mit Füßen versehene Ladebänke, die der Karren unterfahren und aufnehmen kann. Die Gestaltung der Ladebänke muß entsprechend dem Verwendungszweck erfolgen. Es kann eine einfache Plattform sein, aber auch kastenartige, muldenförmige oder sonstige Aufbauten sind verwendbar.

Die Benutzung des in Abb. 1 gezeigten Elektrohubkarrens bedingt wegen der kleinen Lenkräder das Vorhandensein guter Fahrwege. Da diese Voraussetzungen nicht überall gegeben sind, die Verwendung von Hubkarren aber doch erwünscht ist, hat die A E G eine hydraulisch-mechanische Hubvorrichtung entwickelt, die in Abb. 2 dargestellt ist und auf jeden, normalerweise mit fester Plattform zu liefernden Elektrokarren aufgebaut werden kann. Das Heben der Plattform erfolgt hier durch Betätigung einer Handpumpe oder durch ein mittels Druckknopfes gesteuertes, elektrisch angetriebenes Pumpenaggregat. Um bei ungleichmäßiger Belastung der Plattform ein gleichmäßiges Heben zu erzielen, ist ein Ausgleichgestänge zwischen Rahmen und Plattform eingebaut. Das Senken erfolgt nach Öffnen eines Rücklaufventiles selbsttätig.

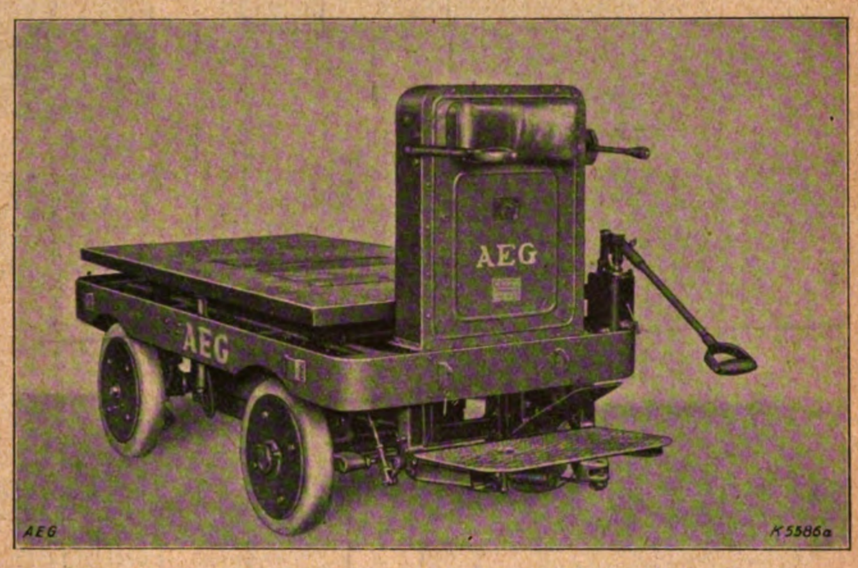


Abb. 2. A E G - Elektrokarren EKH 1504 mit hydraulisch-mechanischer Hubvorrichtung und handbetätigter Pumpe.

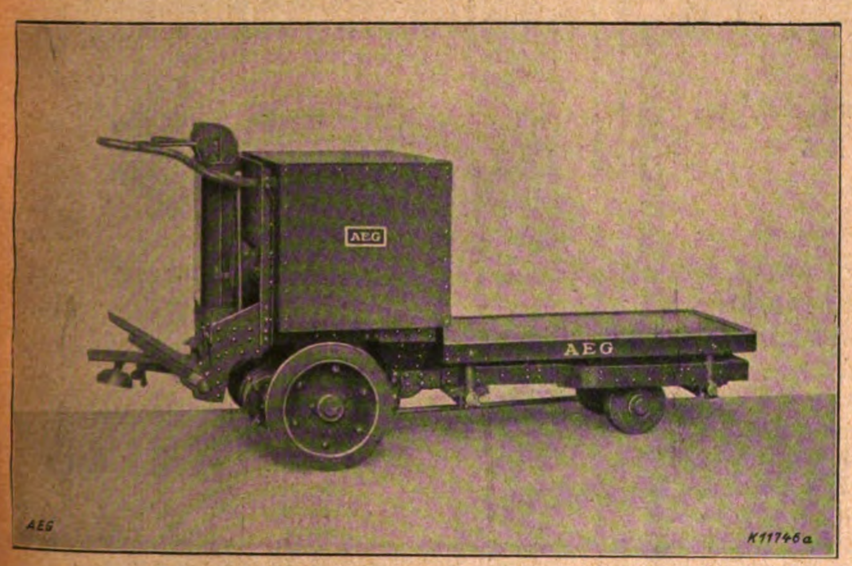


Abb. 1. A E G - Elektrohubkarren EH 1504 für 1500 kg Tragkraft.

Bei der Gestaltung der Ladebänke für diese Elektrokarrenbauart ist auf die Federung des Fahrzeuges bei Fahrt auf unebenen Wegen Rücksicht zu nehmen.

Infolge der weichen Abfederung kann trotz der großen Hubhöhe von 115 mm ein Aufstoßen der Füße möglich sein, und es empfiehlt sich in diesem Falle die Anbringung umlegbarer Beine an der Ladebank.

Die Mehrleistung eines mit Hubvorrichtung ausgerüsteten Elektrokarrens gegenüber einem solchen mit fester Plattform ist mit 40 bis 50% festgestellt worden. Auf diese Weise wird mit einer geringeren Anzahl von Karren die gleiche Leistung vollbracht; die Beschaffung der erforderlichen Ladebänke fällt dagegen nicht sehr ins Gewicht. Diese Tatsache ist kürzlich in einem Eisenbahnausbesserungswerk festgestellt worden. Genaue Ermittlungen haben dort ergeben, daß hydraulische Hubvorrichtungen auf Elektrokarren gegenüber allen anderen Ausführungsarten in der Beschaffung um etwa 11 000.— RM. billiger waren. Unter Berücksichtigung der oben genannten Mehrleistung bei Verwendung von Hubkarren sollte daher diese Fahrzeugart überall da benutzt werden, wo eine Möglichkeit hierfür besteht. Passende Bauarten kann die A E G für alle Tragfähigkeiten ab Lager liefern.

ETZ

50. JAHRGANG

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT



HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
3–1104) 25. JULI 1929

S & S

DIE NEUE, ZUVERLÄSSIGE LEITUNG!

Jenax-Cord

PROSPEKTE AUF ANFRAGE

GUMMISCHLAUCH-LEITUNG FÜR ALLE TRANSPORTABLEN ELEKTR. APPARATE

LAND- u. SEEKABELWERKE A.G. KÖLN-NIPPES

---

3 Gute Dinge!

Mavometer, das Gleichstrom-Universal-Meßgerät von höchster Präzision. Sämtliche Strom-Spannungs- u. Widerstandsmessungen möglich: 2 MA ÷ 20 Amp. 100 Millivolt ÷ 2000 Volt; 5 Ohm ÷ 50 Megohm.

Neu! **Wechselstrom-Drehspul-Instrumente** bieten neue Meßmöglichkeiten durch ihren geringen Eigenverbrauch von nur ca. 1—2 Milliamp. Vorzügliche Dämpfung! Fast proportionale Skala! Meßbereiche:
Von 1 Milliamp. bis 50 MA } bei Endausschlag.
von 5 Volt bis 600 Volt }

Neu! **Wewattmeter,** das handliche Leistungs-Meßgerät für Wechsel- u. Drehstrom gleicher Belastung. Leichte Bestimmung der generellen Scheinlast und des generellen Leistungsfaktors mittels der Gossen-Bestimmungstafel.



Wechselstrom-Drehspul-Mill amperemeter, von 0 bis 1 Milliampere.

Verlangen Sie ausführliche Listen!

P. Gossen & Co., Erlangen (Bayern)

Fabrik elektrischer Meßgeräte

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | **Berlin, 25. Juli 1929** | **Heft 30**

Hochleistungschalter ohne Öl*.

Von **J. Biermanns,** Berlin.

Übersicht. Trotzdem die elektrotechnische Industrie heute Ölschalter auf den Markt bringt, die Abschaltleistungen von 1 Mill kVA und mehr mit Sicherheit beherrschen, lassen sich durch irgendwelche unglücklichen Zufälle bedingte Ölschalterexplosionen nicht unbedingt verhindern. Der der AEG gelungenen Entwicklung eines Preßluftschalters, dessen Prinzip von Prof. Ruppel angegeben wurde, kommt infolgedessen größte Bedeutung zu. Nach einer kritischen Betrachtung des Abschaltvorganges werden Aufbau und Wirkungsweise des Preßluftschalters beschrieben und Versuchsergebnisse mitgeteilt. Endlich werden nähere Einzelheiten eines auf Grund dieser Versuche entwickelten dreipoligen Preßluftschalters der Reihe 10 gegeben, der eine Abschaltleistung von 500 000 kVA mit Sicherheit beherrscht. Eine kurze Beschreibung des Hochleistungs-Versuchsfeldes der AEG beschließt die Arbeit.

1. Das Gefahrenproblem des Ölschalters.

Wir verfügen heute über Ölschalterkonstruktionen, welche die höchsten in unseren großen elektrischen Anlagen auftretenden und aus anderen Gründen zulässigen Kurzschlußleistungen mit Sicherheit beherrschen. Als Beispiel ist in Abb. 1 ein einpoliges Element eines Dreikessel-Hochleistungsölschalters der AEG für eine Betriebspannung von 30 kV dargestellt, für den eine Abschaltleistung von 1,5 Mill kVA garantiert wird. Daß der Ölschalter die garantierte Abschaltleistung auch mit Sicherheit beherrscht, konnte im neuen Hochleistungs-Prüffeld der AEG nachgewiesen werden. Abb. 2 zeigt das Oszillogramm eines Abschaltversuches, bei dem das Schalterelement nach amerikanischer Definition eine Leistung von 800 000 kVA zu unterbrechen hatte. Wie die im Anschluß an die Unterschrift mitgeteilten Versuchsergebnisse erkennen lassen, hat der Schalter diese Leistung, die, auf den dreipoligen Satz umgerechnet, 1,6 Mill kVA ergibt, geradezu spielend bewältigt.

An sich gibt also der Ölschalter bezüglich der Beherrschung großer Schaltleistungen heute kein ungelöstes Problem mehr auf; trotzdem bietet er auch heute noch oder, besser gesagt, seiner stärkeren Ausführung wegen heute noch mehr als früher ein ernstes Gefahrenproblem. Selbst bei der besten Konstruktion, bei Verwendung besten Materials und bei bester Überwachung im Betriebe muß immer einmal mit dem Versagen irgendeines Teiles eines Ölschalters gerechnet werden, sei es, daß ein Isolationsstück den gestellten Anforderungen nicht standhält, sei es, daß irgendein Teil des Antriebsmechanismus bricht oder daß eine Klemmung eintritt. Wenn dieses Versagen zeitlich mit dem Auftreten eines schweren Kurzschlusses zusammentrifft, so wird man in diesen Fällen mit dem Auftreten eines Stehlichtbogens im Schalterinnern rechnen müssen, also mit einem Lichtbogen, der während einer längeren Zeit bestehen bleibt. In diesem Falle werden ganz ungeheure Energiebeträge im Innern des Schalters in Wärme umgesetzt, die das Öl verdampfen und zersetzen und zu einer äußerst rasch verlaufenden Drucksteigerung im Schalterinnern führen. Auspufföffnungen, auch wenn sie noch so reichlich bemessen sind, bieten hier keinen unbedingten Schutz gegen einen zu hohen Druckanstieg, denn, wie in Abb. 3 dargestellt, bildet sich zunächst einmal in der Umgebung des Lichtbogens eine Gasblase, die das Öl nach dem Deckel zu verdrängt, wo dieses die Auspufföffnungen zunächst verstopft. Der Druck muß infolgedessen sehr bald im Schalterinnern bis zu einer solchen Größe ansteigen, daß das Gehäuse an irgendeiner Stelle nachgibt. Der dann offen brennende Stehlichtbogen entzündet das Öl und führt so zu dem mit Recht von den Betriebsleitern über alles gefürchteten Ölschalterbrand.

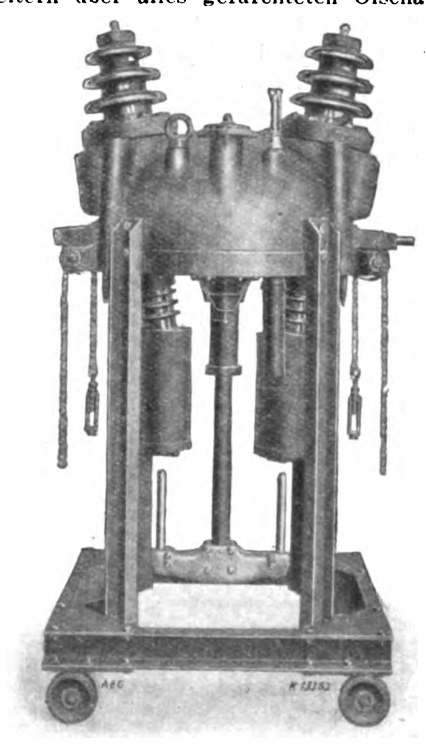
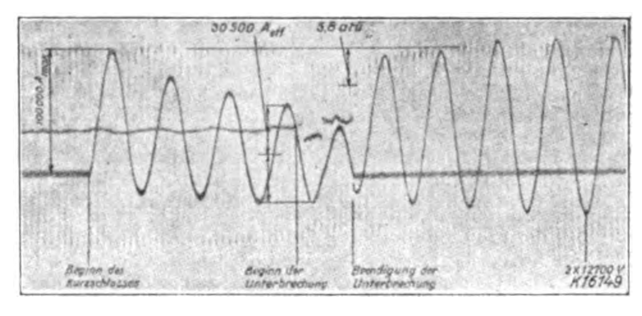


Abb. 1. AEG-Hochleistungs-Ölschalter für 30 kV, 1,5 Mill kVA Abschaltleistung.



Von einem Schalterpol unterbrochene Leistung: 2 × 12 700 V × 30 500 A = 800 000 kVA, folglich dreipolige Abschaltleistung 1,6 Mill kVA. Lichtbogendauer: $2{,}5 \cdot 10^{-2}$ s. Überdruck im Schalter: 5,8 kg/cm².

Abb. 2. Abschaltversuch am Schalter Abb. 1 in Kunstschaltung.

Wenn sich die bei dieser Gelegenheit aus dem Schalterinnern ausströmenden Zersetzungsgase, nachdem sie sich mit der in der Ölschalterzelle eingeschlossenen Luft vermischt haben, entzünden, können Explosionserscheinungen mit schweren Gebäudeschäden hinzutreten.

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 28. V. 1929.

Um dem Leser eine zahlenmäßige Vorstellung von den sich hier abwickelnden Erscheinungen zu geben, wollen wir als Beispiel den oben gezeigten Hochleistungs-Ölschalter wählen. Bei der Unterbrechung seiner garantierten Abschaltleistung, die bei 30 000 V eine Stromstärke von 30 000 A ergibt, trete irgendeine Hemmung im Schaltmechanismus auf, die zu einem Stehenbleiben des Unterbrechungslichtbogens führt. Wir schätzen niedrig, wenn wir diesem Lichtbogen eine Spannung von 3000 V zuordnen, entsprechend einer im Schalter in Wärme umgesetzten Leistung von 90 000 kW. Unter Benutzung bekannter Koeffizienten errechnet sich mit dieser Leistung eine durch Ölzersetzung und Verdampfung entwickelte Gasmenge von 9000 l/s, wenn wir das Volumen auf normale Temperatur beziehen, und von 24 000 l/s, wenn wir eine Gastemperatur von im Mittel 500° zugrunde legen. Bedeutet V das Luftvolumen zwischen Ölspiegel und Schalterdeckel, p den jeweils im Schalter herrschenden Überdruck, so wird von der in der Zeiteinheit entwickelten Gasmenge Q ein Anteil $Q_1 = V \frac{dp}{dt}$ im Schalterinnern aufgespeichert, während ein Anteil $Q_2 = \mu F v$ die aus der Auspufföffnung vom Durchtrittsquerschnitt F mit der Geschwindigkeit v ausströmende Ölmenge ersetzt. μ ist noch die Ausflußziffer, die wir bei den hier in Frage kommenden Formen mit 0,6 einsetzen können. Die Geschwindigkeit s des ausströmenden Öles ist endlich $v = \sqrt{\frac{2p}{\varrho}}$, wo ϱ die spezifische Dichte des Öles ist. Durch Gleichsetzen von $Q = Q_1 + Q_2$ ergibt sich dann eine einfache Beziehung zur Berechnung des Druckanstieges im Schalter, die beispielsweise zu einem Höchstwert des im Schalter auftretenden Überdruckes von $p_{max} = \frac{Q^2}{\mu^2 F^2} \frac{\varrho}{2}$ führt.

Für unser Beispiel erhalten wir, wenn wir noch $V = 100$ l $= 10^5$ cm³, $F = 180$ cm² ($d = 15$ cm) und $\varrho = 0{,}92 \cdot 10^{-3}$ setzen, womit wir einen Schalter mit großem Luftraum über dem Ölspiegel charakterisieren, die durch Abb. 4 dargestellte zeitliche Drucksteigerung. Wie man

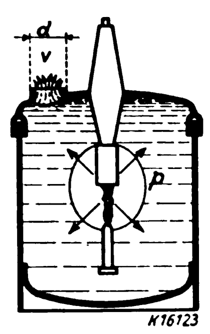


Abb. 3. Stehlichtbogen in einem Öschalter.

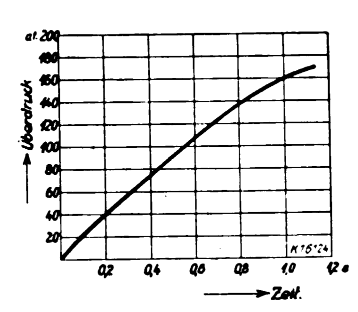


Abb. 4. Durch einen Stehlichtbogen in einem Ölschalter mit Auspuffung verursachter Druckanstieg.

sieht, ist längstens 1/10 s nach Eintritt des Unfalles das Schaltergehäuse, das gerade noch einen Überdruck von 25 at vertragen dürfte, bis zur Grenze seiner Festigkeit beansprucht, und längstens nach dieser Zeit ist die Katastrophe zu erwarten.

Trotz aller im Ölschalterbau erzielten Erfolge haben somit die Bestrebungen, Hochspannungsschalter ohne brennbare oder explosible Löschmittel zu entwickeln, in keiner Weise an Bedeutung verloren. In klarer Erkenntnis dieser Sachlage hat Herr Dr. Rehmer vor etwa zwei Jahren demjenigen die Verleihung einer Art Rettungsmedaille in Aussicht gestellt, der einen guten, nicht brennbaren und nicht explosiblen Schalter bringen würde. Ich bin heute gekommen, um diese Medaille für Herrn Prof. Ruppel zu beanspruchen.

2. Das elektrische Problem des Abschaltvorganges.

Bevor ich indes zur Begründung meines Antrages schreite, muß ich Sie bitten, vorher noch einige allgemeine Ausführungen anzuhören.

Im Gegensatz zur Gleichstromschaltung spielt bei der Unterbrechung eines Wechselstromes der Widerstand des Unterbrechungslichtbogens für den Schaltvorgang selbst keine wesentliche Rolle. Die Unterbrechung des Stromkreises erfolgt in einem jener Augenblicke, in denen der Strom betriebsmäßig die Nullinie durchläuft, in denen offenbar besonders günstige Vorbedingungen für das Erlöschen des Lichtbogens gegeben sind. Die Lichtbogenspannung ist somit im allgemeinen klein im Verhältnis zu der im zu schaltenden Stromkreis wirkenden EMK, und der Strom wird demgemäß durch den Lichtbogenwiderstand nicht nennenswert bezüglich Größe, Kurvenform und Phasenlage beeinflußt.

Das Oszillogramm der Abschaltung eines Kurzschlusses sieht bei einem Drehstromgenerator mit einer Dämpferwicklung auf dem Induktor und auch bei einem Generator ohne Dämpferwicklung, jedoch mit massiven Polen, praktisch also bei allen Drehstromgeneratoren so aus, wie es in Abb. 5 schematisch dargestellt ist. Der ab-

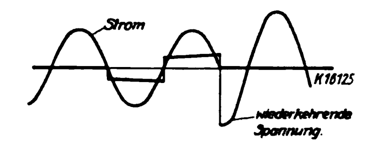


Abb. 5. Oszillogramm des Abschaltvorganges bei einem Ölschalter.

zuschaltende Strom verläuft auch in seiner letzten Halbwelle noch nach einer Sinusfunktion, die Spannung zeigt während des Abschaltvorganges den bekannten Verlauf der Lichtbogenspannung und scheint nach erfolgter Unterbrechung von dem verhältnismäßig niedrigen Wert der Lichtbogenspannung plötzlich auf ihren Scheitelwert zu springen, wie dies bei induktiven Stromkreisen ja längst bekannt ist. Die sogenannte wiederkehrende Spannung scheint somit, nachdem der Strom die Nullinie erreicht hat, in unendlich kurzer Zeit in ihrer vollen Höhe zu erscheinen. Ich sage: scheint, denn dieses Verhalten der wiederkehrenden Spannung wird nur durch die Unvollkommenheit normaler Oszillographen vorgetäuscht, wie man sofort bei Untersuchung des Abschaltvorganges mittels eines Kathodenstrahl-Oszillographen feststellen würde. Das Oszillogramm der wiederkehrenden Spannung würde bei einem Kathodenstrahl-Oszillographen das in Abb. 6 übertrieben dargestellte Aussehen besitzen, d. h. die wiederkehrende Spannung springt nicht unvermittelt, also in unendlich kurzer Zeit auf ihren Scheitelwert sondern sie schwingt sich in Form einer gedämpften hochfrequenten Sinusschwingung auf ihren quasistationären Wert ein, wobei sie kurzzeitig diesen Wert fast um 100 % überschreitet. Die Erklärung für dieses Verhalten der wiederkehrenden Spannung, das man bei Anwesenheit größerer Netzkapazitäten übrigens auch mit dem gewöhnlichen Oszillographen nachweisen kann[1], wird durch die Abb. 7 gegeben. Jeder elektrische Stromkreis, sei es nun eine Generator- oder eine Transformatorwicklung oder eine Leitung, ist außer mit Selbstinduktion auch mit einer gewissen Kapazität behaftet, bildet somit ein schwingungsfähiges System, das durch die nach der Unterbrechung plötzlich in Erscheinung tretende Generator-EMK zu Eigenschwingungen angeregt wird. Indem nun diese Eigenschwingungen sich der wiederkehrenden Spannung überlagern, entsteht ihr durch die Abb. 6 gezeigter zeitlicher Verlauf.

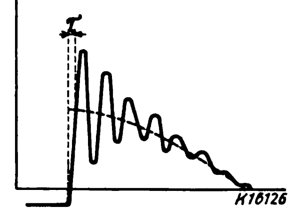


Abb. 6. Zeitlicher Verlauf der wiederkehrenden Spannung beim kapazitätsbehafteten Kurzschlußkreis.

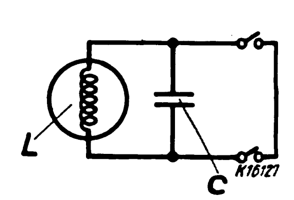


Abb. 7. Kapazitätsbehafteter Kurzschlußkreis.

Diese Tatsache ist nun von ausschlaggebender Bedeutung für den Löschvorgang eines Wechselstromschalters. Während nämlich bei unendlich schnellem Wiedererscheinen der Spannung die Wechselstromschaltung sich in nichts von der Gleichstromschaltung unterscheiden würde, steht jetzt nach dem Verschwinden des Stromes eine gewisse durch Abb. 6 definierte Zeit τ zur Verfügung, nach deren Ablauf die wiederkehrende Spannung erst ihren quasistationären Scheitelwert erreicht. Während des größten Teiles dieser Zeit ist die Schaltstrecke also strom- und fast spannungslos, und diese Zeit ist ihr somit zur Wiedergewinnung ihrer dielektrischen Festigkeit gegeben. Demgegenüber spielt die vorübergehende Erhöhung der für die Rückzündung des Lichtbogens verfügbaren Spannung auf fast den doppelten Wert keine praktische Rolle.

[1] W. Petersen, Die Transformatorenschäden in Golpa. ETZ 1922, S. 1203.



Für die Rückkehrzeit τ läßt sich nun eine feste untere Grenze angeben, die im allgemeinen nur in einem einzigen, später zu erörternden Falle unterschritten wird. Als Maß für τ benutzen wir die Eigenschwingungszahl ν des gesamten, diesseits des den Kurzschluß unterbrechenden Schalters liegenden, elektrisch zusammenhängenden Netzgebildes, mit der τ durch folgende Beziehung verbunden ist:

$$\tau = \frac{1}{4\nu} = \frac{\pi}{2}\sqrt{LC}.$$

Handelt es sich wie bei Generatoren, Transformatoren und Leitungen um gleichmäßig verteilte Induktivitäten L und Kapazitäten C, so ist unter der Wurzel der eben geschriebenen Gleichung der Faktor 0,4 einzuführen. Die Zahlentafel 1 zeigt eine Zusammenstellung der hier interessierenden elektrischen Daten von Turbogeneratoren der verschiedensten Leistung und einer Betriebspannung von 6300 V. Es ist interessant, zu sehen, wie wenig die elektrische Eigenschwingungszahl der Statorwicklung eines Turbogenerators sich mit der Leistung ändert. Die Rückkehrzeit der wiederkehrenden Spannung schwankt sonach bei Turbogeneratoren nur zwischen 9,5 und 14 µs und kann im Mittel zu $\tau = 10$ µs angenommen werden. Langsamläufer werden wegen ihrer verhältnismäßig geringen Kapazität kleinere Eigenschwingungszahlen und damit größere Rückkehrzeiten aufweisen.

Zahlentafel 1. Elektrische Eigenschwingungszahlen der Wicklungen von Generatoren für 6300 V.

Leistg.	n	Streureaktanz	Kapazität	LC	$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{0{,}4\,LC}}$	$\tau = \frac{\pi}{2}\sqrt{0{,}4\,LC}$
kVA	U/min	mH/Phase	µF/Phase	$\times 10^{-10}$	Hz	µs
600	3000	31,6	0,005	1,6	19 000	13
6750	„	2,2	0,086	1,9	18 000	14
8120	„	1,56	0,1	1,56	20 000	12,5
10000	„	1,3	0,12	1,56	20 000	12,5
25000	„	0,75	0,13	1,0	25 000	10
32000	„	0,5	0,22	1,1	24 000	10,5
40000	„	0,4	0,22	0,88	26 000	9,5
50000	1500	0,29	0,44	1,3	22 000	11,5
65000	„	0,25	0,46	1,15	23 000	11

Im allgemeinen werden sich zwischen Generatoren und Schaltern noch Transformatoren befinden. Während des Kurzschlusses teilt sich die Generator-EMK auf Generator und Transformator im Verhältnis ihrer Streuinduktivitäten auf. Überwiegt die des Transformators, so ist der Verlauf des Anstieges der wiederkehrenden Spannung in der Hauptsache von den Eigenschaften des Transformators abhängig. Unter dieser Voraussetzung können der Zahlentafel 2, die die elektrischen Daten einer willkürlich getroffenen Auswahl von Transformatoren enthält, die Rückkehrzeiten τ entnommen werden. Wir sehen auch hier wieder, daß das Produkt LC in einem weiten Leistungs- und Spannungsbereich verhältnismäßig kleinen Schwankungen unterworfen ist und daß die Rückkehrzeit τ bei Transformatoren etwa doppelt so groß wie bei Generatoren ist und im Mittel etwa 20 µs beträgt. Überwiegt entgegen der eben gemachten Annahme die Transformatorstreuinduktivität jene des Generators nicht mehr, so werden sich die Rückkehrzeiten etwas erhöhen.

Zahlentafel 2. Elektrische Eigenschwingungszahlen der Wicklungen von Transformatoren.

Leistg.	Spannung	e_k	Streureaktanz	Kapazität	LC	$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{0{,}4\,LC}}$	$\tau = \frac{\pi}{2}\sqrt{0{,}4\,LC}$
kVA	kV	%	H/Phase	µF/Phase	$\times 10^{-10}$	Hz	µs
30 000	100	7,7	0,11	0,0036	4	12 500	20
15 000	100	8,3	0,49	0,0024	4,6	11 700	21
3 500	60	5,9	0,21	0,0015	3,15	14 000	18
100	15	4,0	0,28	0,001	2,8	15 000	17
15	10	3,3	0,7	0,001	7	9 500	26

Die Generatoren bzw. Transformatoren arbeiten im allgemeinen auf elektrische Verteilungsnetze, deren Kapazität ihre eigene um ein Vielfaches übertrifft. Die Netzkapazität verringert nun, wie ein Blick auf Abb. 8 erkennen läßt, die Eigenschwingungszahl des der Abbildung zu entnehmenden Schwingungskreises ganz wesentlich; die Eigenschwingungszahl größerer Netze kann auf wenige hundert Hertz sinken, entsprechend einer Rückkehrzeit τ bis zu 1000 µs. Wir sind somit zu dem Ergebnis gekommen, daß in praktischen Fällen die Rückkehrzeit τ der wiederkehrenden Spannung zwischen 10 und 1000 µs liegen kann. Es gibt allerdings, wie wir gleich sehen werden, eine Ausnahme von dieser Regel.

In neuzeitlichen Verteilungsanlagen, insbesondere in Kabelnetzen, wird heute in steigendem Maße zur Verringerung der Kurzschlußströme von den sogenannten Strombegrenzungsreaktanzen Gebrauch gemacht. Meist liegen diese in den einzelnen von den Sammelschienen abgehenden Kabeln, wobei die Drosselspule, wie in Abb. 9 dargestellt, von der Sammelschiene aus gesehen vor oder hinter dem Schalter liegen kann. Beide Anordnungen sind bezüglich der nach der Unterbrechung an den Schalterkontakten wiederkehrenden Spannung gleichwertig. Die während des Kurzschlusses an der Drosselspule herrschende Spannung verschwindet nämlich bei der Unterbrechung des Kurzschlusses mit einer nur von ihren elektrischen Eigenschaften abhängigen Geschwindigkeit, und dieser Spannungsanteil erscheint als eine Komponente der wiederkehrenden Spannung an den Schalterkontakten. Die Drosselspuleninduktivität ist meist groß im Vergleich zu der der Generatoren. An der Drosselspule liegt im Kurzschluß also fast die ganze Spannung, so daß der zeitliche Verlauf der wiederkehrenden Spannung fast ausschließlich durch die Eigenschwingungszahl der Strombegrenzungs-Drosselspule bestimmt wird. Diese liegt infolge ihrer kleinen Kapazität aber in der Größenordnung von einigen hunderttausend Hertz, die Rückkehrzeit τ hat somit die Größenordnung von wenigen Mikrosekunden. Strombegrenzungs-Drosselspulen beschleunigen somit den Anstieg der wiederkehrenden Spannung ganz wesentlich, und diese ihre Eigenschaft muß hinsichtlich der Beeinflussung des Unterbrechungsvorganges eines Schalters sorgfältig beobachtet werden.

K 16128

Abb. 8. Generator und Netzkapazität.

K 16129

Abb. 9. Anordnung von Strombegrenzungs-Drosselspulen.

3. Das physikalische Problem des Abschaltvorganges.

Nach erfolgter Trennung der Kontakte eines elektrischen Hochspannungsschalters wird der Stromfluß, wie wir gesehen haben, im allgemeinen zunächst noch über einen Lichtbogen aufrechterhalten. Erst nach dem Erlöschen dieses Lichtbogens ist die Öffnung des Stromkreises vollzogen. Da bei Wechselstrom während jeder Halbperiode die Stromstärke einmal Null wird, muß der Lichtbogen, sofern er mehrere Halbperioden andauert, jedesmal nachdem der Strom die Nullinie erreicht hat, wieder neu gezündet werden. Das in Abb. 10 wiedergegebene Oszillogramm läßt diese Neuzündung des Lichtbogens nach jeder Halbperiode deutlich erkennen, der Strom bleibt nach Erreichen der Nullinie bis zur eingetretenen Neuzündung kurzzeitig auf Null liegen. Die Spannung springt in dieser Zeit auf den für die Neuzündung erforderlichen Wert. Der Lichtbogen wird erst dann endgültig erlöschen, wenn die Höhe bzw. die Anstieggeschwindigkeit der sogenannten wiederkehrenden Spannung nicht mehr zur Neuzündung ausreicht. Dies wird dann der Fall sein, wenn die Regenerierung der durch den Lichtbogen der letzten Halbperiode in einen Zustand vorzüglicher Leitfähigkeit versetzten Schaltstrecke

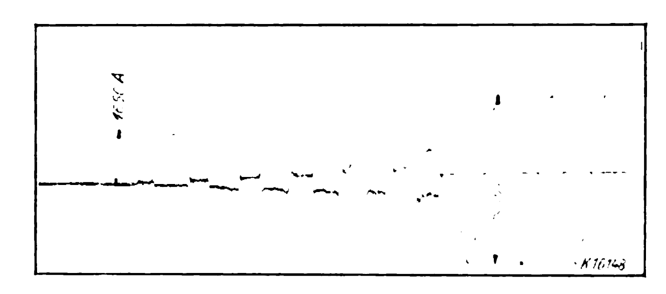


Abb. 10. Abschaltung von Wechselstrom.

schneller erfolgt als der Anstieg der Spannung. Die Zeit, die zur Regenerierung der Schaltstrecke zur Verfügung steht, haben wir durch die Betrachtungen des vorgehenden Abschnittes kennengelernt. Es ist jene Rückkehrzeit τ, die im allgemeinen mindestens 10 μs beträgt.

Um die physikalischen Vorgänge, die sich während dieser Zeit τ auf der Schaltstrecke abspielen und die zur Wiederkehr ihrer dielektrischen Festigkeit führen, verstehen zu können, ist es notwendig, zunächst kurz auf das Wesen des elektrischen Lichtbogens einzugehen. Wir können hier leider noch keine fertige Theorie bringen sondern können nur über zum Teil noch heftig umstrittene Hypothesen und persönliche Ansichten referieren.

Die folgenden Ausführungen werden sich zwar, da der Wechselstrom-Lichtbogen noch kaum erforscht ist, in erster Linie auf den Gleichstromlichtbogen beziehen, wir können jedoch ruhig annehmen, daß kein prinzipieller Unterschied zwischen der Physik des Gleichstrom- und der des Wechselstromlichtbogens besteht, denn die Änderungsgeschwindigkeit des technischen Wechselstromes ist klein im Verhältnis zu jener Geschwindigkeit, mit der die nunmehr zu betrachtenden Erscheinungen ablaufen.

Die Grundbedingung für die Existenz eines Lichtbogens ist eine hohe Temperatur des Fußpunktes auf der Kathode. Die dort herrschende Siedetemperatur des Kathodenmaterials ist als Sitz der Elektronenemission die Ursache der Ionisation vor der Kathode. Daß die Zahl der von der glühenden Kathode emittierten Ionen genügt, um die auf dem Kathodenfleck zu beobachtenden Stromdichten zu erklären, zeigt Abb. 11, die für Wolfram die nach der Richardsonschen Gleichung berechnete Elektronenstromstärke als Funktion der absoluten Temperatur wiedergibt. Da im Lichtbogen herrschender hoher Druck oder Siedeverzug die Siedetemperatur bis auf 4500° oder mehr ansteigen lassen können, sind Stromdichten bis 15 000 A/cm² und mehr durch die Temperaturemission zu erklären.

Die emittierten Glühelektronen fallen durch den Kathodenfall und werden genügend beschleunigt, um die auf hoher Temperatur befindliche Gasstrecke, die unter Umständen noch heißer als die Kathode sein kann, zu ionisieren. Dadurch wird einmal eine genügende Leitfähigkeit der Gassäule bedingt, dann werden aber auch diejenigen positiven Ionen erzeugt, die vor der Kathode gebraucht werden, um ein allzu starkes Anwachsen der negativen Raumladung zu verhindern. Im anderen Falle würde sich nämlich sehr bald vor die Kathode eine dichte Wolke negativer Elektronen lagern, die jedes Hindurchkommen weiterer Elektronen verhindern würde.

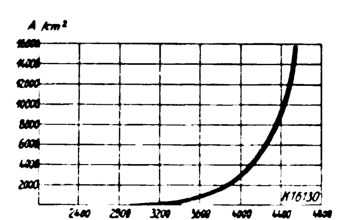


Abb. 11. Zusammenhang zwischen Kathodentemperatur und Stromdichte für Wolfram nach Richardson.

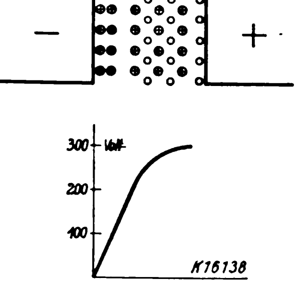


Abb. 12. Zustand der Schaltstrecke während des Stromflusses.

Die Geschwindigkeit der Elektronen ist in der Gassäule zu gering, als daß sie beim Auftreffen mit dieser Geschwindigkeit auf die Anode imstande wären, aus dieser die benötigte Zahl von Ionen herauszuschlagen. Es entsteht deshalb zunächst vor der Anode ein Fehlbetrag von Kationen durch das Wegwandern und es bildet sich vor der Anode eine negative Raumladung, die solange anwächst, bis die Beschleunigung der ankommenden Elektronen durch den so entstehenden Anodenfall für die Schaffung der nötigen Zahl der positiven Ionen groß genug geworden ist. Bei hoher Anodentemperatur kann allerdings die Glühemission für ausreichenden Ionennachschub sorgen, und diese ist wohl dafür verantwortlich zu machen, daß manche Forscher sogar negativen Anodenfall festgestellt haben.

Die Geschwindigkeit der positiven Ionen ist ihrer gegenüber den freien negativen Elektronen großen Masse wegen etwa 400mal geringer als die der negativen Elektronen. Wir können uns sonach, wie in Abb. 12 dargestellt, die Lichtbogensäule als ein Raumgitter positiver Ladungsträger vorstellen, das von den negativen Elektronen mit verhältnismäßig großer Geschwindigkeit durchstoßen wird. Die positiven Ionen tragen nichts Wesentliches zum Stromtransport bei, sie werden in erster Linie zur Herstellung der richtigen Raumladungsverteilung gebraucht.

Abb. 12 zeigt auch das Spannungsgefälle in einem zwischen Kupferelektroden in Luft brennenden Lichtbogen. Der Spannungsprung vor der Kathode, der sogenannte Kathodenfall, ist eine von der Stromstärke unabhängige und nur vom Kathodenmaterial bzw. von dem den Lichtbogen tragenden Gas abhängige Konstante, die man als eine Ionisierungs- oder Anregungsspannung ansprechen kann. Daraus, daß der Kathodenfall auch die Heraus-

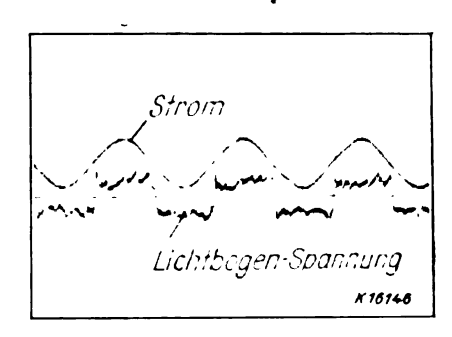


Abb. 13. Strom- und Spannungskurve eines Wechselstrom-Lichtbogens.

lösung der Elektronen aus dem Kathodenmaterial zu besorgen hat, erklärt es sich, daß die Größe des Kathodenfalles außerdem noch stark von den Kühlungsverhältnissen der Kathode abhängig ist. Am größten wird der Kathodenfall bei Lichtbogen mit sogenannter kalter Kathode, worunter Lichtbogen mit schnell über die Kathodenoberfläche hinweg wanderndem Fußpunkt verstanden werden, bei denen die Kathode nur in äußerst dünnen Schichten erhitzt wird. Für kalte Kupferelektroden in Luft beträgt der Kathodenfall z. B. 250 V, während er bei heißer Kathode auf wenige Volt heruntersinkt. Demgegenüber ist der Anodenfall keine Konstante. Wenn er auch, wie die Betrachtung der vor der Anode sich abspielenden physikalischen Vorgänge zeigte, von Haus aus eine Ionisierungspannung ist, so ist doch zu bedenken, daß die Elektronen bereits mit einer gewissen Geschwindigkeit vor der Anode ankommen und daß sich der Anodenfall um einen entsprechenden Betrag verringert. Im allgemeinen ist der Anodenfall klein gegenüber dem Kathodenfall. Für das Spannungsgefälle im eigentlichen Lichtbogen lassen sich keine allgemeinen Werte angeben, es hängt ganz von den besonderen Verhältnissen der Schaltstrecke, von der Kühlung usw. ab. Man kann nur soviel sagen, daß das Spannungsgefälle im Lichtbogen in weiten Grenzen unabhängig von der Stromstärke ist, worauf schon die bekannte durch das Oszillogramm Abb. 13 gezeigte Rechteckform der Spannungskurve eines Wechselstromlichtbogens hinweist. Die Höhe der Lichtbogenspannung ist, wie bereits früher erwähnt, bei Wechselstromschaltung im allgemeinen klein im Verhältnis zur EMK des zu schaltenden Stromkreises.

Die Temperatur des Kathodenfleckes ist durch die Siedetemperatur des Kathodenmaterials unter den herrschenden Umständen gegeben, und durch diese Temperatur ist nach Abb. 11 auch die Stromdichte auf dem Kathodenfleck festgelegt. Die Ausdehnung des Kathodenfleckes und damit auch der Querschnitt der Lichtbogensäule werden sonach bei Wechselstrom ebenso wie die Stromstärke nach einer Sinusfunktion schwanken, nennenswerte Hystereris ist, wie eine überschlägliche Berechnung der Abkühlungsgeschwindigkeit des Kathodenfleckes bzw. der Gassäule zeigt, nicht zu erwarten. Beim Stromdurchgang durch Null, währenddessen beim Wechselstrom-Lichtbogen allein eine Löschung zu erwarten ist, sind Kathodenfleck und Gassäule somit nur von geringer Ausdehnung.

Betrachten wir nun, um zum eigentlichen Löschvorgang überzugehen, die Verhältnisse, die sich unmittelbar nach dem Nulldurchgang des Stromes einstellen. Die Stromstärke wird zunächst Null bleiben. Ferner wird die an der Schaltstrecke herrschende Lichtbogenspannung noch während einer gewissen Zeit, die etwas kleiner als τ, also das etwa 10 μs im Minimum ist, bestehen bleiben, und endlich besteht auch zunächst noch die durch die Raumladungsverhältnisse des vorher bestandenen Lichtbogens gegebene Potentialverteilung, die durch den Kathoden- und Anodenfall gekennzeichnet ist. Die Tempe-

ratur der Elektroden — wir betrachten der Einfachheit halber einen Lichtbogen mit kalten Elektroden — und die der Gassäule sind in rascher Abnahme begriffen. Der Nachschub neuer Elektronen von der Kathode her kommt zum Stillstand, während die zwischen den Elektroden befindlichen Elektronen und Ionen den elektrischen Feldkräften sowohl als auch ihrer gegenseitigen Kraftwirkung ausgesetzt sind. Da die Beweglichkeit der positiven Ionen, wie bereits festgestellt, nur gering ist, können wir sie auch weiterhin in erster Annäherung als im freien Raum feststehend betrachten. Die negativen Ionen, die freie Elektronen sind, werden dagegen unter dem Einfluß des Kathodenfalles rasch von der Kathode entfernt, vor dieser eine dementsprechend schnell wachsende positive Raumladung zurücklassend, wie dies in Abb. 14 dargestellt ist. Diese Raumladung hat zur Folge, daß sich das auf der Schaltstrecke herrschende Spannungsgefälle, wie in Abb. 14 ebenfalls dargestellt, mehr und mehr nach der Kathode zu zusammendrängt. Eine Rückzündung des Lichtbogens durch die wiederkehrende Spannung wird dann unmöglich sein, wenn die Durchschlagfestigkeit des vor der Kathode befindlichen ionisierten Gases schneller zunimmt als das an irgendeiner Stelle dort herrschende maximale Spannungsgefälle. Die Durchschlagfestigkeit nimmt aber in dem Maße zu, wie die Ionisationsdichte als Folge einer durch die Abkühlung ermöglichten Rückbildung der Ionen abnimmt. Dabei kommt zum Teil eine gegenseitige Wiedervereinigung der positiven und negativen Ionen in Betracht, zum Teil werden die vor den Elektroden befindlichen Ionen von diesen wieder absorbiert werden.

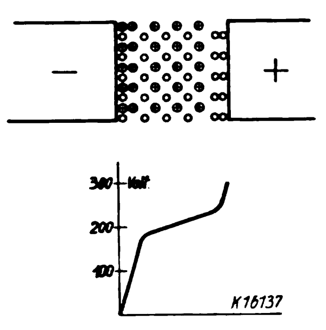


Abb. 14. Zustand der Schaltstrecke kurz nach der Unterbrechung.

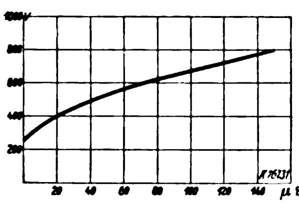


Abb. 15. Wiederkehr der dielektrischen Festigkeit einer kurzen Schaltstrecke mit kalten Elektroden nach J. Slepian.

J. S. Slepian[2] hat für eine kurze Schaltstrecke und kalte Elektroden die Wiederherstellungsgeschwindigkeit ihrer dielektrischen Festigkeit bestimmt und unter plausiblen Annahmen auch theoretisch begründet und kommt zu dem durch Abb. 15 dargestellten Zusammenhang zwischen Zeit und wiederkehrender Durchschlagfestigkeit. Man sieht, daß sich vor der Kathode offenbar unter dem Einfluß der sofort einsetzenden Absorption der positiven Ionen zwar fast augenblicklich eine Schicht mit einer Durchschlagfestigkeit von etwa 250 V bildet, daß aber die übrige Schaltstrecke einige hundert Mikrosekunden braucht, um ihre Durchschlagfestigkeit zum wesentlichen Teil zurückzugewinnen.

Die vereinfachenden Annahmen der Slepianschen Theorie treffen für den Unterbrechungslichtbogen im Ölschalter sicherlich nicht zu. Der Durchmesser der Lichtbogensäule ist mindestens zur Nullzeit des Stromes klein im Vergleich zu ihrer Länge. Die Elektroden werden ferner, da die siedende Metallschicht unter dem Lichtbogenfußpunkt eine endliche Dicke hat, im allgemeinen länger nachglühen und demzufolge länger Ionen emittieren als vorstehend angenommen wurde. Der Angriff auf die Lichtbogensäule wird demgemäß mehr von ihrer seitlichen Begrenzungsfläche her erfolgen, indem die Rückbildung der Ionen durch die dort eintretende Abkühlung in die Wege geleitet wird, bzw. indem die zu Kondensationskernen werdenden Ionen von dem Kühlmittel absorbiert werden.

Da hier bei der Bestimmung der Zeit, die die Bereinigung der Schaltstrecke in Anspruch nimmt, die Theorie versagt, so wurde versucht, mittels des Experimentes in möglichst einfacher Weise hierüber näheren Aufschluß zu gewinnen. Zu dem Zwecke nahmen wir Abschaltversuche mit Ölschaltern vor, bei denen durch ständiges Vergrößern der Kapazität von parallel zu den Generatorklemmen geschalteten Kondensatoren die Rückkehrzeit τ der wiederkehrenden Spannung allmählich gesteigert wurde. Eine günstige Beeinflussung des Abschaltvorganges wird offenbar erst dann eintreten, wenn die Rückkehrzeit τ gleich oder größer als diejenige Zeitspanne geworden ist, die die Schaltstrecke zu ihrer Regenerierung benötigt. Man kann dann umgekehrt aus der Höhe jener Rückkehrzeit auf die zur Regenerierung der Schaltstrecke benötigte Zeitdauer schließen.

In Abb. 16, die sich auf einpolige Abschaltversuche mit 7500 V, 50 Hz an einem normalen Ölschalter der

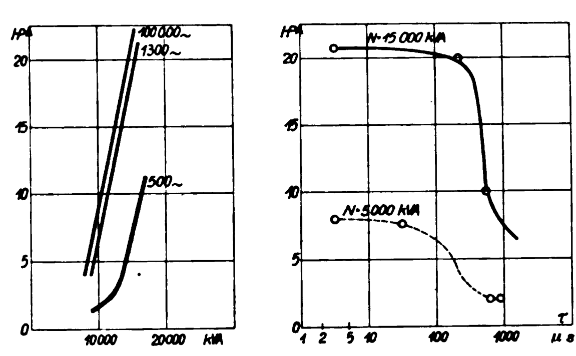


Abb. 16. Einfluß der Netzkapazität auf die Lichtbogendauer bei einem Ölschalter.

Reihe 10 mit zweifacher Unterbrechung je Phase bezieht, zeigt die linke Seite Kurven, die die Zunahme der in Halbperioden (0,01 s) gemessenen Lichtbogendauer mit der unterbrochenen Leistung angeben. Die verschiedenen Kurven beziehen sich auf verschiedene Eigenschwingungszahlen des aus Generator- bzw. Drosselspulen-Induktivität und Parallelkapazität bestehenden Schwingungskreises. Aus dieser Kurvenschar wurde nun die ausgezogene Kurve auf der rechten Seite der Abb. 16 gewonnen, die für eine jeweilig abgeschaltete Leistung von 15 000 kVA die Lichtbogendauer als Funktion der Rückkehrzeit τ festlegt. Die weiterhin eingezeichnete gestrichelte Kurve stammt aus einer anderen Versuchsreihe mit höherer Spannung und kleinerer Leistung. Beide Kurven zeigen übereinstimmend, daß bei einem Ölschalter mehrere hundert Mikrosekunden zur Regenerierung der Schaltstrecke erforderlich sind, ein Ergebnis, das mit dem der Slepianschen Arbeiten, soweit die Schaltstrecke selbst in Frage kommt, in guter Übereinstimmung steht.

Die vorhergehenden Entwicklungen haben uns damit die wichtige Erkenntnis vermittelt, daß bei den üblichen Schaltern, wenn nicht sehr große Netzkapazitäten in Frage kommen, die Regenerierungszeit der Schaltstrecke um ein Vielfaches größer ist als die Rückkehrzeit τ der wiederkehrenden Spannung. Daraus erklärt sich die verhältnismäßig große Lichtbogendauer bei den gebräuchlichen Hochspannungs-Wechselstromschaltern.

4. Der Preßluftschalter.

Bei den üblichen Schaltern, insbesondere beim normalen Ölschalter, ist der zwischen den Ausschaltkontakten brennende Lichtbogen mehr oder weniger sich selbst überlassen. Die Schaltstücke werden mit einer verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit voneinander entfernt und es wird auf diese Weise der Unterbrechungslichtbogen so lange verlängert, bis nach Ablauf irgendeiner Halbperiode die zu seiner Neuzündung zur Verfügung stehende Spannung nicht mehr ausreicht. Der Ausschaltvorgang solcher Schalter erstreckt sich bei größeren Leistungen über eine ganze Anzahl von Halbperioden, was unnötig starke Abnutzung der Kontakte, unnötige Verschlechterung des Öles und unnötig starke Beanspruchung des ganzen Schaltgerätes bedeutet. Daß demgegenüber die Konstruktion eines Schalters, bei dem ein gewaltsamer Eingriff in den Mechanismus des Lichtbogens vorgenommen wird, einen großen Fortschritt bedeuten kann, liegt auf der Hand.

Hier setzt nun der Vorschlag von Prof. Ruppel ein, den Unterbrechungslichtbogen in besonderer Weise durch einen kräftigen Preßluftstrahl auszublasen und so den Ausschaltvorgang bei der ersten sich bietenden Gelegenheit gewaltsam zu beenden. Diese Gelegenheit ist der Zeitpunkt, in dem nach erfolgter Kontakttrennung der zu unterbrechende Wechselstrom das erste Mal die Nulllinie erreicht. Daß die Vorbedingungen für die Erreichung dieses Zieles während des Nulldurchganges des Stromes nicht ungünstig sind, haben unsere früher angestellten Betrachtungen gezeigt. Die glühenden Fußpunkte des Lichtbogens haben in diesem Zeitpunkt nur einen

[2] Siehe z. B. J. S. Slepian, Theory of the Deion Circuit Breaker. J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 93. Ref.: ETZ 1929, S. 686.

sehr geringen Durchmesser, der Lichtbogen selbst ist nur dünn, und während einer gewissen Zeit τ, die im Minimum 10 μs beträgt, ist die Schaltstrecke strom- und annähernd spannungslos. Wenn es gelingt, während dieser Zeit, die bis zum Erscheinen der Zündspannung vergeht, die Schaltstrecke von den zwischen ihr verbliebenen Ionen zu reinigen und den Nachschub der von den nachglühenden Elektroden gelieferten Ionen in ungefährliche Bahnen zu lenken, so ist das erstrebte Ziel erreicht.

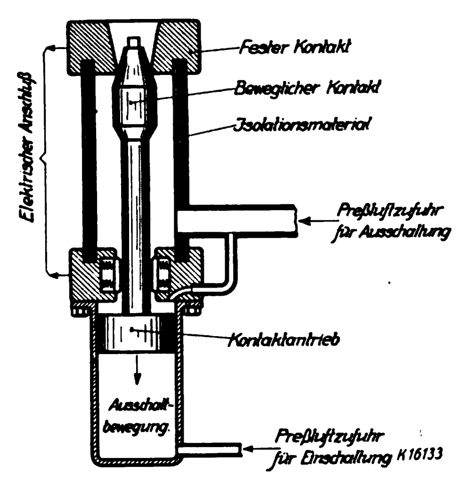


Abb. 17. Prinzipielle Skizze des Preßluftschalters.

Der Vorschlag, den Unterbrechungslichtbogen mittels eines Preßluftstrahles zu löschen, ist an sich nicht neu. Daß dieser Vorschlag bis jetzt noch nie zu praktisch brauchbaren Lösungen geführt hatte, ist nur dadurch zu erklären, daß diese mit untauglichen Mitteln versucht worden sind.

Die wichtigste konstruktive Forderung — und hier setzen die Vorschläge von Prof. Ruppel ein — die an einen Preßluftschalter zu stellen ist, ist zunächst eine derartig symmetrische Anordnung der Kontakte zum ausströmenden Luftstrahl, daß dem Unterbrechungslichtbogen ein Ausweichen nach irgendeiner Richtung unmöglich gemacht ist. Ferner soll wenigstens einer der beiden Lichtbogenfußpunkte im Bereiche einer möglichst hohen Geschwindigkeit des ausströmenden Luftstrahles sein. Aus diesen Gründen kam für die wesentlichen Teile des Schalters von vornherein nur die runde Form in Frage, der feste Kontakt wurde als den beweglichen Kontakt umhüllende Düse ausgebildet, wie in der prinzipiellen Skizze Abb. 17 gezeigt. In der Einschaltstellung schließt der als Druckkontakt ausgebildete bewegliche Kontakt, indem er sich gegen eine ringförmige Arbeitsfläche des festen Kontaktes legt, die Ausströmöffnung ab. Die Schaltbewegung des Kontaktes wird durch einen Kolben eingeleitet. Dadurch, daß beim Ausschalten sowohl der Blasraum als auch der Ausschaltzylinder vom selben Ventil aus mit Druckluft gespeist werden, wird im Verein mit einer vom Luftdruck abhängigen Verriegelung erreicht, daß mit absoluter Zwangläufigkeit der Schalter nur beim Vorhandensein eines genügenden Blasdruckes auslösen kann. Die gewählte Anordnung bietet folgende wesentlichen Vorteile:

1. Einer der beiden Fußpunkte des Unterbrechungslichtbogens befindet sich zwangsweise im Bereiche hoher Strömungsgeschwindigkeit der Blasluft.
2. Der ausströmende Luftstrahl kann durch zweckmäßige Wahl der Düsenform so geführt werden, daß die aus der Schaltstrecke herausgeblasenen Ionen und insbesondere auch die von der nachglühenden Spitze des bewegten Kontaktes emittierten Ionen nicht zur Berührung mit der Gegenelektrode kommen.
3. Der bewegte Kontakt wird in ein Gebiet hohen Luftdruckes hineingezogen, wo die durch die Pressung proportional mit dieser erhöhte Durchschlagfestigkeit die Schaltstrecke gegen Rückzündung verriegelt.

Um die geschilderten Vorteile voll ausnutzen zu können, waren der Formgebung der Kontakte sowohl als auch der der Austrittsdüse ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Eine günstige Form ergibt zunächst eine hohe Strömungsgeschwindigkeit der Blasluft, und daß hohe Strömungsgeschwindigkeit von ausschlaggebender Bedeutung für den Löschvorgang ist, läßt Abb. 18 erkennen. Auf dieser sind drei verschiedene Stellungen des beweglichen Kontaktes während seiner Ausschaltbewegung dargestellt. Es ist klar, daß bei jeder dieser Stellungen ganz verschiedene Strömungsverhältnisse an der Spitze des beweglichen Kontaktes gegeben sind und daß beim untersten Bild die höchste Strömungsgeschwindigkeit an der Kontaktspitze zu erwarten ist. Zahlreiche Abschaltversuche ergaben, daß bei einer Stellung des Kontaktes nach Abb. 18c weitaus die günstigsten Löschbedingungen gegeben waren.

Eine günstige Formgebung der Kontakte vermeidet aber auch unnötige Wirbelbildungen im ausströmenden Luftstrahl und ermöglicht so überhaupt erst den Forttransport der von der Spitze des beweglichen Kontaktes emittierten Ionen, ohne daß diese die feste Gegenelektrode erreichen. Nur so ist eine Neuzündung des Lichtbogens nach erfolgtem Nulldurchgang des Stromes mit Sicherheit zu verhindern.

Abb. 19 zeigt, wie wir uns auf Grund unserer bisherigen Untersuchungen den Löschvorgang am Preßluftschalter vorzustellen haben. Wir sahen früher, daß Lichtbogenquerschnitt und Fußpunkt des Lichtbogens zur Nullzeit des Stromes nur klein sind, eine Tatsache, die im zweiten Teilbild der Abb. 19 zur Darstellung gebracht ist. Die Verhältnisse sind hier nur insofern übertrieben gezeichnet, als die Luftgeschwindigkeit gegenüber der Änderungsgeschwindigkeit des 50periodigen Wechselstromes zu klein angenommen wurde, was sich aus zeichnerischen Gründen nicht vermeiden ließ.

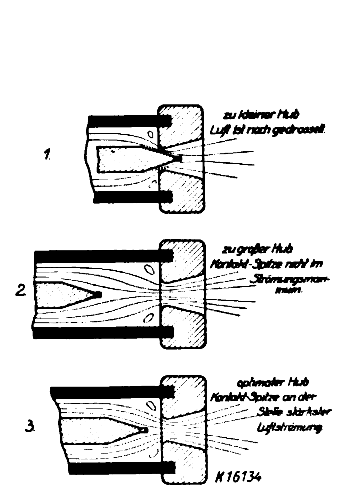


Abb. 18. Luftströmung bei verschiedenen Stellungen des beweglichen Kontaktes.

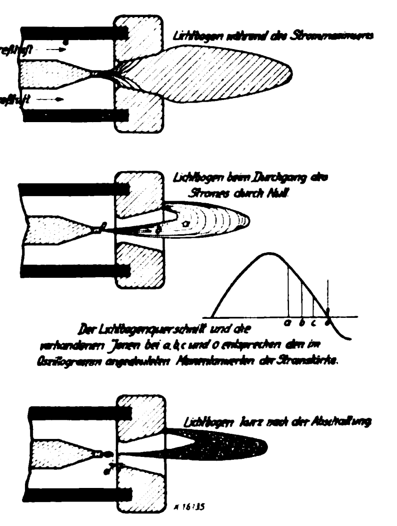


Abb. 19. Löschvorgang beim Preßluftschalter bei Stromstärken von 10...20000 A.

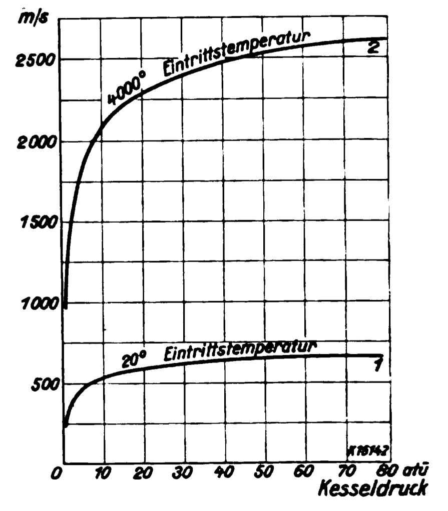


Abb. 20. Luftgeschwindigkeiten in der Kontakttulpe.

Das dritte Teilbild zeigt den Zustand der eben vollendeten Unterbrechung, die sich demnach folgendermaßen abspielt: Die Lichtbogensäule wird von der ausströmenden Preßluft in Form eines schlanken, spitz zulaufenden Kegels von der Spitze des bewegten Kontaktes abgehoben. Die noch kurze Zeit nachglühende Spitze sendet zwar noch Ionen aus, die aber wegen ihrer geringeren Geschwindigkeit und der Luftwirbel an der abgestumpften Kontaktspitze hinter der sich schnell entfernenden Kegelspitze zurückbleiben. Am festen Gegenkontakt, wo der Lichtbogen dem Luftstrom ausweichen konnte und wo sich sein Fußpunkt infolgedessen in einer Zone verhältnismäßig geringer Luftgeschwindigkeit befindet, wird zu dieser Zeit die Lichtbogensäule noch anhaften. Die Unterbrechung spielt sich also nur in unmittelbarer Umgebung der Spitze des bewegten Kontaktes ab und ist dann als gelungen zu betrachten, wenn — vom Nulldurchgang des Stromes ab gerechnet — nach der Rückkehrzeit τ der wiederkehrenden Spannung der Abstand a groß genug geworden ist, um bei dem herrschenden Luftdruck von dieser nicht mehr durchgeschlagen zu werden. Da die hier herrschenden Durchschlagverhältnisse denen zwischen zwei Spitzen ähneln, erklärt sich das Fehlen aller Polaritätserscheinungen bei der dargestellten Schalteranordnung. Wir sehen aber jetzt auch ein, daß in erster Linie das Material der Spitze des bewegten Kontaktes den Abschaltvorgang beeinflußt.

In Abb. 20 zeigt Kurve *1* die bei richtiger Formgebung der Ausströmdüse zu erwartende höchste Luftgeschwindigkeit als Funktion des aufgewendeten Blasdruckes, wobei Luft von normaler Temperatur vorausgesetzt ist. Mit dieser Temperatur kann, wie noch gezeigt werden wird, zur Zeit des Nulldurchganges des Stromes gerechnet werden. Sofern mit einem Luftdruck von mindestens 5 at gearbeitet wird, beträgt, wie die Kurve zeigt, die am Düsenende zu erwartende höchste Geschwindigkeit etwa 500 m/s, an der Spitze des bewegten Kontaktes kann sie zu etwa 300 m/s angenommen werden. Auf der anderen Seite wurde im Forschungsinstitut der AEG die auf einer Wegstrecke von 1 cm zu erwartende mittlere Austrittsgeschwindigkeit der von einem glühenden Metall emittierten Ionen zu

$$v = 0{,}023 \frac{\mathfrak{E}}{p} \quad [\mathrm{m/s}]$$

ermittelt, wo $\mathfrak{E}$ die längs jener Wegstrecke herrschende Feldstärke in V/cm und p der dort herrschende Luftdruck in kg/cm² sind. Diese Formel ergibt für unsere Verhältnisse mit etwa $\mathfrak{E} = 10\,000$ V/cm und $p = 10$ kg/cm² eine Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen von nur 23 m/s, deren geringer Wert sich dadurch erklärt, daß die aus dem Metall freiwerdenden Glühelektronen sich infolge der großen Gasdichte sehr schnell an größere Molekülkomplexe anlagern. Damit ist aber unsere vorhin gemachte Voraussetzung bewiesen, daß die Eigengeschwindigkeit der von der nachglühenden Kontaktspitze ausgesandten Ionen klein ist im Vergleich zur Luftgeschwindigkeit an dieser Stelle, und daß es infolgedessen gelingen muß, die Ionen in der gewünschten Richtung fortzublasen.

Nehmen wir, um ein Beispiel zu betrachten, einen Schalter für 15 kV Betriebspannung mit einer Unterbrechungstelle je Phase an, der mit einem Luftdruck von 10 at betrieben werde. Die Rückkehrzeit der wiederkehrenden Spannung sei 10 µs. Bei einer Luftgeschwindigkeit von 300 m/s an der Kontaktspitze stellt sich in dieser Zeit zwischen dieser und dem Ende des fortgeblasenen Lichtbogens ein Abstand $a = 3$ mm ein, der bei dem Druck von 10 at gerade noch einer Spannung von 23 kV widersteht. Das Ergebnis dieser kleinen Rechnung steht in guter Übereinstimmung mit dem Ergebnis von Versuchen, wie Abb. 21 zeigt. In dieser ist aus der links dargestellten Kurvenschar rechts die an einem Preßluftschalter ermittelte Abhängigkeit der Lichtbogendauer von der Rückkehrzeit τ der wiederkehrenden Spannung herausgezogen. Man kann sich durch einen Blick auf die so erhaltene Kurve leicht davon überzeugen, daß der Preßluftschalter nicht mehr als etwa 10 µs zur Regenerierung seiner Schaltstrecke benötigt, wobei zu berücksichtigen ist, daß die der Abb. 21 zugrundeliegenden Versuche mit 7500 V und einem Blasdruck von nur 2,5 at ausgeführt wurden. *(Schluß folgt.)*

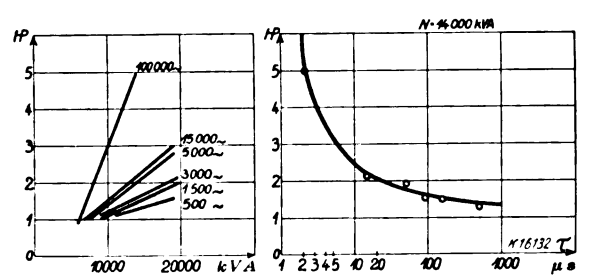


Abb. 21. Einfluß der Netzkapazität auf die Lichtbogendauer beim Preßluftschalter.

Neuere Untersuchungen über das betriebsmäßige Verhalten von Quecksilberdampf-Gleichrichtern*.

Von **J. v. Issendorff,** Berlin.

Übersicht. Die Forschungsergebnisse der letzten Jahre haben unsere Kenntnis von dem Mechanismus des Stromübergangs zwischen den Elektroden des Quecksilberdampf-Gleichrichters zu einem gewissen Abschluß gebracht. Nach einem Überblick über die physikalischen Vorgänge beim Stromtransport im Hg-Dampf geringer Dichte wird über zwei im Dynamowerk der SSW benutzte Untersuchungsmethoden und deren für die Betriebsicherheit der Gleichrichter außerordentlich wichtige Ergebnisse berichtet. Es wird das Vorhandensein von Restladungen in den Anodenräumen während der stromlosen Phase nachgewiesen, die sich durch Nachleuchten und durch Anodenrückströme kennzeichnen, ferner über Maßnahmen zu ihrer schnelleren Beseitigung berichtet. Zum Schluß wird die Anwendung dieser Ergebnisse auf das Rückzündungsproblem behandelt und dargelegt, daß der Quecksilberdampf-Gleichrichter, vor allem der Großgleichrichter, in ein neues Entwicklungsstadium getreten ist, welches neben erheblicher Steigerung der Betriebsicherheit die Erreichung der höchsten zur Zeit wirtschaftlichen Umformerleistungen in Aussicht stellt.

Der Quecksilberdampf-Gleichrichter wird gewöhnlich als ein elektrisches Ventil dargestellt, dessen Stromdurchlässigkeit in einer Richtung durch die Fähigkeit der Kathode zur unbegrenzten Elektronenemission gegeben ist, während die Stromsperrung in der entgegengesetzten Richtung auf der Unfähigkeit der Anode zur Elektronenemission beruht. Naturgemäß hat man also die Vorgänge an den Elektroden selbst studiert und durch die Vervollkommnung der Konstruktion, namentlich der Anoden, die Gleichrichterleistung zu steigern gesucht. Entsprechend wurde auch in der Literatur den Elektroden die Hauptaufmerksamkeit gewidmet. Man hat sich z. B. sehr viel Mühe gegeben, die Spannungsabfälle an diesen zu ermitteln, ohne allerdings die Vorgänge in der Entladungsbahn genügend zu kennen, die zunächst wenig experimentelle Angriffspunkte zu bieten schienen. Erst durch die Messung der Gehäuseströme am Großgleichrichter wurden dann von Schenkel und Schottky[1] neue Wege zu erfolgreicher Forschungsarbeit gewiesen, die uns jetzt weitgehende Klarheit über die Wirkungsweise des Gleichrichters gebracht hat. Unter anderem ist entdeckt worden, daß die zu Potentialmessungen im Lichtbogen bisher benutzten metallischen Sonden ganz beträchtliche Polarisationserscheinungen aufwiesen. Demgemäß sind alle älteren Spannungsabfallmessungen an den Elektroden fehlerhaft und haben die aufgewandte Mühe nicht gelohnt. Dieses Beispiel möge Ihnen zeigen, wie wichtig die Untersuchungen der Vorgänge gerade im Entladungsraum selbst sind, und ich habe es deshalb als meine Aufgabe angesehen, Ihnen eine zusammenfassende Darstellung von den Ergebnissen dieser Untersuchungen zu bringen, die sich recht gut zu einem anschaulichen Bild zusammenfügen lassen. Hiermit ist eine gewisse Vernachlässigung der Vorgänge an den Elektroden selbst verbunden, die ich mir im Hinblick auf das anfangs Gesagte erlauben

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 23. X. 1928. Besprechung s. S. 1099 dieses Heftes.

[1] M. Schenkel u. W. Schottky, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 2 S. 252 (1922).



zu können glaube; erst zum Schluß wird dann als Folgerung aus den gewonnenen Erkenntnissen die Beeinflussung der Anode von der Entladungsbahn aus behandelt, um daraus wirksame Mittel zur Vermeidung von Rückzündungen zu gewinnen.

I.

Betrachten wir die Entladungsbahn des Quecksilberbogens im Glasgleichrichter, so unterscheiden wir bekanntlich einen dunkleren Teil über der Kathode, der den auf der Hg-Oberfläche herumtanzenden Kathodenfleck umgibt, ferner meist einen helleren Teil an den Anoden, etwa in Form einer Flamme, die sich gern an Vertiefungen der Anode ansetzt, und dazwischen einen gleichmäßig leuchtenden Teil, der die Anodenarme in ihrer ganzen Länge ausfüllt. Dieser Teil, die sog. positive Säule, wird uns zunächst beschäftigen.

In der positiven Säule unterscheiden wir Elektronen, positive Ionen und neutrale Quecksilberatome. Von den Eigenschaften der Elektronen interessiert vor allem, daß die Zusammenstöße mit Hg-Atomen bei kleinen Geschwindigkeiten vollkommen elastisch, bei hohen Geschwindigkeiten teils elastisch, teils lichtanregend und ionisierend sind. Die Ionen können wir uns einfach als Atome vorstellen, in deren äußerer Elektronenschale ein Elektron fehlt, so daß die positive Kernladung um eine Ladungseinheit überwiegt. Das Ion ist dadurch an Masse und Ausdehnung nicht merklich kleiner geworden als das neutrale Atom und möge sich auch, soweit es nicht durch äußere Felder beeinflußt wird, ganz nach den gaskinetischen Gesetzen bewegen, d. h. vollkommen elastische Stöße mit den neutralen Atomen ausführen. Alle anderen Komplikationen, z. B. die Bildung von Molekülen oder Molekülgruppen positiver oder negativer Ladung sowie das Vorhandensein der langlebigen angeregten Atomzustände, die mehr oder weniger hypothetischer Natur sind, ferner auch die Entstehung mehrwertiger Ionen, können wir hier durchaus vernachlässigen. Sie sind — wir können sagen: glücklicherweise — zur anschaulichen Erklärung der zu betrachtenden Vorgänge überflüssig.

Da wir es nun mit drei in ihrem Verhalten recht gut bekannten Teilchenarten zu tun haben, könnten wir annehmen, daß diese drei einfach wie ein Gasgemisch zu behandeln seien, besonders nachdem erkannt worden war, daß eine Wiedervereinigung der Elektronen und Ionen im freien Raum und reinen Hg-Dampf gar nicht oder in verschwindend geringem Maße erfolgt[2]. Dieses Verhalten wird wohl am besten durch einen astronomischen Vergleich plausibel, indem man sich die Ionen als Sonnen, die Elektronen als Kometen vorstellt. Nur unter besonders günstigen Bedingungen wird das Einfangen eines Kometen zu dauerndem Verbleib in einem der Sonnensysteme erfolgen können.

Indessen zeigt sich die zunächst überraschende Abweichung vom normalen Gasgemisch hauptsächlich darin, daß die drei trotz ihrer innigen Durchdringung unter dem Einfluß des elektrischen Feldes keineswegs die gleiche Temperatur haben[3] sondern einen ganz erheblichen Unterschied aufweisen. Die Temperatur der Elektronen liegt nämlich normalerweise[4] zwischen 10 000 und 30 000 °, die der Atome wird größenordnungsmäßig etwa 1000 ° betragen, und die am schwierigsten zu bestimmende, der Ionen, wird zwischen diesen Extremen wahrscheinlich näher der unteren Grenze anzunehmen sein. Von Temperaturen zu sprechen, die an sich nur die ungeordneten molekularen Bewegungszustände kennzeichnen, ist man hier berechtigt, weil, wie wir später sehen werden, die ungeordnete Bewegung auch der Elektronen einer bestimmten Gesetzmäßigkeit folgt. Die ungeordnete Geschwindigkeit der Ladungsträger ist natürlich von deren mittlerer Fortschreitungsgeschwindigkeit in Richtung des elektrischen Feldes wohl zu unterscheiden, die bei den zur Anode wandernden Elektronen wegen ihrer größeren Beweglichkeit etwa 400mal größer ist als bei den entgegengesetzt wandernden Ionen. Praktisch tragen also die Elektronen den gesamten Strom, die Ionen sind eigentlich nur zur Raumladungskompensation da und müssen daher die Entladungsbahn in gleicher Dichte erfüllen wie die Elektronen, um unbegrenzt hohe Entladungsströme zu ermöglichen. Wichtig ist noch, daß die ungeordnete Geschwindigkeit der Elektronen im Mittel erheblich größer als ihre mittlere Fortschreitungsgeschwindigkeit ist. Läßt man nämlich Elektronen aus der positiven Säule durch einen Spalt in Nebenräume treten, so findet man, daß die ausgetretenen keine Richtung bevorzugen und sich nach allen Seiten gleichmäßig verteilen.

[2] R. Seeliger, Phys. Z. Bd. 30, S. 329 (1929).
[3] R. Seeliger, Phys. Z. Bd. 15, S. 780 (1914).
[4] I. Langmuir, Phys. Rev. Bd. 23, S. 109 (1924).

Eine auffallende Wirkung der hohen Temperatur des Elektronengases ist die negative Aufladung aller festen Körper, die sich in der Nachbarschaft der positiven Säule befinden, also der Gefäßwände, Schutzrohre und Sonden aller Art, gleichgültig, ob sie aus leitendem oder nichtleitendem Material bestehen. Diese Wirkung wird leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß die Moleküle eines heißen Gases nicht nur mit größerer Geschwindigkeit sondern auch häufiger die Wand treffen als die eines kalten. Da wir es nun bei den Elektronen mit einem sehr heißen Gase zu tun haben, so muß deren Stoßzahl diejenige der Ionen weit übersteigen und an der Wand eine negative Aufladung hervorrufen. Gleichwohl steigt das negative Wandpotential nicht ins Ungemessene; denn das vor der Wand entstehende elektrische Feld bremst die Elektronen und beschleunigt die Ionen, bis sie in gleicher Zahl eintreffen und nun das Wandpotential sich nicht mehr ändert. Damit ist ein Gleichgewichtszustand erreicht. Diejenigen Elektronen, deren Geschwindigkeitskomponente senkrecht zur Wand einen dem jeweiligen Wandpotential entsprechenden Grenzwert unterschreitet, müssen dann vor Erreichung der Wand wieder umkehren und in die Entladungsbahn gewissermaßen zurückfallen.

Diese Überlegung gibt uns bereits ein einfaches Mittel an die Hand, die sog. Geschwindigkeitsverteilung festzustellen, nämlich die Zahl derjenigen Elektronen zu ermitteln, die ein bestimmtes Gegenpotential noch zu überwinden vermögen. Man braucht nur eine Sonde an eine variable Gleichspannung zu legen und den Strom zu messen, den sie aufnimmt. Es ergibt sich die bekannte Charakteristik[5] Abb. 1, die als Abszisse das Sonden-

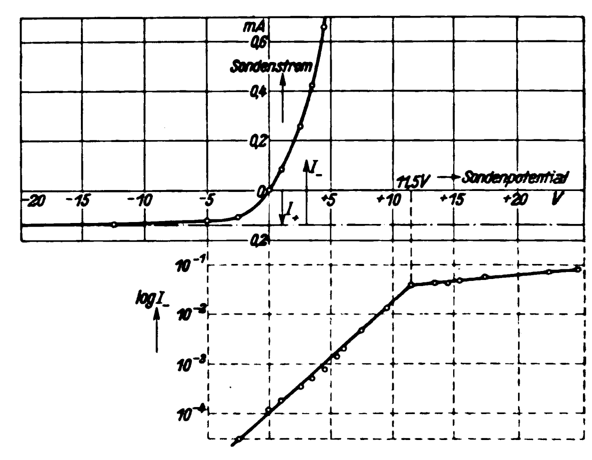


Abb. 1. Charakteristik einer Zylindersonde im Hg-Vakuum-Bogen.

potential, als Ordinate den Sondenstrom zeigt. Als Nullpunkt der Darstellung ist hier das Potential der isolierten Sonde gewählt, das man z. B. mit einem statischen Voltmeter gegen einen beliebigen Punkt des äußeren Gleichstromkreises ermitteln kann. Bei negativen Sondenpotentialen erhalten wir einen annähernd konstanten Ionenstrom (hier nach unten gezeichnet) dessen Sättigungscharakter später erklärt wird. Da sich dieser Ionenstrom auch dem bei steigendem Potential beginnenden Elektronenstrom überlagern muß — jedenfalls bis zu einem noch unbekannten positiven Potentialwert dieser Darstellung —, so können wir ihn einfach dadurch eliminieren, daß wir die Abszissenachse um den Sättigungsbetrag des Ionenstromes tiefer legen, wie strichpunktiert angegeben ist. Man erkennt nun, daß der Elektronenstrom sich anscheinend nach einer Exponentialfunktion mit der Spannung ändert, und der Gedanke liegt nahe, diesen Strom jetzt in logarithmischem Maßstab darzustellen[6], wie es in dem darunter gezeichneten Schaubild geschehen ist. Überraschenderweise ergibt sich eine Gerade über einen Bereich von etwa 15 V (wenn eine genügend kleine Sonde benutzt wurde) und damit ein sehr schöner Beweis für die sog. Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen, die eine solche Abhängigkeit aus mathematischen Gründen fordert. Aus der Steigung dieser Geraden lesen wir eine mittlere Voltgeschwindigkeit[7] von 1,9 V oder auch die Temperatur der Elektronen ab und

[5] Wie Fußnote 1.
[6] I. Langmuir u. H. Mott Smith jr., Gen. El. Rev. Bd. 27, S. 449 (1924). — J. v. Issendorff, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 4, S. 121 (1925).
[7] Dieses Geschwindigkeitsmaß entspricht etwa dem Ausdruck „Geschwindigkeitshöhe" der Hydromechanik.

erhalten den hohen Betrag von 22 000 ° abs. bei der im vorliegenden Falle verhältnismäßig geringen Dampfdichte.

Der in der linearen Darstellung zu hoch anwachsende Strom ist in der halblogarithmischen noch für höhere positive Potentiale fortgesetzt und zeigt einen unvermittelten Übergang zu einem Sättigungswert, der sich allerdings im Gegensatz zum Ionenstrom nur über wenige Volt erstreckt, weil sehr bald die Stoßionisation einsetzt und die Sonde zur selbständigen Anode wird. Der ausgeprägte Knickpunkt hat eine besondere Bedeutung, er bezeichnet das wahre Potential des Lichtbogens am Ort der Sonde. Alle, auch die langsamsten Elektronen, vermögen in diesem Falle die Sonde zu erreichen, und eine weitere Erhöhung des Sondenpotentials kann die Zahl der ankommenden Elektronen dann nur durch zusätzliche Ionisation noch schwach vermehren. Wir sehen hier, daß das wahre Potential des Sondenorts noch um 11,5 V höher liegt als das Potential der isolierten Sonde. Diese große Differenz sinkt allerdings mit steigendem Dampfdruck und ist bei normalem Betriebsdampfdruck nur etwa halb so groß, so daß man hier mit Sondenaufladungen von 4 ... 6 V rechnen kann.

In Abb. 2 ist die Potentialverteilung im Längsschnitt einer einfachen Hg-Dampf-Entladungsröhre in räumlich perspektivischer Darstellung gezeichnet. Die äußeren

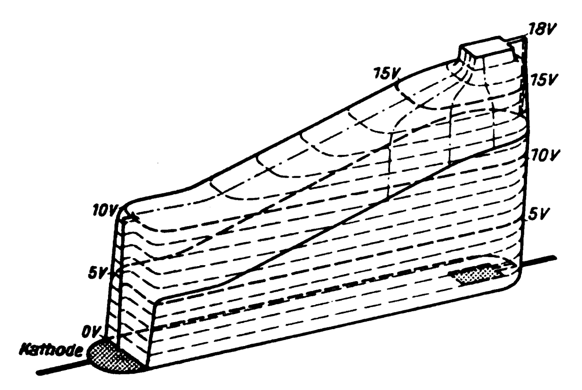


Abb. 2. Räumliche Potentialdarstellung über dem Längsschnitt einer Entladungsröhre.

Umrisse sind aus den gestrichelten Äquipotentiallinien zu erkennen, die hier zugleich Höhenlinien sind. Das Kathodenpotential ist willkürlich mit Null bezeichnet. Eine stärker gezeichnete Linie gibt das Potential der Röhrenwand an, das ungefähr dem Messungsergebnis der alten Sondenmethode entspricht und einen Kathodenfall von 5,3 V sowie einen Anodenfall von rd. 6,5 V entnehmen läßt. Tatsächlich steigt das wahre Potential der Entladungsbahn noch beträchtlich höher an, über dem Kathodenfleck fast senkrecht auf über 10 V und in der Umgebung der Anode so weit, daß nur 1 ... 2 V Differenz als Anodenfall übrigbleiben. Diese Verschiebung der Werte muß als relativ sehr beträchtlich bezeichnet werden. Die hier benutzte räumliche Darstellung gibt auch ein recht anschauliches Bild der Bewegung der Ladungsträger, die in Richtung des Feldes, also senkrecht zu den Äquipotentiallinien beschleunigt werden. Die Fortschreitungsrichtung der Ionen wird dann etwa diejenige von Kugeln sein, die, auf den Körper gelegt, an ihm herabrollen (z. B. längs der strichpunktierten Linien), während man zur Betrachtung der Elektronenbewegung die Figur auf den Kopf stellen muß und sich eine Zahl leichter Bälle im Innern des Körpers herabtanzend vorzustellen hat, von denen ein kleiner Teil bis zur Randlinie (Röhrenwandpotential) hinauf zu springen vermag. Dieser Teil neutralisiert die dort ankommenden Ionen und bedeutet einen Verlust, der durch Neubildung von Trägern in der positiven Säule wieder ausgeglichen werden muß.

Für den Übergang der Ladungsträger auf feste Materie ist noch ein weiterer Umstand von Bedeutung: das fast unvermeidliche Auftreten von einhüllenden Raumladungsschichten. Nimmt eine negative Sonde nur Ionen, eine positive Sonde nur Elektronen auf, so ist bis zu einer gewissen Entfernung von ihrer Oberfläche nur die eine Trägerart vorhanden, deren Einzelteilchen diese Strecke natürlich nicht momentan sondern in einer endlichen Zeitspanne durchlaufen. Während des Durchgangs erzeugen diese Träger gemeinsam eine Raumladungsschicht, die man sich wohl am einfachsten als den einen Belag eines Kondensators vorstellen kann, welcher mit dem Lichtbogen in leitender Verbindung steht, während die Sondenoberfläche den anderen Belag bildet. Man erkennt dann ohne weiteres, daß dieser Kondensator auf die volle Sondenspannung aufgeladen ist und diese infolgedessen in ihrer elektrostatischen Einwirkung auf den Lichtbogen kompensiert. Bei einer Änderung der Sondenspannung ändert sich die Dicke der Raumladungsschicht, die auch Childschicht[8] genannt wird, in dem Maße, daß die neue Zahl der darin enthaltenen Träger gerade den dieser Spannung entsprechenden Ladungszustand des ideellen Kondensators herstellt. Die noch außerhalb befindlichen Träger werden also nur dann gewissermaßen eingefangen, wenn sie zufällig durch ihre spontane Eigenbewegung an die Schichtgrenze gelangen, wodurch sich ohne weiteres der Sättigungscharakter des Trägerstromes ergibt, den wir für beide Trägerarten in der Darstellung Abb. 1 erkennen, wenn auch noch dadurch eingeschränkt, daß die äußere Begrenzungsfläche der Schicht hier, wie bei vielen Sondenformen, mit der Schichtdicke anwächst. Durch rechnerische Korrektur dieses Einflusses läßt sich der wahre Sättigungscharakter jedoch sehr schön bestätigen[9].

Da wir das Potential + 11,5 V der Darstellung als das wahre Potential des Sondenortes erkannt haben, so wird es verständlich, daß bei allen niederen Potentialwerten, namentlich auch im Falle der isolierten Sonde, positive Raumladungsschichten vorgelagert sein müssen, die die von der Sonde ausgehenden Kraftlinien bereits in geringer Entfernung „absättigen". Derselbe Effekt muß auch an sämtlichen Wänden und Flächen eines Gleichrichters auftreten, ausgenommen an den geraden stromführenden Anoden, die allein positives Potential gegenüber dem Lichtbogen besitzen. Hohe positive Sondenpotentiale sind nicht zu verwirklichen, da die Sonden zu Anoden werden, alle negativen werden durch Ionenschichten unwirksam. Die wichtigste Folgerung aus dieser Erkenntnis ist aber, daß es so gut wie unmöglich ist, mit Hilfe von künstlich angelegten elektrostatischen Feldern einen bestehenden Lichtbogen zu steuern oder zu löschen. Die Felder reichen bei den normalen Belastungsströmen nur Bruchteile von Millimetern in die Entladung hinein und sind in größerer Entfernung ganz wirkungslos. Es ist interessant, festzustellen, daß manche Patentanmeldungen auf der Unkenntnis dieser Verhältnisse beruhen und daher wertlos sind.

Von ganz besonderem Interesse ist der Feldverlauf vor den Anoden in der Sperrphase. Hier können sich positive Raumladungsschichten natürlich nur dann ausbilden, falls der vorgelagerte Raum ionisiert ist. Ein solcher Zustand ist aber dann möglich, wenn nach Erlöschen des Anodenstromes die in der Entladungsbahn vorhandenen Ionen eine merkliche Zeit (> 1 ms) gebrauchen, um zu den Wänden zu diffundieren. Tatsächlich konnte festgestellt werden, daß im voll belasteten Gleichrichter die Dampfdichte groß genug ist, um die Wanddiffusion der

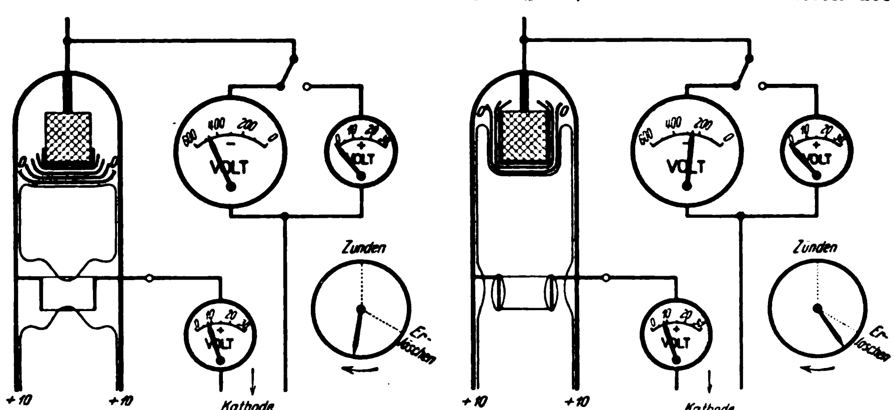


Abb. 3. Darstellung der Feldverteilung in einem Anodenarm durch Trickfilm (Ausschnitt).

Ionen und der elektrostatisch an diese gefesselten Elektronen so zu verlangsamen, daß sich merkliche Abkling-

[8] C. D. Child, Phys. Rev. Bd. 32, S. 498 (1911).
[9] I. Langmuir, Gen. El. Rev. Bd. 26, S. 371 (1923).

zeiten der Ionisation ergeben. Wir haben die in der Sperrphase noch nachweisbaren Ladungsträger einfach „Restladungen" genannt. Die Restladungen sind die eigentliche Ursache der schon seit längerer Zeit bekannten Rückströme, die bei Quecksilberdampf-Gleichrichtern aller Spannungen im genügend warmen Zustand auftreten. Mit dem Abklingen der Restladungen infolge ihrer Diffusion zur Wand ist zugleich ein Anwachsen der positiven Raumladungsschicht an dieser und an den jetzt negativen Gleichrichteranoden verbunden, da die Kraftlinien natürlich um so weiter reichen, je weniger Ionen für ihre Absättigung zur Verfügung stehen. Um den steten Wechsel der Feldverteilung im Laufe der Wechselstromperioden verständlich machen zu können, werde ich jetzt einen Trickfilm zeigen, in dem das Wandern von Äquipotentiallinien im Längsschnitt eines Anodenarmes als besonders anschauliche Darstellungsform gewählt worden ist. (Abb. 3 enthält Einzelbilder dieses Trickfilmes, auf denen die 100 V - Linien stark, die + 10 V - Linien schwach gezeichnet sind.)

Von besonderer Bedeutung für das Studium der Vorgänge im Hg-Dampf-Gleichrichter ist die Tatsache, daß die bisher besprochenen Entladungsformen sich durch ihre verschiedene Lichtemission für das Auge deutlich unterscheiden. Auf die noch recht unsicheren Theorien dieses Leuchtens möchte ich hier nicht eingehen sondern mich auf die Beschreibung der Beobachtungen beschränken. Die positive Säule leuchtet, soweit sie von Wänden genügend nahe umgeben ist, in dem bekannten weiß-bläulichen Licht. In den Schichten positiver Raumladung dagegen ist das Leuchten kaum wahrzunehmen, diese erscheinen völlig dunkel und heben sich daher in Abb. 4

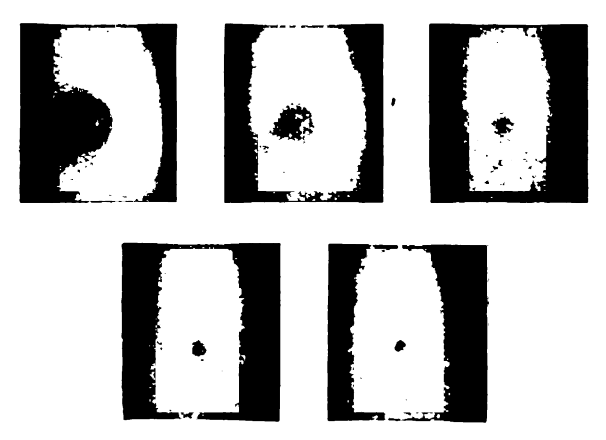


Abb. 4. Raumladungsbildung um eine Zylindersonde im Gleichstromlichtbogen bei — 500, — 200, — 11,5, 0 und + 10 V.

deutlich ab, die eine in axialer Richtung gesehene Zylindersonde in einem schwachen Lichtbogen von 0,15 A zeigt. Bemerkenswert ist die Schärfe der Begrenzung nach der positiven Säule zu, die sehr an die nahe verwandte Form des Saumes des Hittorfschen oder Kathodendunkelraumes einer Glimmentladung erinnert. Bei Verminderung der negativen Sondenspannung, die jeweils angegeben ist, sehen wir den Dunkelraum schmaler werden. Wir haben es hier mit derselben Sonde zu tun, von der ich Ihnen zu Anfang die Charakteristik gezeigt habe, nur mit dem Unterschied, daß jetzt die wahren Potentialwerte, bezogen auf den Sondenort, angegeben sind. Im Fall der isolierten Sonde, also bei — 11,5 V, ist der Dunkelraum zwar verwaschen, aber noch deutlich zu erkennen. Erst beim Potential Null, wo die Sonde den vollen Elektronensättigungsstrom aufnimmt, ist er verschwunden. Die Sonde scheint hier die Entladung überhaupt nicht zu stören. Dann aber zeigt die Sonde bei positivem Potential einen Lichtsaum, der die Elektronenraumladung anzeigt. Hier tritt infolge der Erhöhung der Elektronengeschwindigkeit eine vermehrte Stoßionisation ein. Das Sondenpotential läßt sich nun nur unwesentlich weiter steigern, weil wegen der Durchbrechung der Raumladung durch die anschwellende Stoßionisation die Stabilität der Raumladung aufhört. Dann wird die Sonde unter geringem Spannungsrückgang zur selbständigen Anode und zeigt das normale Aussehen einer solchen.

Noch eine Leuchterscheinung ist bei Hg-Gleichrichtern auffällig, die des in die Kondensräume einströmenden Dampfes, welcher rötlich-violett erscheint. Genau dieselbe Leuchtfarbe fanden wir in den Armen eines voll belasteten Glasgleichrichters während der Sperrphase. Hierzu benutzten wir eine Schlitzscheibe — auch stroboskopische Scheibe genannt —, die durch einen Asynchronmotor von geringem Schlupf angetrieben wurde. Nun ist einwandfrei festgestellt worden, daß der rötlich leuchtende Hg-Dampf ionisiert ist und daß das Leuchten erlischt, wenn die Ladungsträger durch elektrische Felder entfernt werden[10]. Es hat sich aber gleichzeitig gezeigt, daß an der negativen Platte wieder die dunkle Ionenraumladungsschicht entsteht, die eine Ablenkung zur positiven Platte hin vortäuscht[11] und das Feld zunächst nicht durchdringen läßt. Magnetische Felder haben einen kaum wahrzunehmenden Einfluß auf den ionisierten Dampf, sie zwingen die Ladungsträger zu Kreisbahnen und bewirken daher mehr eine Wirbelbewegung. Dagegen haben Dampfströmungen einen sehr starken Einfluß, die den ionisierten Dampf einfach fortblasen, weil er durch keine inneren Feldkräfte festgehalten wird[12]. Eingelegte Flächen aus beliebigem Material laden sich ähnlich wie in der positiven Säule negativ auf und umgeben sich daher mit Dunkelschichten, die mit der Verarmung der Restladungen rasch anwachsen. Aus dem beschriebenen Verhalten des nachleuchtenden Dampfes erkennen wir, daß die Beobachtung durch die stroboskopische Scheibe ein einfaches Mittel darstellt, die Restladungen in den Armen des Glasgleichrichters nachzuweisen und die Maßnahmen zu ihrer schnelleren Beseitigung zu prüfen. Auch Filmaufnahmen durch die Schlitzscheibe hindurch sind uns gelungen; man gewinnt dadurch eine Zeitlupendarstellung, die sich durch eine besonders hohe Bildzahl von etwa 5000 ... 8000 Aufnahmen in der Sekunde auszeichnet[13].

Den theoretischen Teil meines Vortrages möchte ich jetzt mit einigen energetischen Bemerkungen zum Abschluß bringen. Bekanntlich ist zur Ablösung eines Elektrons von einem Hg-Atom im freien Raum die sog. Ionisierungsarbeit von 10,38 V nötig. An festen Körpern ist die Bindung minder fest, man hat an den schweren Metallen Ablösearbeiten von der Größenordnung 4 V gefunden. Zweifellos müssen bei der Rückkehr des Elektrons die entsprechenden Energien wieder frei werden, die z. B. für Nickel- und Molybdän-Elektroden als Elektronen-Eintrittsarbeiten experimentell nachgewiesen werden konnten[14]. Wie verhalten sich nun die Energien, wenn wie im normalen Falle sich ein Ion und ein Elektron erst an der Wand, z. B. an einem Hg-Tröpfchen, das dort haftet, wiedervereinigen, wo sie zu verschiedenen Zeiten eintreffen mögen. Läßt man zufällige kinetische Energien unberücksichtigt, so muß die Summe der Eintrittsarbeiten φ_+ und φ_- ebenso groß sein wie die Summe derjenigen Energien, die bei räumlicher Wiedervereinigung und Kondensation des gebildeten neutralen Atoms an dem Tröpfchen frei würden, die V_i und L genannt sein mögen;

$$\varphi_+ + \varphi_- = V_i + L \; {}^{*15}.$$

Die Größen dieser Gleichung sind mit Ausnahme der Eintrittsarbeit der Ionen durch Messungen sichergestellt. Für φ_+ verlangt die Gleichung danach einen Betrag von 7,1 Voltäquivalenten, der jedoch noch keine experimentelle Bestätigung finden konnte[16]. Es ergaben sich nämlich dafür beträchtlich kleinere Werte von der Größenordnung 1 V, allerdings unter Verhältnissen, die relativ sehr große Fehlerquellen bedingten. Da außerdem ein vermuteter Effekt der Abstrahlung von fast der gesamten Neutralisierungsenergie[17] der Ionen noch nicht beobachtet worden ist[18] und auch physikalisch nicht fest genug begründet erscheint, dürfte ein zwingender Grund für eine von Compton vorgeschlagene Modifikation der angegebenen Gleichung noch nicht vorliegen.

Besonders wichtig ist die Kenntnis der Eintrittsarbeiten für die Berechnung der Energieverhältnisse an den Elektroden. An den Anoden des Gleichrichters macht diese keine Schwierigkeiten, um so mehr aber an der Kathode, wo der Strom gleichzeitig von austretenden Elektronen und eintretenden Ionen in noch unbekanntem Verhältnis getragen wird. Die Energiebilanz der Bogen-

[10] W. S. Rayleigh, Proc. Roy. Soc. Bd. 108, S. 262 (1925).
[11] J. Stark, Ann. Phys. Bd. 14, S. 506 (1904).
[12] W. Schottky u. J. v. Issendorff, Z. Phys. Bd. 31, S. 163 (1925).
[13] Solche Filme wurden bereits gelegentlich der VDE-Jahresversammlung 1928 in Berlin vorgeführt. Vgl. M. Schenkel, ETZ 1928, S. 1522.
[14] J. v. Issendorff, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 4, S. 124 (1925) bzw. C. C. van Voorhis, Phys. Rev. Bd. 30, S. 318 (1927).
*[15] W. Schottky, Ann. Phys. Bd. 62, S. 143 (1920). — W. Schottky u. J. v. Issendorff, Z. Phys. Bd. 26, S. 85 (1924).
[16] C. C. van Voorhis, wie Fußnote 14.
[17] K. T. Compton u. C. C. van Voorhis, Proc. Nat. Ac. Sc. Bd. 30, S. 336 (1927).
[18] Dauvillier, Journ. Phys. et Chim. Bd. 7, S. 369 (1926). — F. M. Penning, Physica Bd. 8, S. 13 (1928).

kathode ist daher ein interessantes Gebiet der heutigen Forschungstätigkeit.

Die Behauptung, daß die Wiedervereinigung von Ionen und Elektronen nur an festen Wänden eintritt, wird einerseits durch die Rechnung gestützt, die auf dieser Grundlage[19] annähernd zu dem richtigen Ergebnis führt, daß das Spannungsgefälle der positiven Säule in einem kreiszylindrischen Rohr sich umgekehrt proportional zum Rohrdurchmesser verhält[20], anderseits durch den Befund, daß durch eingelegte, zur Lichtbogenachse parallele Flächen die Ionisation schneller zum Abklingen gebracht

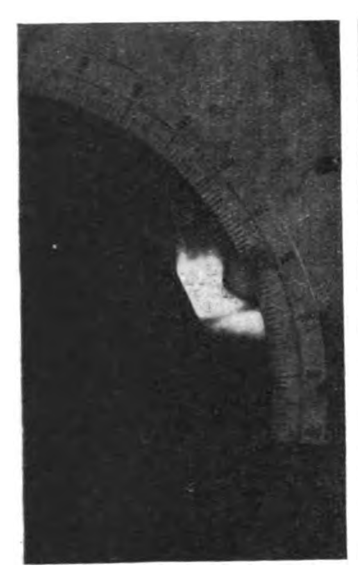
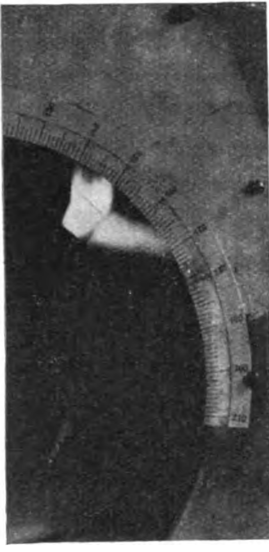



Abb. 5. Übergang des normalen Leuchtens in das Nachleuchten.

wird als im freien Raum. Nur eine Frage bleibt dann ungeklärt, warum nämlich der Restladungen enthaltende Dampf trotz fehlender räumlicher Wiedervereinigung leuchtet. Jedenfalls gilt die ausgesprochene Behauptung nicht völlig streng, und es können sich vielleicht 1 % oder weniger der vorhandenen Träger im freien Raum neutralisieren, wobei genügend Strahlungsenergie frei würde, ohne daß die soeben angeführten Argumente dadurch ihre Beweiskraft einbüßen. Mit diesen energetischen Betrachtungen steht auch in gutem Einklang, daß trotz des hellen Leuchtens der Säule die mittlere Temperatur des Dampfes, die mit dem Entladungsstrom ansteigt, die Größenordnung von 1000 ° normalerweise nicht zu überschreiten braucht, da fast alle Ionisierungsenergie direkt zu den Wänden transportiert wird[21].

Zur Vervollständigung der Kenntnis der für das Nachleuchten notwendigen Bedingungen sei noch die interessante Entdeckung mitgeteilt, daß das weißliche Leuchten in das rötliche nicht stetig übergeht sondern daß einen Augenblick anscheinend vollkommene Lichtlosigkeit herrscht[22], wie Abb. 5 zeigt. Absichtlich ist hier der photographische Apparat von der Schlitzscheibe entfernt aufgestellt, so daß man den Gleichrichterarm nicht einheitlich als Momentaufnahme sieht, sondern die oberen Teile des Armes sind zeitlich v o r den unteren Teilen aufgenommen, ganz entsprechend der Belichtungsweise einer Schlitzverschlußkamera. Der Apparat ist so aufgestellt worden, daß die Bilder das Ende der Stromdurchgangszeit und den Anfang der Sperrzeit umfassen. Beide Phasen werden getrennt durch einen dunklen Streifen, dessen Breite hiernach knapp einen Bogengrad beträgt, was 10^{-4} s entspricht. Da wir schon wissen, daß das rötliche Leuchten im Feldgebiet der positiven Raumladung nicht gefunden wurde, so müssen wir schließen, daß auch hier ein elektrisches Feld das Leuchten verhindert, u. zw. kann es nur das durch die positive Anode erzeugte sein, welches kurz vor dem Erlöschen so schwach geworden ist, daß keine Stoßionisation oder Anregung mehr erfolgt, also auch das diese begleitende weiße Leuchten aufgehört hat. Die in weniger als 10^{-5} s erfolgende Spannungsumkehr der Anode gestattet wohl keine andere Erklärung. Die Schlitzbreite muß natürlich genügend klein sein, sonst verschwindet der Dunkeleffekt durch Verwischung.

Sie sehen, meine Herren, daß das Bild, das man sich heute von den Vorgängen in der positiven Säule des Hg-Bogens machen kann, in einigermaßen befriedigender Weise abgeschlossen erscheint. Ich kann nun dazu übergehen, Ihnen einige der neueren Untersuchungsergebnisse an betriebsmäßig belasteten Gleichrichtern vorzuführen, deren Deutung auf Grund des bisher Gesagten keine Schwierigkeiten bereiten wird.

II.

Das Auftreten der Restladungen nach der Stromdurchgangsphase hat sich als einer der wichtigsten Vorgänge im Quecksilberdampf-Gleichrichter herausgestellt. Gerade die Tatsache, daß die damit zusammenhängenden Effekte im Vollastgebiet rapid anwachsen, legt den Gedanken nahe, daß die Belastungsgrenze in engem Zusammenhang mit den Restladungen stehen muß. Das Verhalten der Restladungen und die Wirkungsweise einzelner Mittel zu ihrer Bekämpfung läßt sich an Hand eines Filmes beschreiben, der in der bereits erwähnten Weise aufgenommen worden ist. Zum Beweis für die Berechtigung dieser beobachtenden Untersuchungsmethode und als Ergänzung werde ich anschließend noch einige Oszillogramme bringen, die den Rückstrom an einer Anode in der Sperrphase direkt zeigen. Einzelne typische Bilder aus den letzten Teilen des Films[23], die den Einfluß der Überlastung bei höherer Spannung erkennen lassen, werden nachstehend besprochen.

Abb. 6 zeigt den oberen Teil des Anodenarmes eines kleinen Glasgleichrichters für 15 A in der Stromdurchgangsphase. Alle übrigen Teile des Gleichrichters sind verdeckt, um die Leuchterscheinungen ungestört beobachten zu können. Die Lage der Anode ist allerdings nur beim Stromdurchgang deutlich zu erkennen. Abb. 7 veranschaulicht den Beginn der Glimmentladung an derselben Anode in der Sperrphase bei einer Belastung von 15 A, 700 V. Bei der hier vorliegenden Dampfdichte ist der Hittorfsche Dunkelraum noch so ausgedehnt, daß das negative Glimmlicht sich nur über den Rillen der gerippten Anode an der Glaswand ausbilden kann. Bei Überlastung des Gleichrichters mit 20 A, 700 V sehen wir dann in Abb. 8 die ganze Anode vom Glimmlicht umhüllt; ein Zeichen, daß die Dampfdichte noch beträchtlich weiter angestiegen ist, die nach einer bekannten Regel der Dicke des Kathodendunkelraumes ungefähr umgekehrt proportional ist. Auch nach Abschaltung der Gleichstrombelastung bleibt die Glimmentladung noch etwa eine Minute lang bestehen, d. h. solange der Dampfdruck hoch genug bleibt.

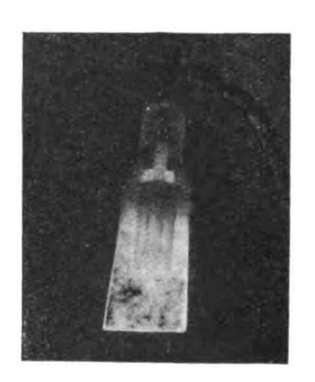


Abb. 6. Stromführende Gleichrichteranode.



Abb. 7. Beginnende Glimmentladung an der Anode.

Mit der letztgenannten Belastung ist bereits die Rückzündungsgrenze erreicht. Mehrfach traten Rückzündungen an der beobachteten Anode auf, sie wurden aber durch vorgeschaltete Widerstände absichtlich begrenzt, um die Aufnahmen nicht zu stören. Eine derartig kurz aufzuckende Lichterscheinung wurde auch so günstig vom Film erfaßt, daß man, wie Abb. 9 zeigt, den Ansatzpunkt der Rückzündung ungefähr erkennen kann.

Nach einer Methode, die in ähnlicher Weise vor längerer Zeit von G ü n t h e r s c h u l z e[24] benutzt wurde, haben

[19] W. Schottky, Phys. Z. Bd. 25, S. 342 (1924).
[20] A. Güntherschulze, Z. Phys. Bd. 41, S. 718; Bd. 42, S. 763 (1927).
[21] Eigene Messungen des Verf. Vgl. a. R. Seeliger u. H. Straehler, Phys. Z. Bd. 28, S. 894 (1927).
[22] A n m e r k u n g b e i d e r K o r r e k t u r: Nachträglich wurde festgestellt, daß der gleiche Effekt bereits auf anderem Wege gefunden worden ist: Lucy H a y n e r, Phys. Rev. Bd. 26, S. 364 (1925).

[23] Die bereits in der ETZ 1928, S. 1523, veröffentlichten Bilder aus den ersten Teilen des Filmes sind dort versehentlich auf den Kopf gestellt.
[24] G. Schulze, ETZ 1910, S. 28.

wir im Laboratorium Oszillogramme des Anodenrückstromes aufnehmen können. Dieser ist an sich verschwindend klein, nämlich $10^4 \dots 10^6$mal geringer als der Vorwärtsstrom. Bedient man sich eines Hilfsgleichrichters nach dem Schaltbild Abb. 10, so wird der hohe Vorwärtsstrom durch diesen abgeleitet, während der Rückstrom seinen Weg durch ihn dann nicht finden kann, wenn er sich in genügend kaltem Zustand befindet. Die parallel zum Hilfsgleichrichter liegende Oszillographenschleife zeigt also im durchlässigen Stadium nur dessen Spannungsabfall an, im Sperrstadium aber den gesamten Rückstrom des warmen Hauptgleichrichters. Durch Einschalten des Hilfsgleichrichters kurz vor dem Oszillographieren konnten wir, wie sich feststellen ließ, ausreichende Fehlerfreiheit erzielen. Abb. 11 zeigt den Verlauf des Rückstromes bei einem Glasgleichrichter, der mit Vollast eingeschaltet wurde. Der nach 15 min schon fast voll ausgebildete Rückstrom ist 5 s nach dem Einschalten gerade erst zu erkennen und fehlt ½ s nach dem Einschalten noch völlig. Auf diesem ersten Teilbild sieht man nur die nicht ganz zu vermeidenden induktiven und kapazitiven Einflüsse, die aber wesentlich kleiner als der voll ausgebildete Rückstrom sind. In Abb. 12 erkennen wir die Abhängigkeit des Rückstromes von der Gleichrichterbelastung im Dauerzustand: wir haben hier ein Ansteigen der Maximalwerte etwa mit der 3. Potenz der Gleichstrombelastung zu verzeichnen in guter Übereinstimmung mit dem mitgeteilten Verhalten des Nachleuchtens im Anodenarm.



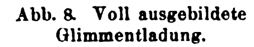


Abb. 8. Voll ausgebildete Glimmentladung.



Abb. 9. Ansatz des Rückzündungs-Lichtbogens.

Die Wirkung eingelegter Flächen vor den Anoden wird durch Abb. 13 veranschaulicht; die starke Spitze des Rückstromes bei freier Strombahn wird hier etwa auf den dritten Teil vermindert. Ganz entsprechend wirkt das Durchblasen von neutralem Hg-Dampf aus einem erhitzten Ansatzrohr durch den Anodenarm quer vor der Anode in ein gekühltes Ansatzrohr hinein, wie Abb. 14 zeigt, jedoch ergab sich, daß diese Wirkung nur bei niederer Gleichrichterspannung, etwa bis 220 V, eintritt. Wegen der Dampfdruckerhöhung kann nämlich bei höherer Gleichrichterspannung die Glimmentladung sich so stark ausbilden, daß sie sich wie in Abb. 15 deutlich als Buckel im Rückstromoszillogramm, u. zw. in der Mitte der Sperrperiode, d. h. im negativen Spannungsmaximum, ausprägt. Infolgedessen wird man, um die Glimmentladung zu vermeiden, bei höheren Gleichrichterspannungen auf die zusätzliche Erzeugung neutralen Dampfes verzichten müssen. Dagegen kann man aber zusätzliche Kondensationsflächen in allen Fällen verwenden, wenn man sie so anordnet, daß der vergiftete Dampf, der von der Kathode heranströmt, von den Anoden abgelenkt wird. Eine recht erfolgreiche Anwendung fand diese Erkenntnis am Glasgleichrichter. In der gleichzeitigen Anwendung einer zweckmäßigen Dampfstromführung mit dem Einbau ionenabsorbierender Flächen in die Anodenstrombahnen haben wir auch beim Großgleichrichter das Mittel an der Hand, die Rückströme und deren Abklingzeiten in ausreichendem Maße zu reduzieren.

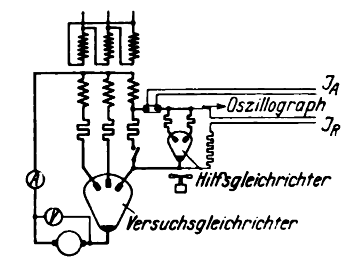


Abb. 10. Schaltbild für Rückstrom-Oszillogramme.

III.

Der letzte Teil dieses Vortrages soll nun der wichtigen Frage gewidmet sein: In welchem Zusammenhang stehen die mitgeteilten Untersuchungsergebnisse mit dem Rückzündungsproblem? Als Ursache einer Rückzündung ist schon verschiedenes genannt und manches Mittel zu deren Verhinderung angegeben worden. Trotzdem kommen immer noch Rückzündungen vor und bilden immer noch die Belastungsgrenze eines Gleichrichters, während bei anderen elektrischen Maschinen die Leistung im allgemeinen durch die Erwärmung begrenzt wird.

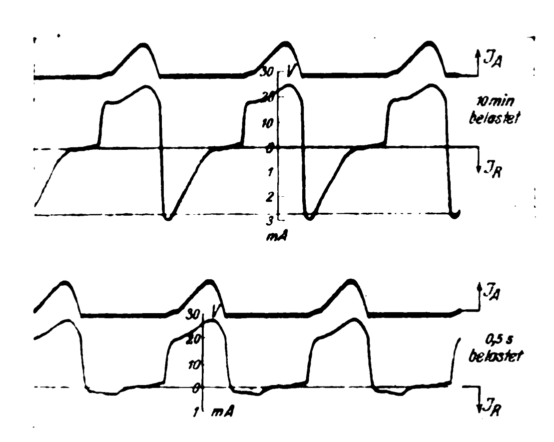


Abb. 11. Abhängigkeit des Rückstromes J_R von der Belastungsdauer.

Als Rückzündung wird das momentan eintretende völlige Versagen der Ventilwirkung bezeichnet. Sie entspricht in ihrer Wirkung dem Rundfeuer eines Einankerumformers, d. h. einem dreh- und gleichstromseitigen Kurzschluß. Physikalisch ist sie dadurch gekennzeichnet, daß zunächst eine Anode an einer kleinen Stelle ihrer Oberfläche die Fähigkeit zur unbegrenzten Elektronenemission erlangt. Diese Stelle ist nichts anderes als der kathodische Brennfleck einer Bogenentladung.

Auf welche Weise hat sich diese im verkehrten Sinne fließende Bogenentladung entwickeln können? Mit dieser Frage bin ich bei einem Thema angelangt, das an dieser Stelle bereits im Februar durch Herrn Seeliger[25] behandelt worden ist, und dessen Ergebnisse und Folgerungen auch für das Rückzündungsproblem von großem Wert sind. Wir hörten, daß ein Lichtbogen, der nicht durch vorausgehenden Elektrodenkontakt „gezogen" ist, sich aus der Glimmentladung entwickelt, die wieder aus einer Townsend-Entladung entstanden ist. Zur Illustration kann ich Ihnen diesen Vorgang in einem Trickfilm künstlich verlangsamt

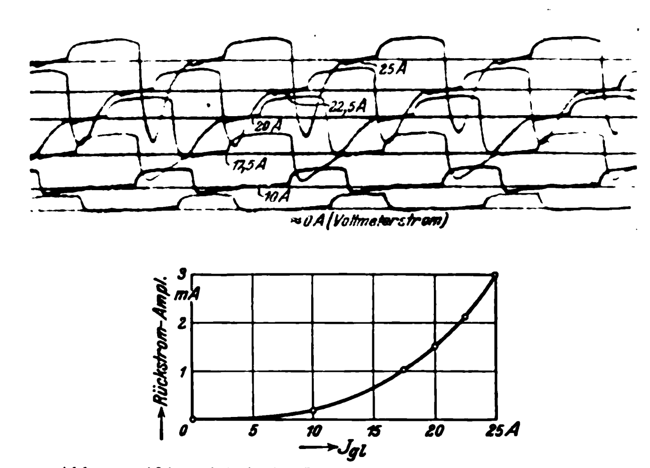


Abb. 12. Abhängigkeit des Rückstromes vom Belastungsstrom.

vorführen, den ich der Anregung und Unterstützung von Herrn Seeliger verdanke. (Abb. 16 enthält Einzelbilder dieses Trickfilmes: Im oberen Teil des Bildes wird durch einen wandernden Punkt die Stromspannungscharakteristik einer vollständigen Entladung gezeichnet, deren Abszisse nach einem besonderen Maßstab unterteilt ist, so daß man den Stromverlauf über viele Zehnerpotenzen verfolgen kann. Darunter ist ein Entladungsrohr skizziert, in dem der Potentialverlauf zwischen den Elektroden während des ganzen Entwicklungsvorganges in Gestalt einer veränderlichen

[25] R. Seeliger, ETZ 1928, S. 853.



Skala eingetragen ist. Diese folgt genau den Bewegungen des Punktes im oberen Bildteil. Gleichzeitig wird die Benennung der jeweiligen Entladungsform angegeben.)

Die Townsendentladung zu Anfang scheint die Aufgabe zu haben, die Entladungsbahn vorzuionisieren. Im Gleichrichter haben wir dagegen, wie das vorgeführte Material Ihnen beweisen sollte, bereits eine Vorionisierung in Gestalt der Restladungen, also wird die Townsendentladung, die an sich auch nicht raumladungsbeschwert ist, hier ausscheiden. Aus den abklingenden Restladungen kann eine stabile Glimmentladung sich aber ohne weiteres entwickeln, wie uns das Oszillogramm bewiesen hat, wenn nur der Dampfdruck genügend hoch ist.

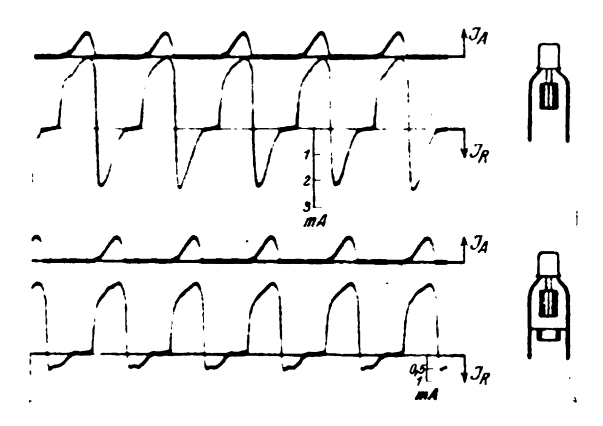


Abb. 13. Verminderung des Rückstromes durch Restladungsabsorption.

Schwierigkeiten macht dagegen die Erklärung des Übergangs von der Glimmentladung zum Bogen. Dieser ist nämlich an reinen Graphit- oder Eisenkathoden künstlich nur bei Spannungen zu erreichen, die wesentlich höher als die normalen Gleichrichterspannungen sind, selbst bei heller Rotglut der betreffenden Glimmkathode. Anderseits können Rückzündungen schon eintreten, ohne daß auch nur andeutungsweise eine stabile Glimmentladung vorhanden gewesen wäre, deren Stromstärke bei ansteigender Spannung gemäß der vorgeführten Charakteristik hätte zunehmen müssen. Für die Entwicklung einer solchen Rückzündung muß daher noch eine notwendige Bedingung erfüllt werden, nämlich die Anwesenheit eines katalytisch wirkenden Stoffes in Berührung mit der Elektrodenoberfläche. Als Rückzündungskatalysatoren sind in erster Linie Alkalien, alkalische Erden und Stoffe zu nennen, die diese enthalten, wie Glas, Asbest u. a. Ferner ist flüssiges Hg als gefährlicher Stoff erkannt, aber auch das Anodenmaterial selbst, wenn es in pulverig losem Zustand die Anode bedeckt, als Folge der Zerstäubung, die in den Sperrphasen durch den Anprall positiver Ionen entsteht. Bedenkt man, welcher Beanspruchung das Anodenmaterial hierdurch ausgesetzt ist, wenn die schweren Hg-Ionen wie

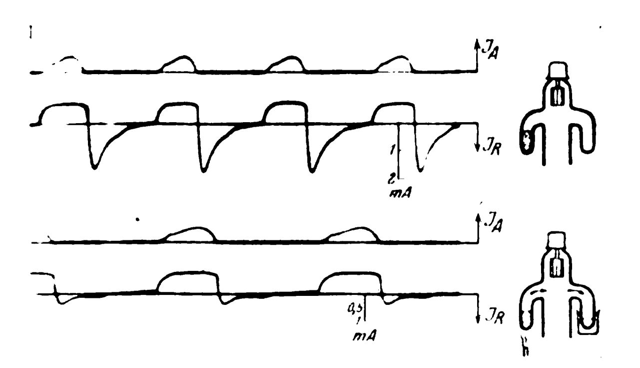


Abb. 14. Fortblasen der Restladungen bei niederer Spannung.

Geschosse mit 20 ... 40 km/s Geschwindigkeit auf dessen Oberfläche prallen, so wird die Zerstäubungserscheinung leicht verständlich. Allerdings ist das Vorhandensein der genannten gefährlichen Stoffe allein auch keine hinreichende Bedingung für die Auslösung einer Rückzündung, denn der Gleichrichterbetrieb wird sogar bei künstlich übertriebener derartiger Verschmutzung nicht völlig gestört sondern es wird nur die Strombelastungsgrenze mehr oder weniger stark herabgesetzt.

Obgleich über den Mechanismus der Bildung des kathodischen Brennflecks noch wenig bekannt ist, steht doch fest, daß die Verunreinigungen in der Sperrzeit erst zur Elektronenemission angeregt werden müssen, und das kann, da die Temperatur der Anoden und die vorhandene Ultraviolettbestrahlung normalerweise nicht ausreichen, nur durch Ionenstoß, d. h. bei Vorhandensein von Rückstrom irgendwelcher Art geschehen. Wie hoch dieser Rückstrom im einzelnen Fall ansteigen darf, ist allerdings nicht bekannt; im Gegenteil ist nach der Erfahrung anzunehmen, daß es eigentliche kritische Werte nicht gibt, daß vielmehr der Zufall eine gewisse Rolle spielt. Das wird um so plausibler, wenn man bedenkt, daß der Rückstrom nicht

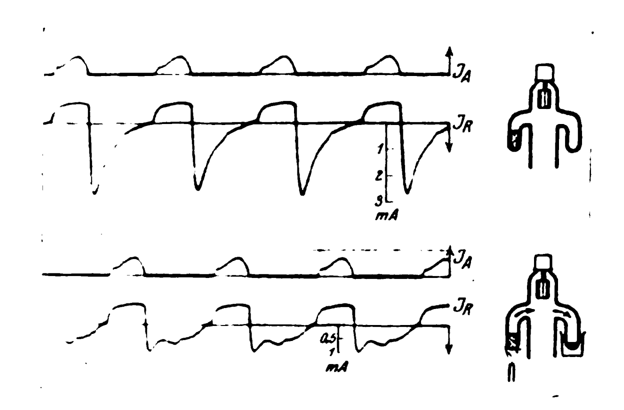


Abb. 15. Blaswirkung bei höherer Spannung, Glimmentladung.

nur durch die Restladungen im Anodenrohr allein bedingt ist sondern durch Strömungen und gelegentliche Dampfdruckwellen noch unregelmäßige Zusätze erhält.

Man kann nun grundsätzlich zwei Hauptarten von Rückzündungen unterscheiden, wenn man von dem Sonderfall des Anspritzens einer heißen Anode mit Hg absieht: Erstens die Überlastungsrückzündung des Gleichrichters im sauberen, gut entgasten Zustande und zweitens die schon behandelte Verunreinigungsrückzündung. Die erstere tritt bei wesentlich höherer Belastung ein als die zweite, d. h. bei so hohen Dampfdrücken, daß sich in den Sperrphasen bereits die Glimmentladung stabil entwickeln kann. Aus dieser kann sich, wie der letzte Film gezeigt hat, bei Überschreitung eines Spannungshöchstwertes, der auch vom Dampfdruck abhängt, der Bogen entwickeln. Immerhin ist zu vermuten, daß auch hier gefährliche Stoffe, die vielleicht in sehr feiner Verteilung vorhanden sind, eine gewisse Rolle spielen, da sie in weit stärkerem Maße als die Dampfdrucksteigerung den kritischen Spannungshöchstwert herabsetzen können.

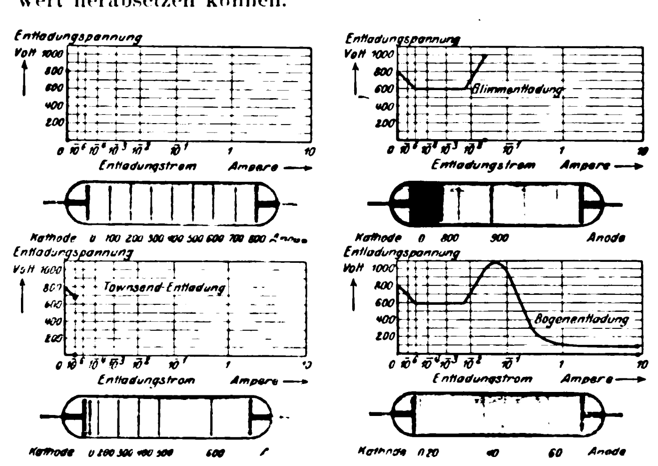


Abb. 16. Entwicklung der Bogenentladung.

Bei der zweiten Rückzündungsart, deren Belastungsgrenze wesentlich tiefer liegt, kommt es im allgemeinen nicht zur Ausbildung der stabilen Glimmentladung, weil die Dampf- oder Gasdichte nicht ausreicht. Dann ist nämlich der Hittorfsche Dunkelraum so ausgedehnt, daß seine Dicke die Größenordnung des Anodenrohrdurchmessers erreicht hat, wodurch die Trägernachlieferung, die an einer Glimmkathode immer im Gleichgewicht sein muß, gestört ist. Die Rückzündung setzt dann ohne erkennbaren

Anlaufvorgang unmittelbar im Laufe der Sperrphase ein. Diese Art findet man zuweilen bei Gleichrichtern, die längere Zeit im Betrieb waren; sie ist eine ausgesprochene Alterserscheinung und wird oft von den Zerstäubungsteilchen verursacht, die zur Anodenoberfläche zurückgekehrt sind, oder auch von Fremdkörperchen, die infolge ihrer negativen Aufladung in der Stromphase zur Anode befördert wurden[26]. Daraus erklärt sich, daß ein Großgleichrichter älterer Ausführung, der auf dem Prüfstand noch hoch überlastbar war, nachher im Betrieb bei Strömen, die unter der Nennstromstärke lagen, Rückzündungen haben konnte. Bei Glasgleichrichtern mit ihrem einfachen, sauberen Aufbau tritt dieses Nachlassen im allgemeinen nicht ein.

Welches sind nun die Mittel, die das Altern des Großgleichrichters, d. h. die ungünstige Veränderung der Anoden, zu verhindern geeignet sind? Es sind die hier bereits eingehend behandelten Mittel zur Verringerung des Rückstromes, nämlich niederer Dampfdruck, Dampfstromführung durch geeignete Anordnung der Kühlflächen und ionenabsorbierende Flächen, deren Nutzen also hier als indirekt zu bezeichnen ist. Da man nämlich durch diese Mittel jetzt erreicht hat, den Rückstrom auf einen geringen Bruchteil zu reduzieren, wie die Oszillogramme Ihnen zeigen sollten, so ist es damit gelungen, die schädlichen Veränderungen, die durch die Zerstäubungserscheinungen entstehen, entsprechend zu verlangsamen und die Lebensdauer der Gleichrichter auf ein Vielfaches zu erhöhen. Die Verringerung des Rückstromes hat aber auch einen direkten Nutzen durch die verminderte Reizung der katalytischen Stellen gebracht, wie sich aus der wesentlichen Steigerung der Belastbarkeit der Gleichrichter auf dem Prüfstand ergeben hat. Dieser Nutzen war um so mehr ausschlaggebend, je größer die Typen der eisernen Quecksilberdampf-Gleichrichter ausgelegt wurden; denn mit der Vergrößerung aller Abmessungen mußten auch der Einfluß der Restladungen und die Stabilität der Glimmentladung zunehmen.

Nur durch die Beherrschung der genannten Mittel ist es also möglich gewesen, die bis vor wenigen Jahren noch als Grenze angesehene Typenstromstärke von etwa 2000 A wesentlich zu überschreiten. Heute erscheint diese Grenze auf mehr als den zehnfachen Wert hinausgerückt, so daß die begründete Aussicht besteht, mit einer Einheit des Quecksilberdampf-Gleichrichters die höchsten zur Zeit von der Wirtschaft benötigten Umformerleistungen zu bewältigen.

[26] Dällenbach, Gerecke u. Stoll, Phys. Z. Bd. 26, S. 10 (1925).

Unterirdische elektrische Tunnelbahn zur Aktenbeförderung in Berlin.

Von Dr.-Ing. **L. Traeger**, Berlin.

Übersicht. In dem neuen Gebäudekomplex der OPD. Berlin dient eine neuartige elektrische Tunnelbahn zur Beförderung des Aktenmaterials zwischen den weit voneinander entfernten Aktenaufzügen in verschiedenen Gebäuden. Zwei Aktenaufzüge sind durch ihre Wirkungsweise besonders für die Aktenverteilung eingerichtet. Die elektrische Tunnelbahn arbeitet in den Stationen direkt mit Schrägaufzügen zusammen. Ausführung, Schaltung und Wirkungsweise der Anlage und der Förderwagen sind eingehend beschrieben. Auf die Bedeutung der elektrischen Tunnelbahnen neben den pneumatischen Stadtrohrpostanlagen ist hingewiesen.

In dem neuen großen Gebäudekomplex der Oberpostdirektion Berlin am Bahnhof Witzleben wurde auf eine schnelle und wirtschaftliche Beförderung des umfangreichen Aktenmaterials Bedacht genommen. Das reine Botensystem, das teilweise heute noch in alten Geschäftsbetrieben zu finden ist, würde bei den hier vorliegenden Entfernungen zu kostspielig und zu langsam arbeiten. Eine Rohrpostanlage, wie sie in den meisten Verwaltungsgebäuden, z. B. jetzt auch im neuen Gebäude des Reichspostzentralamtes in Berlin-Tempelhof eingerichtet wird, hat auf jeden Fall den Vorzug größerer Schnelligkeit und einer weitgehenden Verteilung der Akten[1], aber sie genügte hier nicht der Forderung, auch umfangreiche Aktenbündel und nicht nur dünne Schnellhefter zu befördern. Es mußte deshalb eine mechanische Förderanlage gewählt werden, u. zw. entschied man sich für eine Förderungsweise, durch die die Innenarchitektur des ganzen Baues nicht beeinträchtigt wurde.

Man schuf für den ganzen Gebäudekomplex 3 Zentralen, von denen aus die Verteilung der sämtlichen Akten vorgenommen wird. Abb. 1 zeigt eine schematische Skizze, aus der die Arbeitsweise des Fördersystems zu ersehen ist. Die drei erwähnten Zentralen bilden die Hauptverteilungsstelle *A* und die beiden Umladestellen *B* und *C*. Zur Verteilung und zum Einsammeln der Akten der verschiedenen Stockwerke dient in der Hauptverteilungstelle ein Umlaufaufzug und in den übrigen Umladestellen besondere Aktenaufzüge. Diese letzteren enthalten eine dreiteilige Kabine, die durch drei einzelne Türen verschlossen ist. In jedem Kabinenfach ist eine kleine elektromotorisch angetriebene Rollbahn, die in der betreffenden Station den Inhalt selbsttätig seitlich aus dem Aufzugschacht auf eine Schwerkraftrollbahn schiebt. Die besondere Wirkungsweise dieser Aufzüge liegt darin, daß die Kabine selbsttätig nacheinander in drei Stockwerken entlädt, also entweder nacheinander im 1., 2. und 3. Stock oder im 4., 5. und

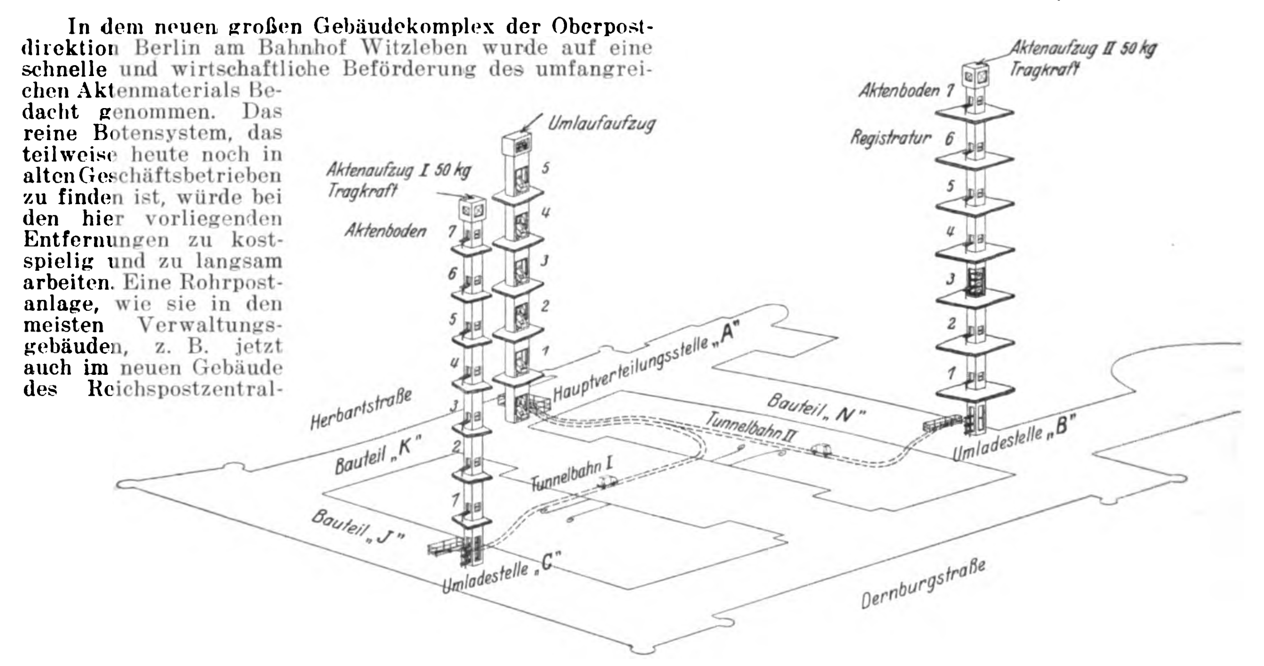


Abb. 1. Prinzipschema der Aktenförderanlagen im neuen Gebäudekomplex der OPD. Berlin.

[1] L. Traeger, Glas. Ann. Bd. 102, S. 29 u. 81.



6. Stock. Der Beamte in der Umladestelle kann also mit einer Sendung gleichzeitig Akten nach 3 verschiedenen Stockwerken verteilen.

Das Wesentliche der ganzen Aufgabe vom fördertechnischen Standpunkt lag nun aber in einer wirtschaftlichen Fördereinrichtung, mit der das Aktenmaterial von einer dieser Zentralen zu der ziemlich weit entfernten anderen Zentrale gesendet wird. Hierfür wurde die im folgenden etwas näher beschriebene elektrische Tunnelbahn ausgeführt, die in dieser Art vorher noch nicht bekannt war und sich inzwischen bereits als eine sehr zweckmäßige Lösung erwiesen hat.

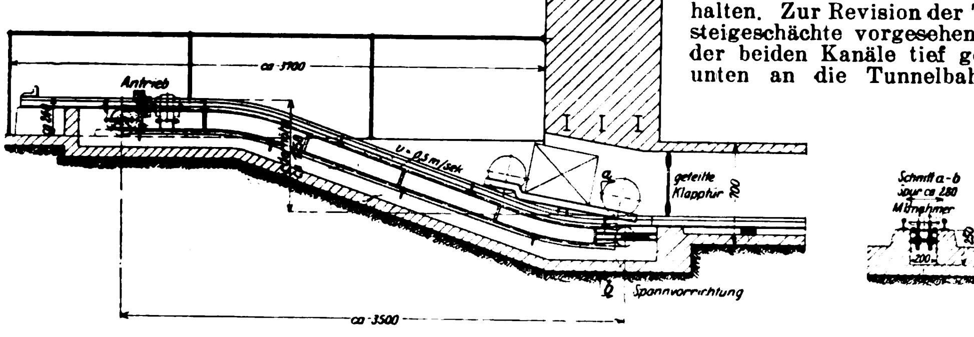
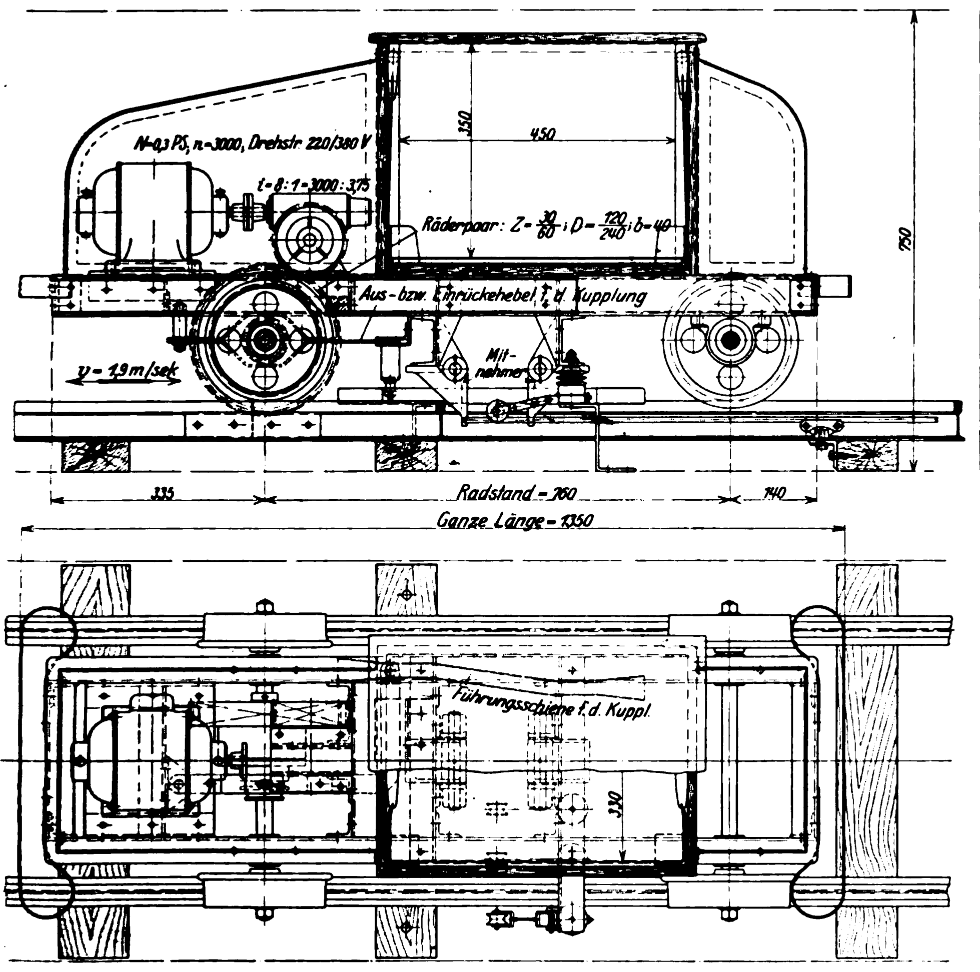


Abb. 2. Die Anordnung des Schrägaufzuges an den Enden der Tunnelbahn.

Wie aus Abb. 1 zu ersehen ist, wurde in diesem Fall je eine Tunnelbahnverbindung von der Hauptverteilungsstelle zu den Umladestellen *B* und *C* eingerichtet, so daß Sendungen von *C* nach *B* oder umgekehrt in *A* umgeladen werden müssen. Die Tunnels haben jeder eine Länge von etwa 70 m und einen lichten Querschnitt von 650×750 mm. Die Wände bestehen aus 150 mm starkem Eisenbeton, die Sohle und die Decke sind 200 mm stark. Wie Abb. 1 zeigt, laufen beide Kanäle zunächst nebeneinander unter dem zweiten Hof, worauf dann der Tunnel zur Umladestelle *C* unter dem Keller des Zwischengebäudes in den ersten Hof abbiegt. Die Oberkante der beiden Tunnels liegt ziemlich dicht unter der Hoffläche. Infolge der Unterführung des Zwischengebäudes mußte der Kanal für die Tunnelbahn *I* auf beiden Seiten des Gebäudes eine Steigung von 5 % erhalten. Zur Revision der Tunnelstrecke sind mehrere Einsteigeschächte vorgesehen, davon einer an der Gabelung der beiden Kanäle tief genug, um hier gleichzeitig von unten an die Tunnelbahnwagen heranzukönnen. Die Schächte sind mit doppelten eisernen Türen wasserdicht abgeschlossen, und ebenso sind natürlich die Kanalwände gegen Eindringen von Feuchtigkeit sehr gut isoliert. Als Gleis ist normales Feldbahngleis mit 400 mm Spurweite auf Eichenholzschwellen verlegt, die mit Steinschrauben auf der Tunnelsohle befestigt sind. Neben dem Gleis liegen für die Stromzuführung zum Förderwagenmotor 3 Profilkupferdrähte mit 65 mm² Querschnitt, deren Halter isoliert auf den Schwellen montiert sind.

Um an den Enden des Tunnels den Förderwagen auf die Fußbodenhöhe der Verteilungstelle zu heben bzw. um ihn von dort aus auf die Tunnelsohle zu senken, sind hier Schrägaufzüge angeordnet, deren Gleise direkt in das des Tunnels übergehen (vgl. Abb. 2). Die Aufzüge sind als Kettenaufzüge mit Mitnehmern ausgebildet. In zwei parallel laufenden Gallschen Gelenkketten sind Spezialglieder eingesetzt, die die Mitnehmer und seitlich eingebaute Laufrollen tragen. Die Führung der Kette durch Rollen, die in **U**-Eisen laufen, ist erforderlich, um einen Durchhang der Kette und ein damit verbundenes Abrutschen der Kettenmitnehmer von dem Mitnehmer des Wagens zu verhüten. Der Antrieb erfolgt durch einen Drehstrommotor mit Kurzschlußanker von etwa ½ PS Leistung, der direkt mit einem Schneckenradvorgelege gekuppelt ist, von dem aus mittels Rollenkette die obere Kettenradachse angetrieben wird. Die Fördergeschwindigkeit des Aufzuges ist 0,5 m/s. Durch einen Bremsmagneten, der auf eine Bremstrommel auf der Motorachse wirkt, wird ein genaues Anhalten des Förderwagens in der Station erzielt. Der ganze Antriebsmaschinensatz ist neben dem Aufzug in einer kleinen Grube angeordnet, die durch eine Riffelblechplatte abgedeckt ist, so daß er von der Station aus jederzeit leicht zugänglich ist und kontrolliert werden



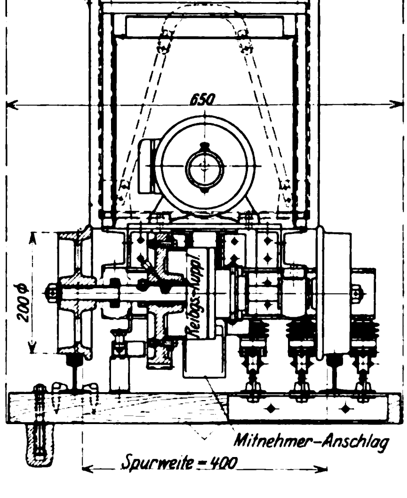


Abb. 3. Aufbau des elektrischen Aktenförderwagens.

kann. Die andere Kettenradachse des Schrägaufzuges an der Tunnelmündung ist verstellbar, so daß die Kette von hier aus nachgespannt werden kann. Der gesamte Schrägaufzug innerhalb der Station ist zum Schutz mit einem Rohrgeländer umgeben, das an der Bedienungstelle eine einfache Schiebetür mit Sicherheitskontakten besitzt.

Der Förderwagen (Abb. 3) ist sehr stabil durchgebildet worden. Er besteht aus einem U-Eisen-Untergestell mit eingebauten normalen Kugelstehlagern für die Laufradwellen, von denen eine angetrieben wird. Die Laufräder sind zur Geräuschdämpfung mit einer Novotextbandage versehen worden. Als Antriebsmaschine ist ein Drehstrom-Kurzschlußankermotor von 1/3 PS Leistung und 3000 U/min eingebaut, der unmittelbar auf ein Schneckengetriebe arbeitet, durch das die Drehzahl auf 375 U/min übersetzt wird. Die weitere Kraftübertragung zu den Rädern erfolgt über ein Zahnradvorgelege, durch das die Drehzahl auf 187,5 U/min herabgesetzt wird. Zwischen dem letzten Zahnrad und der Radachse ist eine Reibungskupplung angeordnet, die vor dem Übergang des Förderwagens vom Tunnel auf den Schrägaufzug selbsttätig mittels Steuerhebels und Gleitkurve ausgekuppelt wird, um das Mitziehen der Wagenantriebsmaschine durch den Aufzug zu vermeiden. Wie aus der Zeichnung Abb. 3 zu ersehen ist, wurde der ganze Antrieb auf dem einen Ende des Untergestells untergebracht, um in der Mitte einen möglichst großen Laderaum zu erhalten. Die hiermit verbundene Verlegung des Schwerpunktes machte einen Gewichtsausgleich an dem anderen Ende des Wagens erforderlich. Beide Wagenenden sind mit entsprechenden Blechkappen abgedeckt, um Eindringen von Staub und Schmutz zu vermeiden. An der Unterseite des Wagengestelles ist in der Mitte der Anschlag für die Aufzugkettenmitnehmer federnd und somit stoßdämpfend angebracht. Die Mitnehmer der Schrägaufzüge sind klappbar, so daß der mit geringer Geschwindigkeit auf den Aufzug übergehende Wagen ohne weiteres einige Mitnehmer überfahren kann, bis die kinetische Energie verbraucht ist; erst dann wird er vom ersten hinter ihm liegenden Mitnehmer des Aufzuges mitgenommen. Um den Wagen auf den Aufzug zurückzuholen, besitzt die Kette einen festen Mitnehmer, der den Wagen auf die schräge Ebene schiebt. Außerdem befinden sich am Wagengestell die drei schwenkbaren Rollenstromabnehmer und auf der anderen Seite ein Umschalter für den Wagenmotor, der an jeder Endstelle der Förderstrecke selbsttätig umgelegt wird und dadurch die Stromzuführungen für die neue Fahrtrichtung umschaltet. Der Laderaum besteht aus einem verschließbaren eichenen Kasten, der einen lichten Querschnitt von 450 × 330 mm und eine Tiefe von 350 mm besitzt.

Die elektrische Schaltung der Anlage sei im folgenden kurz zusammen mit der Fahrt eines Wagens verfolgt. Um den Wagen be- oder entladen zu können, muß in der Station die Schiebetür geöffnet werden. Hierbei wird durch den Türkontakt in der Gegenstation eine „Besetzt"-Lampe zum Aufleuchten gebracht und gleichzeitig die Steuerung der gesamten Anlage gesperrt, um ein Wegholen des Wagens von der anderen Station während dieser Zeit unmöglich zu machen. Nach dem Beladen und Schließen des Förderbehälters und Schließen der Schiebetür wird die Sperrung aufgehoben und der Druckknopf „Senden" gedrückt. Hierdurch wird ein Schütz für den Motor des Schrägaufzuges eingeschaltet, der über einen Streckenkontakt am Tunneleingang Haltestrom erhält. Der feste Mitnehmer der Aufzugskette faßt hinter den Anschlag am Förderwagen und zieht ihn abwärts. Beim Ablauf des Wagens von der Kette passiert er eine Gleitschiene, die die Kupplung zwischen Getriebe und Radachse wieder einrückt, und die drei Stromabnehmer, die bisher auf spannungslosen Führungschienen gelaufen haben, gehen auf die ständig unter Spannung stehenden Stromschienen über. Durch eine am Wagenkasten angebaute Stellkurve wird hierbei ferner der vorher erwähnte Streckenkontakt umgelegt, wodurch der Haltestrom des Motorschützes unterbrochen wird und der Kettenantrieb zum Stillstand kommt. Der Wagen erreicht auf der Fahrt im Tunnel eine Geschwindigkeit von rund 2 m/s. Etwa 5 m vor dem Schrägaufzug der Gegenstation betätigt der Wagen einen Streckenkontakt, der über ein Schütz einmal den Schrägaufzug in Betrieb setzt und gleichzeitig die letzten 2 m von zwei Stromschienen abschaltet und ihnen über Widerstände Gegenstrom entsprechend etwa 150 V zuführt. Der ankommende Wagen wird also stark gebremst und läuft daher mit erheblich geminderter Geschwindigkeit auf die bereits aufwärts laufende Kette, wobei er, wie bereits erwähnt, einige Mitnehmer überfährt, bis er dann von einem solchen mitgenommen wird. Kurz vor dem Schrägaufzug wird ferner ein Streckenschalter betätigt, von dem ein Zeitschalter eingeschaltet wird, der die Leitung für die Druckknopfsteuerung auf eine bestimmte eingestellte Zeit unterbricht. Am Ende des Schrägaufzuges werden der erwähnte Motorumschalter am Wagen selbst und ein weiterer Streckenschalter umgeschaltet. Durch den letzten wird einmal das Aufwärtsschütz des Schrägaufzuges abgeschaltet und zweitens einem Relais Haltestrom gegeben, durch das auf der Absendestation die Lampe „Ankunft" eingeschaltet wird. Der Haltestrom dieses Relais geht über den Türkontakt der Empfangsstation, so daß erst beim Öffnen der Tür das Ankunftsignal erlischt. In dem Augenblick leuchtet dafür die Lampe „Besetzt" auf. Durch den vorher erwähnten Zeitschalter wird verhüfet, daß der Förderwagen von der anderen Station etwa zurückgeholt wird, bevor der Wagen angekommen und die Tür geöffnet ist. Erst wenn die Schiebetür nach erfolgter Entladung geschlossen wird, ist die Anlage wieder betriebsbereit und der Wagen kann von beiden Stationen aus durch die Druckknöpfe „Holen" und „Senden" gesteuert werden.

Die Anlage wurde von der Abteilung Rohrpost- und Förderanlagen der Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie A. G. ausgeführt. Wenn man hierzu noch die Tatsache berücksichtigt, daß in Amerika die einzigen noch bestehenden Rohrpostanlagen für den Transport von Briefbeuteln und Paketen nach Ablauf der Verträge in diesem Jahre wegen ihrer Unwirtschaftlichkeit auch stillgesetzt werden sollen und in London in letzter Zeit für diese Zwecke auch bereits eine unterirdische Bahn ausgeführt ist[2], darf man wohl sagen, daß für Pakete und große Sendungen die Tunnelbahn den Vorzug hat, während für Brief- und Telegrammverkehr die Rohrpostanlagen mit kleineren Durchmessern zweckentsprechender sind. Letztere bieten neben der etwa zehnmal so großen Fördergeschwindigkeit besonders den großen Vorteil geringerer Anlagekosten und geringerer Betriebskosten unter Berücksichtigung von Instandhaltung und Bedienung. Da für den Verkehr der Bürohäuser, Banken und überhaupt für den gesamten Geschäftsverkehr einer Stadt der Brief- und Telegrammverkehr natürlich die größere Bedeutung besitzt, werden die Stadtrohrpostanlagen allerdings stets zahlreicher und umfangreicher sein, wie ja auch die in letzter Zeit erbauten Anlagen dieser Art im In- und Auslande beweisen.

[2] R. Gretsch, ETZ 1928, S. 1837.

Über die Beeinflussung des menschlichen Organismus beim Arbeiten am Kurzwellensender*.

Von Dr.-Ing. K. Heinrich, Wismar (Ostsee).

Übersicht. Auf Grund von Meldungen über gesundheitliche Störungen bei Arbeiten mit dem Kurzwellensender wurden Versuche angestellt, die die Ursachen zu ergründen suchten. Die Wirkungen des magnetischen und des elektrischen Feldes wurden untersucht. Es zeigte sich, daß das magnetische Feld kaum nachweisbare Einflüsse ausübt, während das Feld zwischen den Kondensatorbelägen eines Schwingungskreises erhebliche biologische Wirkungen ausübt. Messungen über Gestalt und Verteilung innerhalb der Platten wurden ausgeführt und die Ergebnisse graphisch dargestellt. Ferner wird der Röntgeneffekt untersucht, der an zwei Röhren nachgewiesen werden konnte. Schließlich werden noch beobachtete Einflüsse der Kurzwellen auf einen Wünschelrutengänger erwähnt. Die Versuche wurden im El. Institut der städt. Ing.-Akademie Wismar ausgeführt.

In letzter Zeit mehren sich besonders aus Amerika die Berichte über Beobachtungen von Gesundheitsstörungen beim Arbeiten mit dem Kurzwellensender[1]. Da diese Berichte ohne Angabe der Röhrenleistungen erfolgen, sich aber beinahe ausschließlich auf Amateure beziehen, dürften Röhrenleistungen bis höchstens 300 W in Frage kommen. Eingehende Untersuchungen liegen nicht vor,

* Eingegangen 2. IV. 1929.

[1] Herr Dr. med. Schliephake, Jena, hatte unterdessen die Liebenswürdigkeit, dem Verfasser mitzuteilen, daß die sog. amerikanischen Meldungen auf seine Vorträge und Veröffentlichungen in medizinischen Schriften (vgl. Fußnote 2) zurückzuführen sind. Bemerkt sei, daß die Arbeiten des Verfassers völlig getrennt aber beinahe völlig gleichzeitig mit den Untersuchungen des Herrn Dr. Schliephake erfolgten.



die Vermutungen drehen sich immer nur um die „Hochfrequenzströme" als des Schadens Ursache.

An einem Kurzwellensender mit einem Glühkathodenrohr als Generator treten ebenso wie in jedem anderen Schwingungskreis mit Röhrengenerator drei Größen auf, die über den eigentlichen Kreis hinaus mehr oder weniger weit in die Umgebung dringen:

a) das magnetische Wechselfeld,
b) das elektrische Wechselfeld,
c) die von dem Glühfaden bei der Emission ausgehende Strahlung.

Auf welche dieser drei Größen spricht nun der menschliche Organismus an? — Die im folgenden beschriebenen Versuche, die der Verfasser anstellte, sollen sowohl zur Klärung beitragen als auch besonders Anstoß zu weiteren, eingehenderen Forschungen geben, als sie dem Verfasser infolge beschränkter Mittel möglich waren. Als Kurzwellen seien Wellenlängen von $\lambda \leq 100$ m verstanden.

Für die Untersuchungen wurden zwei Sender benutzt. Abb. 1 zeigt den Sender für $\lambda = 44$ m, der mit einem

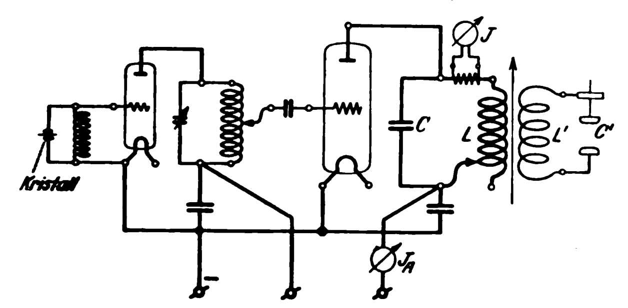


Abb. 1. Kurzwellensender für $\lambda = 44$ m.

kristallgesteuerten Vorkreis arbeitet. Der Hauptschwingkreis besteht aus dem Kondensator C und der Selbstinduktionsspule L; durch letztere ist induktiv ein zweiter Kreis L', C' angekoppelt. Die Kapazität C' besteht aus einem Plattenpaar, das axial verstellt werden kann. In Abb. 2 ist ein Sender für $\lambda = 4 \ldots 2$ m dargestellt. Der Hauptschwingkreis, der hier nur aus dem Drahtbügel L besteht, kann durch eine aus zwei axial verstellbaren Platten bestehende Kapazität C erweitert werden. An den Kreis ist ein zweiter Kreis L', C' induktiv gekoppelt, dessen Kapazität C' ebenso wie die Kapazität C ausgebildet ist. Die Wellenlängen wurden an einem angekoppelten Lechersystem jeweils bestimmt. Die Schwingströme J wurden in Abb. 1 und 2 in gleicher Höhe gehalten, soweit die Messungen mit Stromwandlern überhaupt zuverlässig sind. Die beiden verwendeten Schwingrohre arbeiteten mit je 0,200 A Anodenstrom.

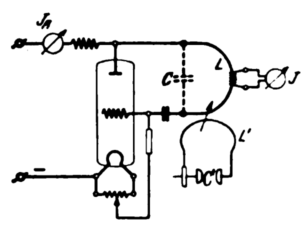


Abb. 2. Kurzwellensender für $\lambda = 4 \ldots 2$ m.

a) Die Wirkungen des magnetischen Wechselfeldes.

$\lambda = 44$ m (Abb. 1). — In die Spule L wurden Reagenzgläser eingeführt, in denen als Beobachtungsmaterial Fliegen, Spinnen, Mäuse usw. eingesperrt waren. Nach 10 min Beeinflussung konnten, soweit es dem Verfasser als Nichtmediziner möglich war, Veränderungen nicht festgestellt werden. Am Unterarm des Verfassers konnten nach 20 min Einwirkung ebenfalls keine Wirkungen beobachtet werden.

$\lambda = 4 \ldots 2$ m (Abb. 2). — Hier kamen dieselben Ergebnisse; doch kann hier eine Täuschung vorliegen, da ja der Schwingkreis nur eine halbe Windung beträgt.

Bei diesen Versuchen stand zu erwarten, daß die Lebewesen als Leiter wirken und demgemäß in ihnen Wirbelströme gebildet würden, die zum mindesten temperatursteigernd wirken müßten. Die Ergebnisse zeigen jedoch keine Beeinflussung der Lebewesen, so daß von hier aus kaum gesundheitliche Störungen ausgehen können.

b) Die Wirkungen des elektrischen Wechselfeldes.

$\lambda = 44$ m (Abb. 1). — Die Reagenzgläser wurden der Reihe nach mit Fliegen usw. als Inhalt zwischen die Beläge des Kondensators C' gebracht. Die Platten waren dicht an das jeweilige Reagenzglas herangeschoben. Beim Einschalten wurden Fliegen, Mücken usw. sehr lebhaft, nach 10 min Einwirkung trat eine sichtliche Ermattung ein, die aber, als die Tiere in die Sonne gebracht wurden, bald wieder wich. Eine Maus und ein Molch reagierten nur sehr schwach, soweit die erhöhte Lebhaftigkeit darauf zurückzuführen war.

$\lambda = 4 \ldots 2$ m (Abb. 2). — Die Reagenzgläser wurden zwischen die Platten des Kondensators gebracht. Beim Einschalten trat bei Fliegen, Mücken usw. fast augenblicklich starke Gliederkontraktion und nach etwa 3 s der Tod ein. Eine Maus begann lebhaft zu springen, nach etwa 20 s krümmte sie sich und war tot. Dasselbe Verhalten zeigte ein Molch[2]. Diese Beobachtungen führten zum Ersatz der Tiere durch Flüssigkeiten, Wasser und Öl. Eine bestimmte Anzahl Kubikzentimeter der Flüssigkeit wurde in einem Reagenzglas zwischen die dicht angeschobenen Platten des Kondensators gebracht. Nach einer bestimmten Zeit begann die Flüssigkeit zu kochen. Durch Vergrößerung des Plattenabstandes wurde die Kochzeit verlängert. Es wurden Temperaturmessungen in Abhängigkeit von Zeit und Plattenabstand angestellt. Als Meßinstrument diente ein Quecksilberthermometer. Die Ergebnisse waren recht unzuverlässig, da durch das Eintauchen des Thermometers in die Flüssigkeit ja ein zweiter Stoff der Einwirkung mit ausgesetzt wurde, dessen eingetauchtes Volumen im Verhältnis zum Flüssigkeitsvolumen groß war. Das Quecksilberthermometer wurde durch Thermoelemente ersetzt, die in die Reagenzgläser eingeschmolzen wurden. Diese Messungen waren aber ebenso unzuverlässig, da trotz Verdrillung der Meßdrähte doch Induktionen auftraten, die das Meßinstrument ganz erheblich beeinflußten. Erst die Ummantelung mit Blei brachte Besserung. Alle diese Messungen wurden wesentlich verbessert, als als Thermometer ein Weingeistthermometer verwendet wurde, dessen Flüssigkeit zugleich auch die zu untersuchende Flüssigkeit war[3].

Es wurde nur am Sender Abb. 2 untersucht. Die Untersuchungen, die ehemals zwischen den Zusatzplatten C stattfanden, wurden später ausschließlich in dem angekoppelten Kreis zwischen den Platten C' ausgeführt. Es wurde zunächst die Abhängigkeit der in dem Plattenraum in Wärme umgesetzten Leistung L vom Plattenabstand k bestimmt. Das Thermometer wurde dabei stets mit Hilfe von eingeschobenen Glasplattenlehren so gestellt, daß sein Abstand d von der linken Kondensatorplatte gleich dem halben Plattenabstand $\frac{k}{2}$ war. Unter Konstanthaltung des Anodenstromes wurde nun für jeden einzelnen Plattenabstand die Zeit bestimmt, in der die Temperatur T um eine bestimmte, aber stets dieselbe Gradzahl ($T_2 - T_1 = 25° - 15°$) stieg. Da das Inhaltsvolumen der Thermometerkugel konstant ist, kann für $T_2 - T_1$ = konst., wenn $T_2 - T_1$ keine sehr große Zahl ergibt,

$$L = c \frac{1}{t}$$

gesetzt werden, so daß die durch Ablesungen bestimmte Funktion $t = f(k)_{d = k/2}$ sofort umgewertet und als

$$L = f(k)_{d = k/2}$$

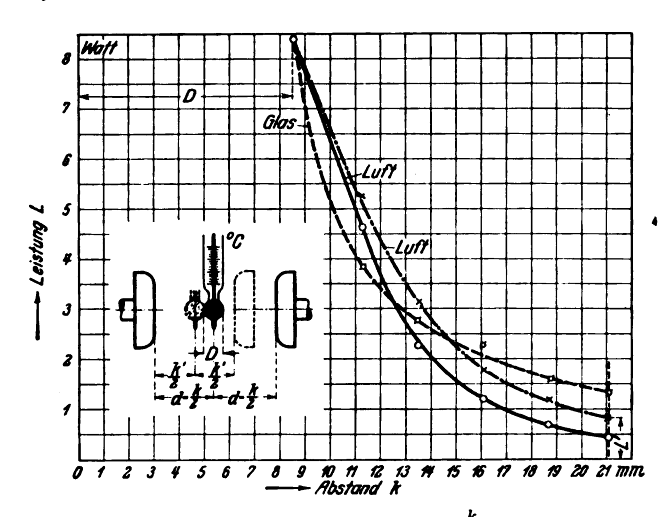
dargestellt werden kann.

Abb. 3 zeigt das Ergebnis. Dabei wurde einmal Luft und einmal Glas — durch Einschieben gleichmäßig verteilter Glasstreifen zwischen die Kondensatorplatten und die Kugel — als Dielektrikum verwendet. Sodann wurde die Kugel dicht an eine Kondensatorplatte herangeschoben, ohne sie jedoch zu berühren, und die Messungen wiederholt. Die Ergebnisse sind dieselben, gleichgültig, an welcher der beiden Platten die Kugel anliegt. Anschließend wurden Messungen über die Leistungsverteilung zwischen den Platten ausgeführt. Dazu wurde ein fester Plattenabstand k = konst. hergestellt und die Thermometerkugel in diesem Abstandsgebiet jeweils um den Abstand d von einer — in Abb. 4 der linken — Platte entfernt. Die dabei zustande gekommene Funktion $t = f(d)$ für $T_2 - T_1$ = konst., k = konst. ist in Abb. 4 graphisch dargestellt. Letzten Endes wurde auch bei k = konst., d = konst. die Kugel in der Plattenebene verschoben. Dabei ergab sich an allen Stellen innerhalb des Plattendurchmessers stets

[2] Vgl. E. Schliephake, Die biologische Wirkung im elektr. Hochfrequenzfelde. Verhandl. d. Dt. Kongresses für innere Medizin. XI. Kongreß. Verlag Bergmann, München. — Biologische Wirkungsweise ultrakurzer elektrischer Wellen. Die medizin. Welt, Normenverlag Berlin. — ETZ 1929, S. 574.

[3] In letzter Zeit werden mit Vorteil Thermometer mit Kircherolfüllung verwendet.

derselbe Wert. Ragte jedoch die Kugel nur um 1 mm über den Plattenrand hinaus, so sank die Leistung auf den etwa zehnten Teil und verschwand meßbar völlig, als die Kugel voll über den Plattenrand hinausragte. Wurde jedoch Glas als Dielektrikum benutzt, so verschwand die Meßmöglichkeit erst, nachdem die Kugel um 1,5 mm vom Plattenrande abstand. Für Luft als Dielektrikum scheint demnach das Feld zwischen den Platten ein geschlossener Zylinder mit dem Plattendurchmesser zu sein. Mittels



———— Kugel stets im Abstand $d = \frac{k}{2}$.

—·—·— Kugel stets an die linke Platte angelegt (derselbe Verlauf auch beim Anliegen an der rechten Platte)

Abb. 3. Leistungen bei Änderung des Plattenabstandes.

eines in ein mit 0,2 cm³ Wasser gefülltes Glasröhrchen eingeführten Thermoelementes und eines hochempfindlichen Meßinstrumentes wurde im Abstand von 1 cm vom Plattenrand der etwa 150. Teil der Leistung bestimmt wie in der Plattenebenenmitte. Zwischen der von den Platten abgegrenzten Ebene wurden Unterschiede nicht festgestellt.

Sind die biologischen Erscheinungen nun auf Strahlungen oder auf das Wechselfeld zurückzuführen? Es scheinen tatsächlich Strahlungen vorzuliegen. Die Kurve Abb. 4 zeigt deutlich das Nachlassen der Leistung mit zu-

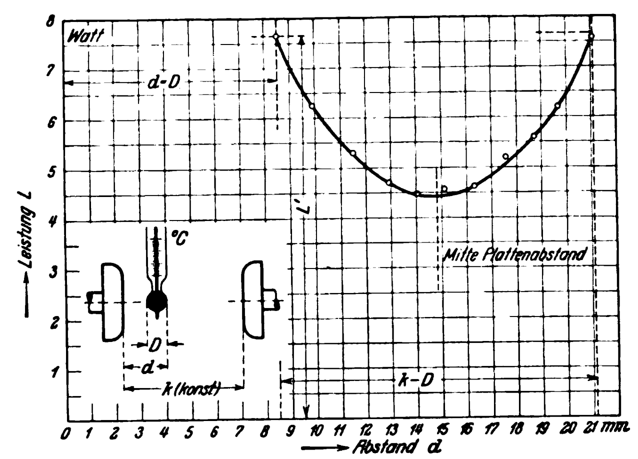


Abb. 4. Leistungen bei Verschiebung des Thermometers im Feld bei konstantem Plattenabstand.

nehmendem Abstand d der Kugel bei konstantem Plattenabstand. Wäre es nur die Wirkung des Wechselfeldes, so müßte ja in der Plattenmitte $d = \frac{k}{2}$ eine starke Ausbauchung des Feldes nachweisbar sein, da doch offenbar dort die Dichte stark zurückgeht. Aber auch an dieser Stelle sind merkliche Nachweise über den Plattenrand hinaus nicht festzustellen gewesen. Ebenso konnte auf den Rückseiten der Platten keine Einwirkung auf die Thermometerflüssigkeit festgestellt werden. Unmittelbare Berührung wurde, um den Diathermieeffekt zu vermeiden, nicht herbeigeführt. Die Methode mit dem Weingeistthermometer wurde noch verwendet, um die Dielektrizitätskonstanten ε verschiedener Isolierstoffe zu bestimmen. Ist die Zeit t_L für Luft (k = konst., d = konst., $T_2 - T_1$ = konst.) festgestellt, so verhalten sich die Dielektrizitätskonstanten $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots$ wie die reziproken Werte der Zeiten $t_1, t_2, \ldots$, die für die Temperatursteigerung $T_2 - T_1$ = konst. verwendet werden.

c) Die Wirkungen der vom emittierenden Glühfaden ausgehenden Strahlung.

Es wurden an zwei Klarglasröhren Versuche angestellt, u. zw.

1. Rohr mit parallelen Plattenanoden,
2. dgl. mit Zylinderanode.

Der Anodenstrom betrug bei beiden Rohren 0,2 A. Im Abstand von 15 cm von der Rohrachse wurden je für die beiden Rohre völlig lichtdicht abgeschlossene photographische Platten 1 min lang in mittlerer Anoden blechhöhe um das Rohr herumbewegt. Die Platten waren mit einem Bleibuchstaben (L) bedeckt. Bei nicht emittierendem Faden wurden in beiden Fällen Vergleichsaufnahmen vorgenommen. Beim Rohr mit offenen, parallelen Anodenblechen zeigte sich unabhängig von der Wellenlänge nach 1 min ein stark ausgeprägter Röntgeneffekt; das L war vollkommen deutlich zu erkennen. Beim Rohr mit Zylinderanode trat bei zwei Platten kein Effekt auf; nur bei der dritten Platte, die absichtlich oben etwa unter 60° zur Rohrachse gehalten worden war, zeigte sich ein zwar schwacher aber deutlicher Effekt. Es sei aber ausdrücklich betont, daß die Versuche, da weitere Rohre nicht zur Verfügung standen, nur an zwei Rohren ausgeführt wurden.

Schließlich sei noch eine Erscheinung geschildert, die wiederholt beobachtet wurde. Ein sog. Wünschelrutengänger, der vor einer Versammlung in der Nähe des 44 m-Senders seine Versuche vorführte, versagte, wenn er unter der Antenne arbeitete, sobald der Sender gab. In der Nähe der Antenneneinführung wurde der Wünschelrutengänger sehr unruhig und sprach zeitweise auf den Gebetakt an, ohne daß er den Sender sah noch das Geben hören konnte. Diese Erscheinung, die, da sie mehrere Male beobachtet wurde, kaum zufällig sein kann, ließe den Schluß zu, daß die unterirdischen Wasserläufe usw., die der Quellensucher feststellt, ähnliche Wirkungen ausüben müssen wie das zwischen den Kondensatorbelägen herrschende elektrische Feld. Nur wird dieses Feld kein Wechselfeld sein, da der Quellensucher nur so lange anspricht, als er sich bewegt, und um so stärker, je schneller er sich bewegt.

Haushalt und Elektrizitätswerk*.

„Der Mann hat sich seine Arbeit in allen Berufen durch die Hilfe der Elektrizität erleichtert. Die Frau darf für ihre Hausarbeit die gleiche Entlastung fordern."

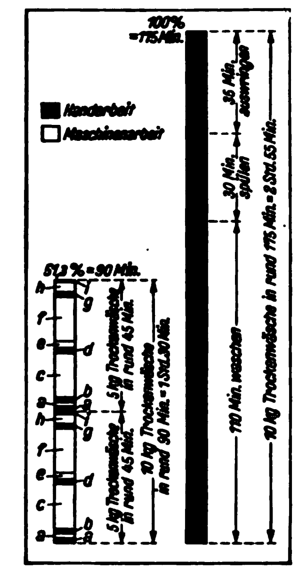
Zur Erfüllung dieser Forderung bedarf es künftig der verständnisvollen Zusammenarbeit von Industrie und Elektrizitätswerken mit den Hausfrauenorganisationen. Vergleichsversuche zeigen zahlenmäßig, daß durch die Benutzung elektrischer Hilfsgeräte im Haushalt nicht nur die Arbeitsleistung und Arbeitsgüte wesentlich erhöht werden kann, sondern daß auch die körperliche Anstrengung gegenüber der Handarbeit viel geringer ist. So führt die Benutzung des elektrischen Küchenmotors zu einer Ersparnis von vier Fünfteln der bei den entsprechenden Handmaschinen aufzuwendenden Zeit. Beim Waschen mit der elektrischen Waschmaschine ergibt sich das in Abb. 1 dargestellte Vergleichsbild. Die reinen Handzeiten verhalten sich sogar wie 1 : 5, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß die elektrische Waschmaschine fast ohne Anstrengung bedient wird, während die Wascharbeit von Hand besonders ungünstige Arbeitsbedingungen aufweist. Die technologische Überlegenheit z. B. des Schleudervorganges wird gekennzeichnet durch die Tatsache, daß nur etwa halb so viel Restwasser verbleibt wie beim Handwringen. Die Gesamtzeit des Maschinenwaschens beträgt nur etwa die Hälfte des Zeitbedarfes für die Handwäscherei. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Bügelmaschine im Vergleich zum Handbügeln (Abb. 2). In ähnlicher Weise kann die Verwendung elektrischer Geräte im Haushalt auch auf anderen Gebieten entscheidende Verbesserungen ermöglichen, und der Standpunkt, elektrische Geräte als

* Unter Benutzung eines im Siemens-Jahrbuch 1929, S. 545, unter gleichem Titel erschienenen Aufsatzes von Julius Laufer

Luxus anzusehen, wird bald der Vergangenheit angehören, etwa ebenso wie die Gabel, die noch im 16. Jahrhundert nur an vereinzelten fürstlichen Höfen als Paradestück zu finden war, sehr schnell vom Luxusgegenstand zum allgemeinen Gebrauchsartikel geworden ist. Für die Einstellung zu den elektrischen Geräten ist auch das Ergebnis einer Umfrage interessant, die gezeigt hat, daß „Mangel an Aufklärung" in folgenden Prozentzahlen der Grund für die Nichtanschaffung der betreffenden Geräte war:

bei	Heizkissen	44,5 %
„	Heißluftduschen	48,2 „
„	Wasserkochern	47,3 „
„	Strahlungsöfen	53,3 „
„	Brat- und Backröhren	46,8 „
„	Bügeleisen	14,0 „

Aus der heute vielfach noch nicht überwundenen Gewohnheit heraus, den Elektrohausrat mit „luxuriösen" Augen anzusehen, werden die Kosten der Anschaffung und des Gebrauches solcher Helfer im Haushalt meist überschätzt. Eine interessante, von Laufer veröffentlichte Zahlentafel zeigt, daß selbst bei bescheidenem Einkommen für eine ganz große Anzahl von Geräten Anschaffung und Betrieb erschwinglich sind, u. zw. auch im ungünstigsten Falle, d. h. bei Lichtstrompreisen. In derselben Arbeit wird zur Frage des elektrischen Kochens auf eine Untersuchung verwiesen, die über die Erfahrungen mit einer elektrischen Brat- und Backröhre berichtet. Eine Woche lang wurden für eine fünfköpfige Familie die Mittagessen in einer solchen Brat- und Backröhre hergestellt und für insgesamt 38 Portionen 10,9 kWh verbraucht, d. s. 0,282 kWh/Portion. Danach kann also schon bei verhältnismäßig reichlichen Kochstrompreisen elektrisch gekocht werden.



a Maschine mit Wäsche füllen, Ausschleudern des Einweichwassers, *b* Seifenwasser einfüllen, *c* Maschine einschalten und Waschen, *d* Ausschalten, öffnen, Wäsche packen zum Schleudern, *e* Ausschleudern des Seifenwassers unter gleichzeitigem Ablassen der Seifenlauge, *f* Spülwasser zuleiten, Warm- und Kaltspülen, *g* Wäsche packen zum Schleudern, *h* Schleudern, *i* Auspacken.

Abb. 1. Zeitvergleich für das Waschen von Hand und mit elektrischer Waschmaschine.

Maßgebend für die Zukunft der elektrischen Küche im Haushalt werden die Stromtarife sein. Eine ganze Anzahl von Geräten kann auch noch bei Strompreisen zwischen 30 und 50 Pf wirtschaftlich benutzt werden, ebenso wie das Licht an sich diesen Strompreis verträgt. Durch die Anwendung von Grundgebührentarifen mit niedrigen Arbeitspreisen von 10 ... 16 Pf/kWh wird aber die Möglichkeit, elektrische Geräte zu benutzen, wesentlich erweitert. Die Aufteilung des Strompreises in einen Leistungspreis, der unabhängig von den verbrauchten Kilowattstunden erhoben wird, und einen Arbeitspreis je Kilowattstunde hat an vielen Orten die Benutzung der Elektrizität für Haushaltszwecke wesentlich erhöht. Auch die Nachtstundentarife mit Strompreisen zwischen 5 und 8 Pf/kWh ergeben weitere Verbesserungsmöglichkeiten für die Hauswirtschaft durch Anwendung elektrischer Waschapparate und Heißwasserspeicher.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß bereits eine große Anzahl gewerblicher Speisebetriebe (von den SSW sind z. B. allein über 50 elektrische Großküchen eingerichtet worden) zum elektrischen Kochbetrieb übergegangen ist. Grundsätzlich wichtig ist jetzt, daß die modernen Baumeister und Architekten die weitere Entwicklung des Haushalts bei Neuwohnungen und bei der Modernisierung alter Häuser durch reichlich bemessene Installationen vorbereiten und fördern.

Über die besonderen Vorzüge des elektrischen Betriebes für den Haushalt braucht im einzelnen heute kaum mehr gesprochen zu werden, es ist fast ein allgemeiner Glaube geworden, daß uns die Freiheit im häuslichen Leben von der Elektrotechnik winkt. Für das Licht und einige andere Zwecke wäre an sich ein Strompreis von 50 Pf/kWh noch tragbar, das Licht, allein betrachtet, erfordert auch eine solche Strompreishöhe, weil die kurze Lichtspitze besonders beim Klein- und Kleinstkonsumenten den Werken dementsprechende Kosten ver-

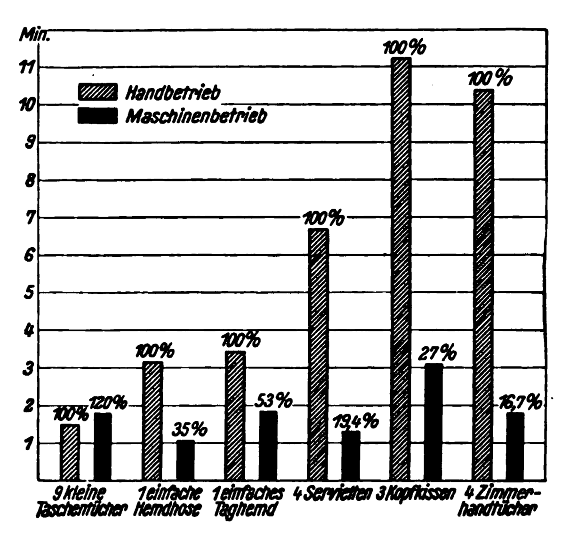
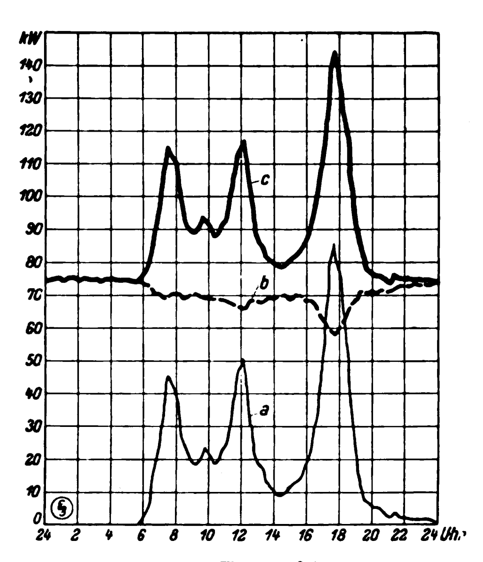


Abb. 2. Graphische Darstellung der Bügelzeiten bei Hand- und Maschinenbetrieb.

ursacht. Für den Großkonsum im Haushalt (Kochen und Heißwasserbereitung) können die Elektrizitätswerke nur dann gegenüber den anderen Energieformen (Gas, Kohle) eine umfangreiche Verwendung erwarten, wenn für Kochzwecke Strompreise von 10 ... 12 Pf, für die Heißwasserbereitung solche von 6 ... 8 Pf/kWh eingeräumt werden. Es ergibt sich daraus die Frage, ob diese (erzielbaren) Strompreise für die Werke den Haushaltsgroßkonsum überhaupt reizvoll erscheinen lassen.



a Kochstrombelastung von 100 Herden, *b* Heißwasserspeicherstrombelastung von 100 Speichern, *c* = *a* + *b* Gesamtbelastung durch 100 Herde und Heißwasserspeicher.

Abb. 3. Koch- und Heißwasserspeicherbelastung eines amerikanischen Stadtnetzes (Spokane) für 100 Haushaltungen mit Elektroherden und Heißwasserspeichern. Durchschnittliche Anschlußwerte je Herd 7,14 kW, je Speicher 0,814 kW.

Ein umfassender und gründlicher Bericht der amerikanischen National Electric Light Association (NELA) kommt zu folgender Feststellung: „Das Ergebnis der Untersuchung (der Frage des elektrischen Kochens und Heißwasserbereitens) ist günstig. Der Anschluß elektrischer Herde ist ein gutes Geschäft für die Elektrizitätswerke, wenn sie durch geeignete Tarife Herdanschlüsse ermöglichen. Die Einnahmen — bezogen auf das investierte Kapital —

liegen höher als bei irgendeinem anderen Stromverbraucher einschließlich Beleuchtung."

Maßgebend für die Beurteilung jeder Art von Abnehmern und auch jeder Art von Strombenutzung ist die Frage, wie diese die Jahresbelastungsspitze ausnutzen. In Abb. 3 ist die Belastungskurve eines amerikanischen Stadtnetzes mit 100 elektrisierten Haushaltungen (Kochen und Heißwasserbereitung) gegeben. Die Gesamtkurve weist eine jährliche Belastungsdauer der Mittagsspitze in Höhe von 6750 h, der Abendspitze in Höhe von 5300 h auf. Das sind sehr hohe Belastungsdauern, die z. B. weit über der durchschnittlichen Belastungsdauer aller deutschen Elektrizitätswerke zusammen (in den letzten Jahren rd. 2500 h) liegen; allerdings ist ein sehr hoher Warmwasserbedarf dabei vorausgesetzt (200 l Wasser von 85° täglich).

Man soll mit der traditionellen Furcht brechen, daß die Kochbelastung z. T. mit der Lichtspitze zusammenfallen könnte und dies ruhig voraussetzen, wie das auch die Untersuchungen in Amerika und anderen Orten ergeben haben. Es kommt auch gar nicht darauf an, ob die Kochbelastung die Spitze erhöht, wenn sie sich ihrer Natur nach nur rentiert. Mit anderen Worten, wenn die Belastungskurve des elektrischen Kochens im Haushalt für alle Haushaltungen zusammen eine vernünftige Belastungsdauer ergibt, so rentiert sich die Kochstromabgabe eben.

In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß der Anteil des einzelnen Herdes am Maximum um so kleiner wird, je größer die Zahl der angeschlossenen Herde ist. Bei einem durchschnittlichen Herdanschlußwert von 7,14 kW hat sich aus der Kurve *a* nach Abb. 3 z. B. ergeben, daß jeder Herd bei

40	Herden	mit	1,00 kW
250	„	„	0,80 „
500	„	„	0,79 „
5000	„	„	0,70 „

am Maximum teilnimmt. Ähnliche Untersuchungen in der Schweiz und in Norwegen zeigen, daß — ziemlich unabhängig von der Größe des Anschlußwertes — bei größeren Herdezahlen jeder Herd ungefähr einen Spitzenanteil von 0,7 ... 0,8 kW erzeugt, trotzdem der einzelne Herd für sich irgendwann einmal eine Spitze in der Höhe seines vollen Anschlußwertes haben kann. Es ist dies die Folge des Belastungsausgleiches zwischen den einzelnen Anschlüssen.

Die aussichtsreichste Kombination für die elektrische Stromversorgung des Haushalts ist die gemeinsame Aufstellung von Elektroherd und Warmwasserspeicher. Nach einem in Abb. 4 wiedergegebenen Schema läßt sich die

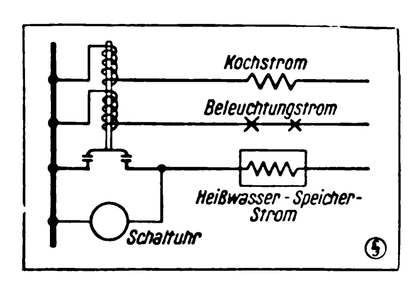
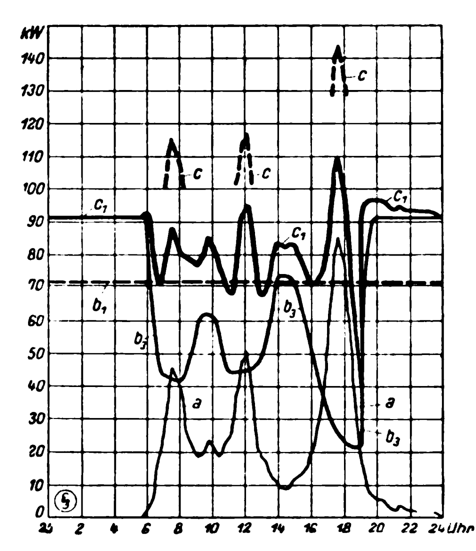


Abb. 4. Schema einer Umschalteeinrichtung zur Beeinflussung des Heißwasserspeicherstromkreises durch den Licht- und Kochstrom (es genügt eine Schaltuhr für mehrere z. B. fünf Anschlüsse).

Schaltung der Beleuchtungs-, Koch- und Heißwasser-Stromkreise so einrichten, daß der 24 h-Speicher, sobald gekocht oder beleuchtet wird, ausgeschaltet wird. Dadurch erfährt die Belastungskurve des einzelnen Abnehmers, vor allem aber die Gesamtbelastungskurve aller Haushaltungen zusammen, eine wesentliche Verbesserung. Die Wirkung einer solchen Umschaltungseinrichtung auf die Belastungskurve nach Abb. 3 ist in Abb. 5 wiedergegeben, und es zeigt sich, daß diese Belastungskurve eine Belastungsdauer für die Mittagspitze von 8200, für die Abendspitze von 7000 h ergäbe, allerdings bei reichlicher Warmwasserversorgung. Setzt man die Warmwassermenge auf die Hälfte herab, so ist die Kurve nicht mehr ganz so ausgeglichen (Abb. 6), aber doch noch sehr günstig, weist sie doch eine Belastungsdauer für die Mittagspitze von 6300, für die Abendspitze von 4750 h auf. Je nachdem, ob das Werk seine sonstige Belastungsspitze am Mittag oder am Abend hat und zu welchem Zeitpunkt diese eintritt, wären also aus den wiedergegebenen Kochstrombelastungskurven die tariflichen Konsequenzen für den Einzelfall zu ziehen.

Das Ergebnis der Untersuchungen an Kochstrombelastungen (amerikanischer, norwegischer und deutscher Kurven) zeigt, daß die Kochstrombelastung tatsächlich eine günstigere Charakteristik annehmen kann als die bisherigen Kurven der Elektrizitätswerke. Dasselbe haben auch die von O. v. Miller veranlaßten



a Kochstrombelastung von 100 Herden (nach Abb. 3), b_1 theoretische Belastung von 100 Heißwasserspeichern ohne Umschalteeinrichtung (aus Abb. 3 abgeleitet), b_3 Belastung von 100 Heißwasserspeichern mit Umschalteeinrichtung (zur Berücksichtigung der ausfallenden Speicherbelastung ist angenommen, daß der Anschlußwert der Speicher entsprechend erhöht ist), *c* Spitzen der Gesamtbelastungskurve (nach Abb. 3) ohne Umschalteeinrichtung, c_1 Gesamtbelastungskurve bei Verwendung der Umschalteeinrichtung nach Abb. 4.

Abb. 5. Theoretische Gesamtbelastungskurve durch 100 Herde und Heißwasserspeicher bei Verwendung einer Umschalteeinrichtung gemäß Abb. 4 (aus Abb. 3 entwickelt).

Untersuchungen in Schweinfurt ergeben, und Schönberg kommt nach diesen Feststellungen zu der Folgerung, daß die Aufnahme der Kochstromversorgung besonders für dünnbesiedelte Gebiete, Siedlungen, Villen-Wohnviertel und ländliche Versorgungsstrecken den Elektrizitätswerken wesentliche Vorteile bietet.

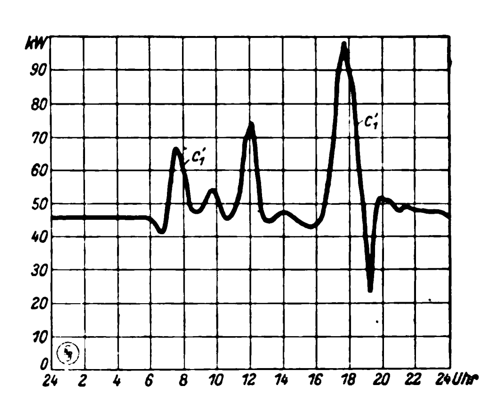


Abb. 6. Theoretische Gesamtbelastungskurve durch 100 Herde und Heißwasserspeicher bei Verwendung einer Umschalteeinrichtung gemäß Abb. 4, jedoch für den Fall, daß die Heißwasserspeicher nur den halben Anschlußwert gegenüber Abb. 3 haben.

Vielfach wird die Frage der Elektrisierung des Haushalts ausschließlich unter dem Gesichtspunkt der reinen Wärmekosten behandelt, und der Streit zwischen Gas und Elektrizität wird damit auf ein Gebiet zu schieben versucht, wo allgemein gültige Vergleiche durchaus nicht zu ziehen sind. Das Problem des Haushalts ist kein Kalorien- und Wärmekostenproblem, sondern eine Frage der Lebenshaltung, Gesamtwirtschaftlichkeit und Annehmlichkeit. Erst wenn diese Größen, welche teilweise, wie die Zeitersparnis der Hausfrau und die Arbeitsentlastung, zahlenmäßig schwer zu erfassen sind, gleichfalls berücksichtigt werden, kann ein Vergleich als richtig angesehen werden. Die Fragestellung bezüglich der Elektrisierung

des Haushalts und der Küche muß vielmehr dahingehen, ob die Kosten des elektrischen Betriebes an sich erschwinglich sind; gewisse Mehrausgaben in tragbaren Grenzen wird der Verbraucher für die Vorteile der Elektrizität willig in Kauf nehmen.

In diesem Sinne sind oben die Strompreisgrenzen für die einzelnen Verwendungsarten der Elektrizität genannt. Der Wege, diese Strompreislage tarifmäßig zu schaffen, gibt es viele. L a u f e r hat in drei Tafeln die hauptsächlichen Tarifformen zusammengestellt, das Installationsschema und die erforderlichen Apparate wiedergegeben und auch das Preisverhältnis gegenüber der Installation mit einem einfachen kleinen Wechselstromzähler ausgerechnet. Für die einzelnen Tarifarten wird die Auswirkung für das Elektrizitätswerk und für den Verbraucher erörtert sowie auch die Werbewirkung, d. h. der Anreiz für Mehrverbrauch bzw. Mehranschluß analysiert. Die Zusammenstellung umfaßt die hauptsächlichen Zählertarife, d. h. Verrechnungsarten allein nach den verbrauchten Kilowattstunden, die Grundgebührentarife und die heute sehr in den Hintergrund getretenen Pauschaltarife. Die größte W e r b e w i r k u n g wird den reinen Zählertarifen mit getrennter Verrechnung für die verschiedenen Verwendungszwecke des Stromes (Licht, Kochen, Heißwasserbereitung) zugeschrieben, und diese Verrechnungsart dürfte auch dem Werk die besten statistischen Unterlagen dafür liefern, welche Strompreise für die einzelnen Verwendungszwecke angemessen und tragbar sind. Eine ähnlich gute Werbewirkung, wenn auch nicht eine so gute Übersichtlichkeit für die Bewertung der einzelnen Absatzfälle, verspricht die Anwendung von zweckmäßig gestalteten Grundgebührentarifen. Alle die Tarife, welche in irgendeinem Sinne Erziehungstendenzen gegenüber dem Verbraucher enthalten, können nicht ganz gut geheißen werden, und es dürfte nicht zweckmäßig sein, durch einschränkende Maßnahmen für den Verbraucher das stärkste Argument für die Elektrizitätsbenutzung, ihre Annehmlichkeit, abzuschwächen. R i c h a r d J. P i c k.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Allmähliches Unterspannungsetzen von Kabeln und Transformatoren. — Fällt in Hochspannungsnetzen infolge eines Defektes wie Erdschluß, Kurzschluß oder Kabeldurchschlag ein Ölschalter, so ist es üblich, nach Verlauf einiger Zeit die abgetrennten Netzteile wieder einzuschalten. Wenn in diesem Augenblick der Defekt noch besteht, wird der Schalter sowohl durch den Einschaltvorgang als auch durch das erneute Abschalten schwer beansprucht; ebenso kann ein anfangs noch kleiner Schaden durch die dynamischen Wirkungen dieser Vorgänge erheblich vergrößert werden. Man vermeidet das Einschalten auf bestehenden Fehler mit seinen gefährlichen Folgeerscheinungen, wenn man den abgeschalteten Netzteil erst allmählich wieder unter Spannung setzt und ihn hierbei auf normale Stromaufnahme kontrolliert. Um kostspielige Apparate oder gar Sondermaschinen hierfür zu sparen, legen die Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi den zu prüfenden Anlageteil an eine Hilfssammelschiene, welche von der Hauptsammelschiene zunächst durch einen Reihentransformator nach Abb. 1 getrennt ist; dieser Transformator ist niederspannungsseitig mit regelbaren Widerständen belastet und beläßt also am Prüfobjekt nach Maßgabe des meßbaren Prüfstromes einen ebenfalls meßbaren Anteil der Spannung, bis beim Kurzschluß des Regelwiderstandes die volle Netzspannung an den Klemmen des Prüfobjekts liegt. Diese Anordnung hat allerdings den Nachteil, daß z. B. kurze Kabelstrecken nur einen kleinen Strom aufnehmen und ihnen deshalb praktisch auch bei voll eingeschaltetem Regelwiderstande sogleich die gesamte Netzspannung aufgedrückt wird. Man vermeidet dies durch Anschalten einer passend bemessenen O h m s c h e n Vorbelastung nach Abb. 1, die z. B. $^1/_8 \dots ^1/_3$ der größten zu überprüfenden Richtleistung verzehrt. Durch diese Maßnahme wird gleichzeitig die Gefahr der Resonanz zwischen der Kapazität eines etwa zu prüfenden Kabels und der Streuinduktion des Reihentransformators behoben, da die freien Schwingungen dieses Kreises stark gedämpft werden. Ergibt nun die Prüfung, daß der Defekt nur vorübergehender Natur war, so kann man ohne Synchronisiermaßnahmen das Prüfobjekt zunächst an die Hauptsammelschiene schalten und dann von der Hilfssammelschiene samt der Prüfapparatur trennen. Die Kosten einer solchen Prüfapparatur richten sich hauptsächlich nach der verlangten Prüfleistung und der Prüfdauer, für welche der Reihentransformator zu bemessen ist; man wird sie in vielen Fällen auf sich nehmen, weil dadurch die Betriebssicherheit der Anlage erhöht wird. (Rev. Atel. Charleroi 1928, S. 76.) *Oldff.*

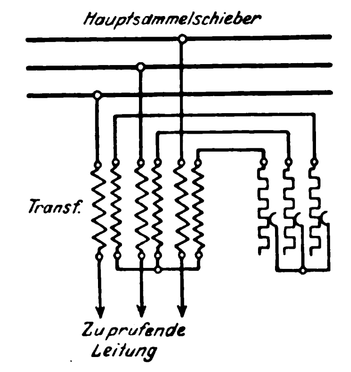


Abb. 1. Transformatorischer Spannungsregler für Prüfzwecke

Das neue Longford-Kraftwerk der Coventry Corporation. — Am 31. X. 1928 ist das neue Longford-Kraftwerk in Betrieb gesetzt worden, das sehr günstig am Oxfordkanal gelegen ist, so daß die Kohle nicht nur auf dem Bahnwege sondern auch zu Schiff herangebracht werden kann. Die Gebäude bestehen aus Eisenkonstruktion mit Steinausfüllung. Die Kohlen werden aus den Leichtern mit Greifern entladen und dann zunächst gewogen. Mit Becherförderbändern gelangt die Kohle dann in die im Kesselhaus gelegenen Bunker oder auf den Lagerplatz. Die Leistung der Kohlenförderung beträgt 50 t stündlich. Im Kesselhaus sind acht Kessel, System Stirling, mit je 891,3 m² Heizfläche in zwei Reihen untergebracht. In jeder Reihe steht ein Kessel zur Reserve. In jedem Kessel können 27 240 kg Wasser stündlich verdampft werden. Das Speisewasser tritt mit ungefähr 100 ° in den Rauchgasvorwärmer und verläßt ihn mit 150 °. Der Dampfdruck beträgt 22,8 at, die Überhitzung 371 °. Die Kessel werden mit Unterwind betrieben, jeder Kessel besitzt zwei Wanderroste mit einer Gesamtrostfläche von 28,5 m². Jeder der beiden bisher aufgestellten Turbinensätze besteht aus einer Zweikammerturbine mit einem Generator von 20 000 kW bei 3000 U/min. Der Generator erzeugt 6600 V Drehstrom. Der Strom wird zur Verteilung an die verschiedenen Unterwerke auf 33 000 V umgeformt. Die Turbinen haben insgesamt 21 Stufen und sind mit Zwillingskondensatoren versehen, die bei 65 830 kg stündlichem Dampfverbrauch ein Vakuum von 1 at aufrechterhalten. Die Kühlfläche beträgt 2013,8 m². (Iron and Coal Trad. Rev. Bd. 117, S. 608.) *Ill.*

Elektromaschinenbau.

Zur Theorie des Dreiphasen-Doppelkäfigmotors mit beliebigen Leiterzahlen der Wicklungen. — Eine Abhandlung über den allgemeinen Doppelkäfigmotor mit beliebigen Leiterzahlen der einzelnen Wicklungen ist bis jetzt in der Literatur nicht bekannt geworden. A. B r ü s e r hat sich die Aufgabe gestellt, die Ortskurven der Ströme der drei Wicklungen dieses Motors zu berechnen. Die für alle drei Stromkreise gültige Vektorgleichung ist auf folgende Form gebracht:

$$J = \frac{\dot{U}_1}{x_{11}} \frac{a\,d + b\,f}{d^2 + f^2} + j\,\frac{\dot{U}_1}{x_{11}} \frac{a\,f - b\,d}{d^2 + f^2}.$$

Für den primären Strom ($J = J_1$) bedeutet:

$$a = \varrho_2\,\varrho_3 - s^2\,\sigma_{23}$$
$$b = s\,[\varrho_3\,(1 + \sigma_2) + \varrho_2\,(1 + \sigma_3)]$$
$$d = \varrho_1\,\varrho_2\,\varrho_3 - s\,(\varrho_3\,\sigma_{12} + \varrho_2\,\sigma_{13}) - s^2\,\varrho_1\,\sigma_{23}$$
$$f = \varrho_2\,\varrho_3\,(1 + \sigma_1) + s\,\varrho_1\,[\varrho_3\,(1 + \sigma_2) + \varrho_2\,(1 + \sigma_3)] - s^2(\sigma_1\,\sigma_{23} + \sigma_2\sigma_3).$$

Für die sekundären Ströme haben die Glieder d und f die gleichen Werte wie für den Strom J_1; a und b sind jedoch hiervon verschieden.

Es ist für den auf den Ständer reduzierten Strom $\frac{w_2}{w_1}\,J_2$ der äußeren Wicklung

$$a = s^2\,\sigma_3, \qquad b = -\,s\,\varrho_3,$$

für den Strom $\frac{w_3}{w_1}\,J_3$ der inneren Käfigwicklung gilt analog

$$a = s^2\,\sigma_2, \qquad b = -\,s\,\varrho_2.$$



Im vorstehenden bezieht sich der Index 1 auf die primäre Wicklung, der Index 2 auf die sekundäre äußere Wicklung und der Index 3 auf die sekundäre innere Wicklung. Weiter bedeuten

U_1 effektive Klemmenspannung einer Phase der primären Wicklung,

J_1, J_2, J_3 Ströme einer Phase,

$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$ Schlüpfung,

x_{11}, x_{22}, x_{33} Reaktanzen einer Phase in Ohm, bezogen auf die primäre Frequenz,

r_1, r_2, r_3 Ohmsche Widerstände einer Phase,

$x_{1\sigma}, x_{2\sigma}, x_{3\sigma}$ Streureaktanzen einer Phase in Ohm, bezogen auf die primäre Frequenz,

$$\varrho_1 = \frac{r_1}{x_{11}}, \quad \varrho_2 = \frac{r_2}{x_{22}}, \quad \varrho_3 = \frac{r_3}{x_{33}},$$

$$\sigma_1 = \frac{x_{1\sigma}}{x_{11}}, \quad \sigma_2 = \frac{x_{2\sigma}}{x_{22}}, \quad \sigma_3 = \frac{x_{3\sigma}}{x_{33}},$$

$$\sigma_{12} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_1\sigma_2, \quad \sigma_{13} = \sigma_1 + \sigma_3 + \sigma_1\sigma_3, \quad \sigma_{23} = \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_2\sigma_3.$$

Sind die Koeffizienten eines Motors bekannt, so können punktweise die Ortskurven für die Ströme der drei Wicklungen berechnet werden.

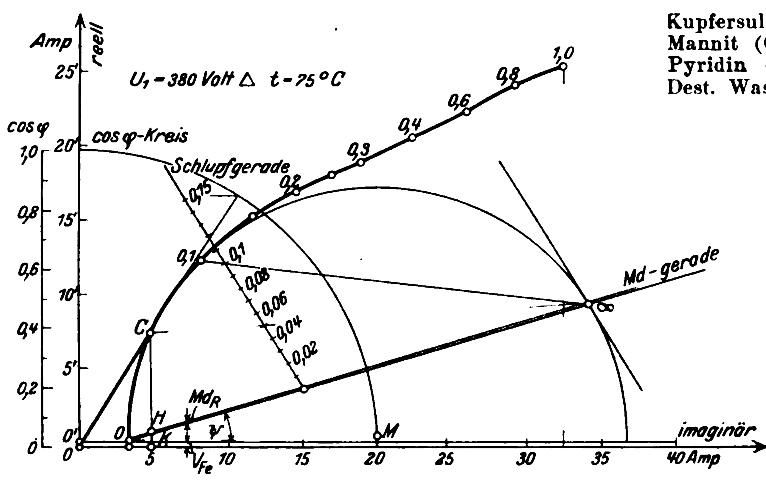


Abb. 2. Ortskurve des primären Motorstromes ($s = 0 \ldots 1$).

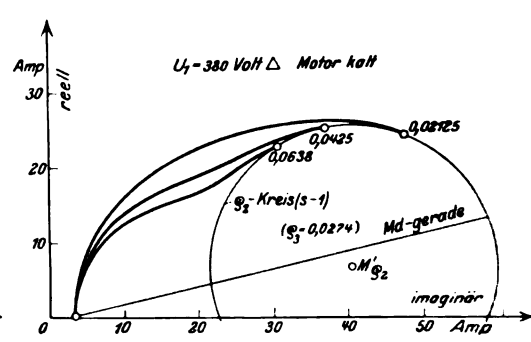


Abb. 3. Ortskurven des Primärstromes bei verschiedenen Ohmschen Widerständen der äußeren Käfigwicklung.

In das Stromdiagramm des Primärstromes (Abb. 2) ist im Leerlaufpunkte noch die Drehmomentenlinie eingetragen. Der Winkel, in dem diese Gerade die imaginäre Achse schneidet, wird ermittelt aus

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\frac{U_1}{x_{11}} \frac{\cos^2 \varphi_\infty}{\varrho_1} - y_0}{\frac{U_1}{x_{11}} \frac{\cos \varphi_\infty \sin \varphi_\infty}{\varrho_1} - x_0};$$

darin bedeutet

$$\varphi_\infty = \operatorname{arc\,tg} \frac{\sigma_1 + \frac{\sigma_2 \sigma_3}{\sigma_{23}}}{\varrho_1}.$$

y_0 und x_0 sind die Koordinaten des Leerlaufpunktes ($s = 0$). Wird in die bizirkulare Quartik für den primären Strom (z. B. durch die drei berechneten Punkte $s = 0, 0{,}05, 0{,}1$) der Schmiegungskreis gezeichnet, so kann für kleine Schlüpfungen mit Hilfe der Drehmomentenlinie die Schlupfgerade angegeben werden.

In Abb. 3 wird der Einfluß des Ohmschen Widerstandes des Außenkäfigs gezeigt. Wird bei sonst unveränderlichen Koeffizienten der Widerstandskoeffizient des Außenkäfigs über einen bestimmten Wert hinaus vergrößert, so wird das Anzugsmoment des Motors kleiner, und es treten die bekannten Einsattelungen in der Ortskurve des Primärstromes auf. Diese Erscheinung wird begleitet von einer Verschlechterung des Leitungsfaktors im Betrieb. — Versuche, die an einem Doppelkäfigmotor der Heemaf vorgenommen wurden, zeigen sehr gute Übereinstimmung mit der Theorie. (A. Brüser, Arch. El. Bd. 21, S. 289.)

Beleuchtung.

Die photographische Lichteinheit. — Während die Einheit für die Lichtstärke der Beleuchtungstechnik in den einzelnen Staaten genau festgelegt ist, herrschten bisher über die photographische Lichteinheit die größten Meinungsverschiedenheiten. Die Größe der auf das Auge wirkenden Helligkeit ist hierbei nicht ausschlaggebend, da die spektralen Empfindlichkeitskurven des Auges und der photographischen Emulsionen sehr stark voneinander abweichen. Selbst das Tageslicht von wohl definierter Helligkeit kann nicht als photographische Lichteinheit herangezogen werden, da auch die spektrale Energieverteilung des Tageslichtes die größten Verschiedenheiten aufweist[1]. Auf dem internationalen Kongreß für Photographie im Juli 1928 wurde folgender Vorschlag angenommen, vorbehaltlich der endgültigen Genehmigung der einzelnen nationalen Kongresse.

Die photographische Einheit der Intensität der Sensitometrie negativer Emulsionen besitzt ein grau strahlender Körper von einer Farbtemperatur von 2360 ° absoluter Temperatur (also etwa unsere Wolfram-Vakuumlampen) bei einer Helligkeit von einer internationalen Kerze, nachdem seine Strahlung nachstehende Flüssigkeitsfilter passiert hat.

Das Filter besteht aus einer Doppelkuvette von jedesmal 1 cm lichter Weite (± 0,05 mm), hergestellt aus drei Platten eines Borosilikat-Kronglases ($n_D = 1{,}51$) von 2,5 mm Dicke. Die Zusammensetzung der Flüssigkeiten für die beiden je 1 cm starken Kuvettenhälften ist folgende:

Lösung A.

Kupfersulfat ($CuSO_4 + 5\,H_2O$)	3,707 g
Mannit ($C_6H_8(OH)_6$)	3,707 g
Pyridin (C_5H_5N)	30,0 cm³
Dest. Wasser aufgefüllt auf	1000,0 cm³

Lösung B.

Kobaltammoniumsulfat ($CoSO_4(NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$)	26,827 g
Kupfersulfat ($CuSO_4 + 5\,H_2O$)	27,180 g
Schwefelsäure (spez. Gew. 1,835)	10,0 cm³
Dest. Wasser aufgefüllt auf	1000,0 cm³

(Journ. Opt. Soc. Am. (Supplement) Bd. 17, S. 13.)

Schb.

Installation.

Einheitliche Befestigungsmittel für Rohr- und Kabelleitungen. — Die Verschiedenartigkeit des Streckenausbaues in Bergwerksbetrieben unter Tage, bei welchem teils Mauerwerk teils Stempel aus Holz oder Eisen, recht oft auch sämtliche drei Ausbauarten nebeneinander Verwendung finden, bereitet der ordnungsmäßigen Befestigung von Rohr- und Kabelleitungen viele Schwierigkeiten. In vielen Fällen, insbesondere beim eisernen Streckenausbau, müssen die Befestigungsmittel für die Kabel usw., den besonderen Verhältnissen Rechnung tragend, von Fall zu Fall angefertigt werden, ein Umstand, welcher stets erhebliche Kosten verursacht. Die Ausführung der bisher üblichen Befestigungsmittel, wie Kabelklemmen, Rohrschellen und Rohrhaken, wirkt sich außerdem noch besonders nachteilig dann aus, wenn Kabel- oder Rohrleitungen aus abgebauten Strecken ausgebaut und an anderen Betriebspunkten erneut eingebaut werden sollen. In den weitaus meisten Fällen sind die Schrauben der Rohrschellen oder der Kabelklemmen in der feuchten Grubenluft stark verrostet, so daß ein Lösen der Schellen nur durch Durchkreuzen der Muttern mit Hammer und Meißel möglich ist. Sind Rohrhaken zur Befestigung benutzt worden, so müssen diese Haken ebenfalls unter Zuhilfenahme von Hammer und Meißel auf-

[1] Macbeth, ETZ 1928 S. 1444.

gebogen werden. In beiden Fällen werden stets die Kabel oder Rohre erheblich beschädigt, wodurch kostspielige Reparaturen verursacht werden können. Auch sind die in jedem Falle beschädigten Befestigungsmittel nur selten erneut zu verwenden.

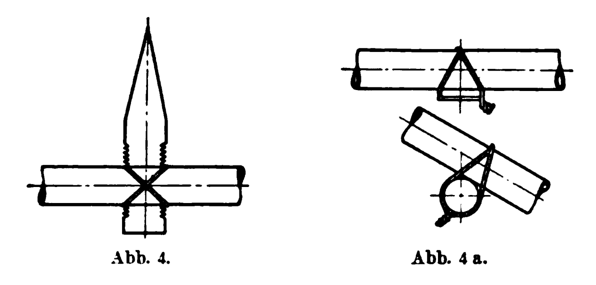


Abb. 4. Abb. 4 a.

Die von der Firma Nelken & Co., Essen, herausgebrachten Hilfsmittel[1] zur Befestigung von Kabel- und Rohrleitungen unter Tage gestatten nicht allein, auf einfachste Weise die Befestigung ohne Beschädigung der Kabel und Rohre oder des Befestigungsmittels zu lösen, sondern ermöglichen auch eine wiederholte Benutzung der Befestigungsmittel. Die Abb. 4 ... 8 veranschaulichen die Befestigungsmittel und deren vielseitige Verwendungsmöglichkeit. Abb. 4 und 4 a stellen Einschlagdorne in flacher und runder Form zur Befestigung von Stahlpanzer-Isolierrohren, Kabelleitungen usw. dar, die sich zum Eintreiben in Holzstempel und Mauerfugen eignen. Zur Kabel- und Rohrmontage bei eisernem Streckenausbau lassen sich Befestigungsdorne in Verbindung mit Schienenfußklammern gemäß Abb. 5 und Kabel- und Rohrtragehaken in Verbindung mit einer Schienenkopfklammer (Abb. 6) verwenden. Die in Abb. 7 und 7 a abgebildeten Kombinations- und Kabeltraghaken können durch gegenseitige Befestigung entweder durch Verschraubung oder durch Aufhängung zu einem stets erweiterungsfähigen Kabelregister für die Aufnahme einer beliebigen Anzahl von Kabeln oder Rohren ergänzt werden. Abb. 8 und 8 a stellen Schienenfußklammern verschiedener Ausführung dar, welche zu Erdungszwecken nach dem E.-System[1] Anwendung finden können. *fi*

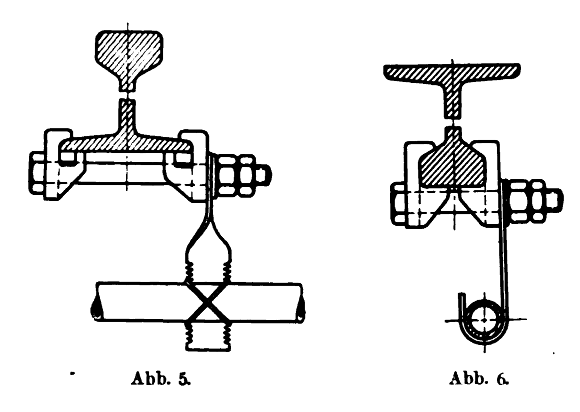


Abb. 5. Abb. 6.

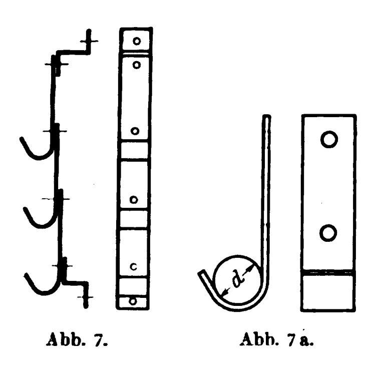


Abb. 7. Abb. 7 a.

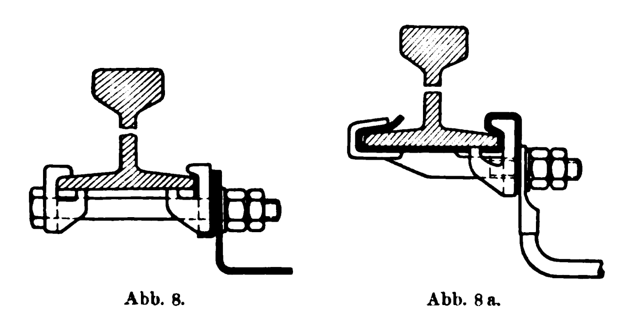


Abb. 8. Abb. 8 a.

[1] DRP. angem. u. DRGM.

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Betriebsergebnisse der Paulista-Bahn. — Die Bahnlinie von Jundiahy nach Rincao der Paulista-Bahn in Brasilien hat eine Länge von 286 km und eine Spurweite von 1,6 m. Da ein Teil der Strecke von Jundiahy nach Campinas doppelgleisig ist, so beträgt die einfache Gleislänge 330 km. Im elektrischen Betrieb (Gleichstrom 3000 V) stand während 1925/1926 nur die 53 km lange Teilstrecke von Jundiahy nach Boa Vista, die rd. 100 Gleis-km umfaßt. Die im Betrieb des elektrischen Streckenabschnittes gegenüber der mit Dampf betriebenen Hauptstrecke während einer dreijährigen Betriebszeit erzielten Ersparnisse stimmen mit den seinerzeit geschätzten recht gut überein. Die jährliche Zahl der Zug-km beträgt 3 353 793 für die Dampfstrecke und 812 626 für die elektrisierte Strecke. Der t km erfordert bei Dampfbetrieb am Tender 3,02 kg Kohle welcher Wert 1 kWh an den Gleichstromausführungen der Unterwerke entspricht. Die Arbeit von 1 t Kohle kann nach den Erfahrungen der Paulista-Bahn auch von 9,4 m^3 Brennholz geleistet werden. Es entspricht somit 1 m^3 Holz am Tender 35 kWh. Für Heizöl wurde auf Grund der Versuche in den V.S. Amerika festgestellt, daß 1 t Kohle rd. 645 l Öl entsprechen. Einem Barrel Öl (159 l) auf dem Tender der Lokomotive entsprechen somit 80 kWh an den Gleichstromausführungen bzw. 97 kWh an den Hochspannungseinführungen der Unterwerke, da der mittlere jährliche Wirkungsgrad der Unterwerke 82,5 % beträgt. Der Preis der Kohle betrug für die drei Jahre 1923/1926 im Mittel 61,80 RM. Der fehlende Heizwert der Kohle wird mit 6000 kcal geschätzt, wenn für das Öl ein solcher von 9800 kcal angenommen werden kann; für das Holz wird der Preis mit 4,55 RM/m^3 als Mittelwert für die dreijährige Periode angegeben. Der vertraglich festliegende Preis der von einem Wasserkraftwerk gelieferten Arbeit beträgt, an der Hochspannungseinführung der Unterwerke gemessen, 2,06 Pf/kWh.

Die vergleichenden Betriebskosten für den Dampf- und elektrischen Betrieb je Zug-km sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Zahlentafel 1.

	Dampfbetrieb RM	Elektr. Betrieb RM
Lokomotiv- und Zugpersonal	0,3540	0,2405
Brennstoffe (Kohle, Holz) . .	1,6200	
Elektrische Energie		0,3250
Schmiermittel	0,0254	0,0137
Putzstoffe usw.	0,0886	0,0654
Ausbesserung der Lokomotiven	0,1688	0,1590
Unterwerke		0,0657
Fahrleitung		0,0233
Hochspannungsleitung . . .		0,0196
Gesamt	2,450	0,913
Ersparnis beim elektrischen Betrieb je Zug-km. .		1,345 RM
oder in % des Dampfbetriebes		59,6%

Diese Ersparnis gegenüber dem Dampfbetrieb erscheint auf den ersten Augenblick außergewöhnlich hoch. In dieser vergleichenden Gegenüberstellung der Betriebskosten müssen jedoch nach Ansicht des Berichterstatters, wie sonst allgemein üblich, der Kapitaldienst, die Tilgung und die Erneuerungsrücklagen berücksichtigt werden; dann werden die gesamten Betriebskosten für das Zug-km bei beiden Betriebsarten wesentlich größer und die prozentualen Ersparnisse geringer werden. Der absolute Wert der Ersparungen hingegen dürfte sich nur wenig ändern. Bei diesem Vergleich ist noch zu beachten, daß der elektrische Betrieb nur rd. ein Viertel des Umfanges des Dampfbetriebes hat, weshalb nach Angabe S. B. Fortenbaughs die Ersparnisse eher eine Vergrößerung als eine Verminderung erfahren dürften.

Der Grund, weshalb in Brasilien so günstige Betriebsergebnisse für die Hauptbahnelektrisierung erzielt wurden, liegt im wesentlichen in den hohen Kohlenpreisen und dem niedrigen Preis der Kilowattstunde. (S. B. Fortenbaugh, Gen. El. Rev. Bd. 30, S. 595.) *Wt.*

Fernmeldetechnik.

Fernkabel Schweiz—Österreich. — Das Ende Februar 1928 in Betrieb genommene Fernkabel St. Gallen—Linz ist ein wichtiges Verbindungsstück zwischen dem Westen und

[1] DRP.

dem Osten. Es ermöglicht nicht nur, die unzureichenden Fernsprechverbindungen zwischen der Schweiz und Österreich mit dem Verkehrsbedarf in Einklang zu bringen, sondern es bildet bis auf weiteres auch den kürzesten Verbindungsweg zwischen Südfrankreich, Spanien, Portugal und Oberitalien einerseits und den Ländern im Südosten Europas anderseits. Das Kabel setzt sich zusammen aus der 23 km langen, nach dem Western-System gebauten schweizerischen Strecke St. Gallen—Oberriet mit 72 Vierern und 1 Kernpaar (einschließlich der Leitungen für den innerschweizerischen Bedarf) und der nach dem in Deutschland üblichen Verfahren gebauten 468 km langen österreichischen Strecke Oberriet—Linz mit 50 Vierern, darunter 1 Kernvierer. Die Kernadern haben einen besonderen Bleimantel. Von den 50 durchgehenden Vierern bestehen 7 Vierer aus 1,4 mm, die übrigen 43 Vierer aus 0,9 mm starken Adern; auf der Schweizer Strecke sind alle Vierer, auf der österreichischen zunächst nur 28 Vierer teils mittelstark teils leicht pupinisiert. Verstärkerämter befinden sich in Bludenz, Landeck, Innsbruck, Wörgl, Salzburg und Vöcklabruck.

Die elektrischen Eigenschaften der schweizerischen Kabelstrecke werden durch die folgenden Ergebnisse der Abnahmemessungen gekennzeichnet:

Mittlere Dämpfungswerte bei $\omega = 5000$:

bei starker Belastung für die	1,4 mm-Stammleitungen	0,009 61
„ „ „ „ „	1,4 mm-Viererleitungen	0,009 29
„ „ „ „ „	0,9 mm-Stammleitungen	0,017 49
„ „ „ „ „	0,9 mm-Viererleitungen	0,017 87
„ schwacher „ „ „	0,9 mm-Stammleitungen	0,030 20
„ „ „ „ „	0,9 mm-Viererleitungen	0,027 53

Die Abgleichung der Kabel zur Verminderung des Neben- und Übersprechens ist nach dem Verfahren der Western Electr. Co. in bekannter Weise durchgeführt, wobei die einzelnen acht Längen einer Spulenfeldlänge schon in der Fabrik bestimmt und entsprechend den elektrischen Werten eingereiht wurden. Die Nebensprechwerte der Vierer (Vierer auf Vierer) betragen im Minimum 8,9. Von den gemessenen 2556 Werten liegen 118 unter 9,9, 627 zwischen 10,0 und 10,9 und 1811 über 10,9. Die Nebensprechwerte der Vierdraht-Vierer-Hin- und -Rückleitungen liegen alle über 11, gemessen mit der Kreisfrequenz 500. Die Mittelwerte für das Nebensprechen in den einzelnen Vierern liegen in allen Fällen über 10,1 für $\omega = 5000$ und über 9,3 für $\omega = 12\,000$. Der geringste Wert für das Gegennebensprechen wurde bei $\omega = 5000$ mit 9,3 gemessen. Die Mittelwerte liegen sämtlich über 10,0, unter Zuzählung der Dämpfungswerte der betreffenden Kabeladern über 10,45 bzw. 10,74 für die extra leichten Vierer. Von den Abnahmeergebnissen der Messungen für die österreichische Kabelstrecke geben die Kurven der Abb. 9 und 10 ein Bild.

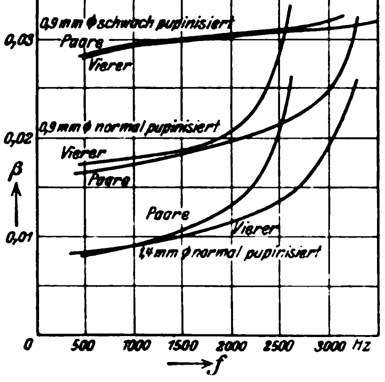


Abb. 9. Leitungsdämpfung im Verstärkerfeld Innsbruck—Wörgl.

Die Ausgleicharbeiten wurden auf der österreichischen Seite in der Weise ausgeführt, daß man das bewährte Prinzip des glatt durchgeschalteten Vierers, das durch den Kondensatorausgleich ermöglicht wird, in das Prinzip des „elektrisch glatt geschalteten" Vierers abänderte. Dabei bleibt einerseits der Vorteil gewahrt, daß jedem Vierer andauernd die beiden gleichen Vierer benachbart bleiben, wodurch die größten Nebenviererkopplungen mit einem Schlage durch Zusatzkondensatoren beseitigt werden können; anderseits können aber im Vierer selbst durch Vertauschen (Kreuzen) der Adern im Paar und der Paare im Vierer noch mannigfaltige Möglichkeiten nach Bedarf zur Verbesserung solcher Unsymmetrien ausgenutzt werden, die durch Kondensatoren nicht oder nur unzweckmäßig ausgeglichen werden können. Als solche sind besonders die Widerstandsdifferenzen in den Paaren, die Erdkapazitätsdifferenzen in den Paaren und Vierern, die Stamm-Selbstinduktionsdifferenzen der Spulen und schließlich die für das Gegennebensprechen in Betracht kommenden elektromagnetischen Kopplungen größerer Abschnitte eines Verstärkerfeldes zu erwähnen. Als Kreuzungstellen sind Kondensatormuffen und Pupinpunkte benutzt worden.

Besondere Maßnahmen waren für die Verstärkerfelder Salzburg—Wörgl und Bludenz—St. Gallen erforderlich. Für das Verstärkerfeld Salzburg—Wörgl, das eine außergewöhnliche Länge von 100,96 km aufweist, mußten, um die Dämpfung dieses Abschnittes in den zulässigen Grenzen zu halten, die Drahtdurchmesser auf 1,5 mm bzw. 1,0 mm erhöht werden. Trotzdem wurden die Betriebskapazitäten auf den gleichen Werten wie bei den übrigen Strecken, u. zw. auf 355/585 µµF für die starken Adern und auf 335/540 µµF für die schwachen Adern gehalten. Auf diese Art war es möglich, auch die Pupinisierung dieser Strecke in der gleichen Weise durchzuführen wie auf den übrigen abgeschlossenen österreichischen Verstärkerfeldern [190/70 bzw. 200/70 mH für die normale, 50/20 mH für die leichte und 9,4 mH (Vierer) für die sog. „Musik"-Pupinisierung; $s = 2000$ m].

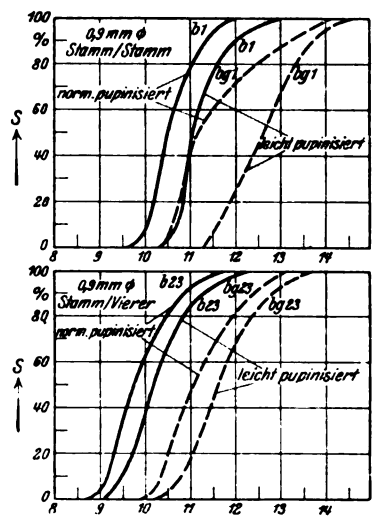


Abb. 10. Häufigkeitssumme der Nebensprech- und Gegennebensprechdämpfungen im Verstärkerfeld Innsbruck—Wörgl.

Abweichend von dem normalen Aufbau mußte ferner das Teilstück Bludenz—Oberriet hergestellt werden mit Rücksicht auf den Übergang vom Siemens- auf das Westernsystem. Zu diesem Zweck wurde das im übrigen nach dem Westernsystem aufgebaute Schweizerkabel St. Gallen—Oberriet mit den gleichen Betriebskapazitäten wie das österreichische Kabel hergestellt. Hingegen erfolgte die Pupinisierung des ganzen Verstärkerfeldes Bludenz—St. Gallen mit Spulen nach dem Westernsystem von 177/63 mH für normale, 44/20 mH für leichte und 15,5 mH (Stamm) für die „Musik"-Pupinisierung mit einem Spulenabstand $s = 1820$ m. Obwohl im übrigen, namentlich hinsichtlich des Ausgleichs, für jede der beiden Hälften des Verstärkerfeldes die Methoden des zugehörigen Systems in Anwendung kamen, ist die erzielte Gleichmäßigkeit dieses kombinierten Verstärkerfeldes und die Übereinstimmung hinsichtlich Grenzfrequenz und Frequenzabhängigkeit mit den übrigen Feldern bemerkenswert gut. (W. Trechsel u. H. Pfeuffer, Europ. Fernspr. 1929, S. 28.) *Bkm.*

Werkstatt und Baustoffe.

Eine neue elektrische Isolation aus Magnesiumoxyd („Corox"). — Die Westinghouse El. & Mfg. Co. macht in der Presse Mitteilung über ein neues Verfahren, die Heizdrähte, wie sie in Heizelementen der Öfen und vor allen Dingen der Gegenstände des täglichen Gebrauchs benutzt werden, zu isolieren. Der Heizdraht, der wie üblich aus einer hochschmelzenden Legierung mit einem hohen elektrischen Widerstand besteht, wird mit Magnesiumband bewickelt und das Ganze in ein Kupferröhrchen gebracht. Durch das Rohr wird dann Wasserdampf von hohem Druck und von hoher Temperatur gepreßt, wodurch das Magnesiumband zu Magnesiumoxyd oxydiert wird. Infolge seiner Bildungsbedingungen unter erhöhtem Druck und in Gegenwart von Wasserdampf entsteht ein harter, dichter, marmorähnlicher Magnesiumoxydkörper, der den Draht sowohl elektrisch als auch mechanisch schützt. Das Kupferrohr kann eine beliebige Form haben und kann in einer beliebigen Weise montiert werden. Ein solches Heizelement ist beinahe unzerstörbar. Die Lebensdauer soll um 200 ... 300 % die der bisherigen Konstruktionen übersteigen und der Nutzeffekt um 10 % günstiger sein, das letztere, weil die Wärmeleitfähigkeit des Magnesiumoxyds der angegebenen Beschaffenheit bei gleicher elektrischer Isolationsfähigkeit besser als die der bisher üblichen Stoffe sein soll.

Der Grundgedanke des von dem Norweger Ch. B. Backer erfundenen Verfahrens ist ungemein bestechend

und physikalisch einleuchtend. Wenn die Schwierigkeiten der praktischen Durchführung überwunden sind, wie es bereits der Fall sein soll, kann es, vorausgesetzt, daß es auch wirtschaftlich lebensfähig ist, eine breite Anwendung in der Technik der elektrischen Widerstandsheizung finden. (Westingh. Techn. Press Serv. Nr. A 8677.) *Msg.*

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Mit großer Befriedigung darf die deutsche Elektrizitätswirtschaft die Worte vermerken, mit denen Ministerialdirektor Dr. H. Staudinger den VDE im Auftrag der Reichs- und der preußischen Staatsregierung bei der Aachener Tagung begrüßt hat, indem er — wir zitieren die Ind. Handelszg. — u. a. ausführte, daß der Zusammenschluß der deutschen Großerzeugungs- und Verteilungsunternehmungen nunmehr nach dem Eintritt auch der westdeutschen Gesellschaften in die A.G. für deutsche Elektrizitätswirtschaft im Wege freier Vereinbarung vollzogen und damit eine Organisation vollendet sei, die eine wirklich umfassende Rationalisierung der Großerzeugung und Großverteilung im gesamten deutschen Wirtschaftsgebiet ermögliche. Auf dieser Grundlage erhoffe die Staatsregierung eine fruchtbare Arbeit, so daß der viel erörterte Weg einer gesetzlichen Regelung auf diesem Gebiet endgültig entbehrlich geworden sei.

Der preußische Landtag hat einen Antrag des Handelsministeriums genehmigt, durch den das Kapital der Preußischen Elektrizitäts-A.G., Berlin, das erst im Frühjahr um 20 Mill RM erhöht worden war, weiter auf 110 Mill RM gebracht wird, u. zw. zu dem Zweck, sich Versorgungsunternehmungen anzugliedern, die bisher Kommunalverbänden gehörten. Wie die Ind. Handelszg. schreibt, will die Preag dabei versuchen, durch Zusammenarbeit mit solchen auch ihrerseits unmittelbar an den letzten Verbraucher heranzukommen, d. h. weitere Verteilungsanlagen zu erwerben, u. zw. gegen Preag-Aktien, von denen nunmehr ein Teil (bis zu 26 %) an Kommunen und Kommunalverbände gegeben werden darf. Im Zusammenhang damit ist an die Gründung der Hannoverschen Stromversorgungs-A. G. zu erinnern[2], die sich nunmehr mit der Überlandwerk Braunschweig G. m. b. H. zu der „Hannover-Braunschweigischen Stromversorgungs-A. G.", Hannover, einer Tochtergesellschaft der Preag, vereinigt. Ähnliche Schritte in dieser Richtung sind auch in den beiden andern Arbeitsblocks der Preag geplant. Als Grundgedanken der Transaktion hat man den Wunsch anzusehen, aus kleineren, unwirtschaftlichen kommunalen Versorgungsgebieten größere Einheiten zu bilden, die gestatten, alle technischen Fortschritte in der Erzeugung wie in der Verteilung elektrischer Arbeit zu verwerten und eine den Interessen der Abnehmer günstigere Preispolitik zu treiben.

Von unbedeutenden Ausnahmen abgesehen, ist der Stromverbrauch im Arbeitsbereich der Thüringer Gasgesellschaft, Leipzig, 1928 erfreulich gewachsen aber, wie die Gesellschaft in ihrem Geschäftsbericht bemerkt, in Deutschland, auf den Kopf der Bevölkerung bezogen, noch außerordentlich steigerungsfähig, da er heute mit etwa 200 kWh noch nicht ganz ein Drittel des Konsums in den V. S. Amerika umfasse. Die Verwaltung äußert sich auch über die „Steuersubvention" der öffentlichen Hand, bei deren Diskussion man nach ihrer Ansicht an der wichtigen Tatsache vorübergehe, daß auch heute noch in Deutschland z. B. die Hälfte der Stromerzeugung in eigenen Anlagen der Verbraucher erfolge. Von einem „Monopol" der Produktion durch die eine oder andere Seite könne also keinesfalls die Rede sein. Im Interesse der Strombezieher solle der freie Wettbewerb der Lieferer unbedingt gewährleistet werden, und es sei deshalb von größter Bedeutung, daß die öffentliche Hand durch das Steuervorrecht nicht von vornherein, u. zw. in diesem Fall auch zum Nachteil der Bezieher, bevorzugt werde. Die Gesellschaft hat, da die Elektrokühlung auch in Deutschland in starker Aufnahme begriffen ist, im Berichtsjahr die „Kelvinator" Elektro-Kühlanlagen A. G., Leipzig, gegründet, die durch Verwendung unbedingt betriebsicherer Anlagen Haushalt und Gewerbe die hygienischen und wirtschaftlichen Vorteile der Elektrokühlung nutzbar machen will.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1063.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 725.

Die Innwerk, Bayerische Aluminium-A. G., München, hat 1928 519,684 Mill kWh erzeugt, d. s. 7,557 Mill kWh mehr als 1927 (512,127 Mill kWh).

Bei der Elektricitätswerk Crottorf A. G. ist der Anschlußwert 1928 auf 14 060 kW gestiegen (13 425 i. V.), wovon 10 557 auf Motoren und Apparate, 3503 kW auf Glühlampen entfielen. Nutzbar abgegeben wurden 3,686 Mill kWh (3,450 i. V.) und davon 1,260 für Licht, d. s. 5,6 % mehr als im Vorjahr, und 2,426 Mill kWh für Kraft (Steigerung 7,5 %). Mit Wasser sind diesmal nur 496 235 kWh gewonnen worden (624 344 i. V.). Obwohl die Gesellschaft von Jahresbeginn an den über das Jahr 1927 hinausgehenden Lichtstromverbrauch nur mit 40 Pf und den Kleinkraftstromverbrauch mit 25 Pf berechnet hat, erhöhten sich die Stromeinnahmen von 962 888 auf 990 276 RM; dazu kamen an Einnahmen aus Zählermiete, Installationen, Zinsen usw. 134 956 RM (123 227 i. V.). Bei 369 498 RM Reingewinn (341 965 i. V.) wurden auf 4,8 Mill RM Aktienkapital 7 % Dividende verteilt (6,5 % i. V.).

Der gesamte Anschlußwert der Neckarwerke A. G., Eßlingen a. N., ohne die Enzgauwerke, betrug Ende 1928 128 903 kW (110 985 i. V.) und der der Enzgauwerke G. m. b. H. 26 522 kW (24 693 i. V.). Der Strombezug vom Badenwerk wurde mit 10 000 kVA Dauerlieferung aufgenommen. Das auf 30 Jahre gepachtete Kraftwerk der Neckar-A. G., Stuttgart, bei Obereßlingen (etwa 1500 kVA) dürfte inzwischen dem Betrieb übergeben worden sein. Erzeugt und von auswärtigen Werken bezogen wurden 130,101 Mill kWh (102,805 i. V.) und nutzbar abgegeben 105,017 Mill kWh (80,579 i. V.), so daß sich für Eigenverbrauch und Verlust rd. 19 % ergeben (22 % i. V.). Die höchste Tageslieferung betrug 503 848 kWh (434 030 i. V.) und die höchste Momentanbelastung 38 300 kW (33 500 i. V.). Als Betriebsgewinn werden 5 711 278 RM (5 626 747 i. V.) und als Überschuß 2 144 459 RM (1 649 570 i. V.) genannt. Hieraus hat die Gesellschaft auf nunmehr 20 Mill RM Aktienkapital wieder 9 % Dividende gezahlt.

Das Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt A. G., Halle a. d. Saale, konnte 1928 307 Mill kWh abgeben (279 i. V.). Die 100 kV-Doppelleitung von Groß-Kayna nach Oberröblingen und das hier errichtete Umspannwerk sind, vorläufig mit 50 kV, in Betrieb genommen worden und dienen der Belieferung des Überlandwerks Bretleben der Landelektrizität G. m. b. H., Halle. Das zur Deckung der Winterspitze benutzte Kraftwerk Groß-Kayna wird Mitte des laufenden Jahres um 20 000 kVA erweitert sein, stand aber wieder von Anfang April bis Ende September still. Die grundlegende Überholung des Elektrizitätswerks Bitterfeld nähert sich ihrem Abschluß. Mit den Vorarbeiten für eine die Stromversorgung der Nordaltmark sichernde 50 kV-Leitung von Weferlingen nach Salzwedel ist begonnen worden. Ein in ihrem Zuge liegendes Umspannwerk bei Cunrau soll die Überlandwerke Gardelegen, Salzwedel und Weferlingen versorgen, welch letzteres der Berichterstatterin die 50 kV-Doppelleitung vom Kraftwerk Harbke bis Weferlingen übereignet hat. Nach Kündigung der Belieferung seitens des Überlandwerks Liebenwerda wird dessen Gebiet nunmehr aus den Anlagen der Lauchhammer A. G. gespeist. Die Betriebserträgnisse stellten sich auf 4 497 690 RM (4 256 350 i. V.) und die Einnahmen aus Beteiligungen und Verschiedenem auf 198 249 RM (166 618 i. V.). Bei 761 279 RM Reingewinn (715 499 i. V.) kamen wieder 8 % Dividende auf 8 Mill RM Aktienkapital zur Verteilung.

Kurze Auslandsnachrichten. — V. S. Amerika. Nach Mitteilung der El. World sind unter der Kontrolle des Bankhauses J. P. Morgan & Co. die Buffalo, Niagara & Eastern Power Corp., die an den Niagarafällen und im Westen des Staates New York mit einem Vermögen von mehr als 221 Mill $ arbeitet, die Northeastern Power Corp., deren Tätigkeitsbereich im Norden New Yorks zwischen dem St. Lawrence und dem Mohawktal liegt (131 Mill $), und die das große Industriegebiet um Schenectady versorgende Mohawk-Hudson Power Corp. (über 97 Mill $) unter dem Präsidium von Ray P. Stevens zur Niagara-Hudson Power Corporation (rd. 500 Mill $) zusammengeschlossen worden. Die Eintragung erfolgte in Albany (New York). — Rußland (UdSSR). Der Rat der Volkskommissare hat in bezug auf den Fünfjahresplan 1928/33 verordnet, daß die Elektrisierung des Bezirks Nishnij-Nowgorod im Einklang mit den neuen Projekten für die dortigen Industriebauten fortgesetzt, für das Kusnetzkirevier außer der Überlandzentrale ein zweites Elektrizitätswerk entworfen und für die Elektrisierung des Transportwesens nicht weniger als 60 Mill Rbl reserviert werden sollen.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Die Kommission für Koch- und Heizgeräte hatte im Juli 1927 ein Normblatt DIN VDE 4900 „Heißwasserspeicher und Badeöfen für 1 kg/cm² Betriebsdruck" herausgegeben, das jedoch, wie sich inzwischen herausgestellt hat, den praktischen Bedürfnissen nicht in vollem Maße Rechnung trägt.

Infolgedessen soll dieses Normblatt aufgeteilt werden, und zwar in ein Normblatt

DIN VDE 4902 Heißwasserspeicher, Wandspeicher und
DIN VDE 4903 Heißwasserspeicher und Badeöfen, stehend.

Die Entwürfe zu diesen beiden Ersatzblättern werden nachstehend bekanntgegeben.

Noch nicht endgültig

Heißwasserspeicher
Wandspeicher
Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 4902

Maße in mm

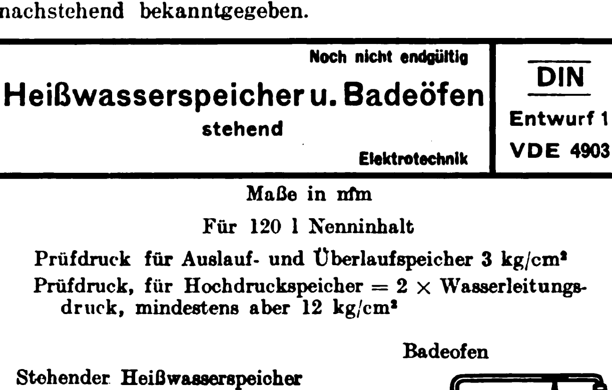
Für 30, 50 und 80 l Nenninhalt

Prüfdruck für Auslauf- und Überlaufspeicher 3 kg/cm²
Prüfdruck für Hochdruckspeicher = 2 × Wasserleitungsdruck, mindestens aber 12 kg/cm²

Fuß vergrößert

Nenninhalt ist die Wassermenge, für die das Gerät gebaut ist.
Nutzinhalt ist die Wassermenge, die dem Gerät als Ablaufspeicher betriebsmäßig entnommen werden kann.
Der Nutzinhalt darf den Nenninhalt um 3 % überschreiten, jedoch nicht kleiner sein als dieser.
Wasser-Zulauf und -Ablauf sind an den Stutzen durch aufgegossene oder eingeprägte Pfeile deutlich zu kennzeichnen.
Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259
Die Ausführung muß den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen" des VDE entsprechen.

Juli 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.


Noch nicht endgültig

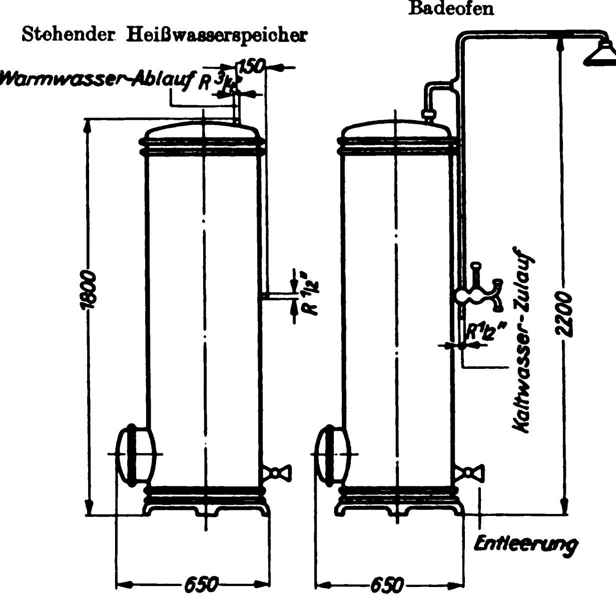
Heißwasserspeicher u. Badeöfen
stehend
Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 4903

Maße in mm

Für 120 l Nenninhalt

Prüfdruck für Auslauf- und Überlaufspeicher 3 kg/cm²
Prüfdruck, für Hochdruckspeicher = 2 × Wasserleitungsdruck, mindestens aber 12 kg/cm²



Nenninhalt ist die Wassermenge, für die das Gerät gebaut ist.
Nutzinhalt ist die Wassermenge, die dem Gerät als Ablaufspeicher betriebsmäßig entnommen werden kann.
Der Nutzinhalt darf den Nenninhalt um 3% überschreiten, jedoch nicht kleiner sein als dieser.
Wasser-Zulauf und -Ablauf sind an den Stutzen durch aufgegossene oder eingeprägte Pfeile deutlich zu kennzeichnen.
Gewinde: Whitworth-Rohrgewinde nach DIN 259
Die Ausführung muß den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen" des VDE entsprechen.

Juli 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. IX. 1929 an die Geschäftstelle zu richten.

Nach Genehmigung und endgültiger Fertigstellung dieser beiden Normblätter wird das bisherige Normblatt DIN VDE 4900 als ungültig erklärt werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.



EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle. Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Nachtrag

zum Sitzungsbericht vom 23. Oktober 1928[1].

Besprechung des Vortrags[2]

des Herrn Dr. von Issendorff:

„Neuere Untersuchungen über das betriebsmäßige Verhalten von Quecksilberdampf-Gleichrichtern".

Vorsitz: Herr Professor Matthias.

Herr **G. W. Müller:** Ich möchte im Anschluß an die Ausführungen des Herrn Vortragenden einige Ergebnisse und Erfahrungen meiner Arbeiten, die sich in ähnlicher Richtung bewegten, mit Hilfe einiger Lichtbilder schildern. Wenn diese Ergebnisse auch nicht vollständig mit denen des Herrn Vortragenden übereinstimmen, so sind doch mit ähnlichen Mitteln vorzügliche Ergebnisse erreicht und im Betriebe bereits praktisch erprobt worden. Ich habe meine Arbeiten an Glasgleichrichtern ausgeführt und erreicht, daß praktisch keine Rückzündungen mehr entstehen, u. zw. in mehrjähriger Beobachtung an Glaskörpern, die serienmäßig, also einheitlich hergestellt waren. Beispielsweise wurden in einer Anlage nach etwa 10 000 h Dauerbetrieb keine Rückzündungen bemerkt, obwohl der Gleichrichter jeden Tag mehrere Stunden mit Vollast arbeitete.

Um Ihnen einige Ergebnisse zu erklären, sind in Abb. 1 zwei Formen von Anodenoberarmen gezeigt. Schon vor einigen Jahren habe ich festgestellt, daß z. B. der blinde Raum oberhalb der Graphitanode ein **ausschlaggebender Faktor für die Rückzündungsfreiheit** ist. Ich habe zuerst empirisch versucht, die Kondensation oberhalb der Anode zu vermeiden, indem ich wärmestauende Mittel auf den Arm setzte, wie die rechte Hälfte der Abb. 1 zeigt. Es gelang mir auch, die Rückzündung bei bestimmten Gleichrichtern ganz zu beseitigen, aber es gelang nicht bei allen Belastungsarten. Infolgedessen wurden die Versuche in der Richtung fortgesetzt, daß die Arme eng gehalten wurden (links in Abb. 1), so daß der blinde Raum nahezu tot wurde. Es zeigte sich, daß die Stauung über der Anode eine zu große Raumladung an der Anode verhindert. Dadurch wird, entsprechend den Ausführungen des Herrn Vortragenden, die Raumladung in dem Sinne beeinflußt, daß die Rückströme ein Minimum werden. Durch entsprechende Näherung der Anode an das Glas gelang es dann tatsächlich, daß der blinde Raum unschädlich wurde; die Rückströme wurden so klein, daß Rückzündungen praktisch nicht mehr eintraten. Die Temperatur des Glases wird allerdings sehr hoch, doch das von der AEG verwendete Schottsche Hartglas gestattet die Annäherung ohne Schaden.

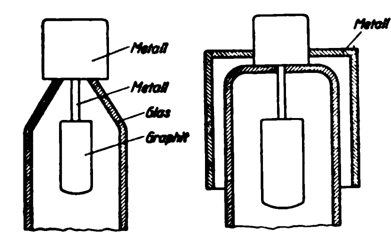
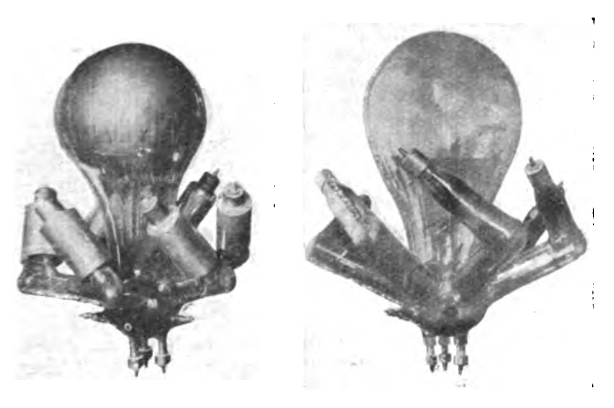
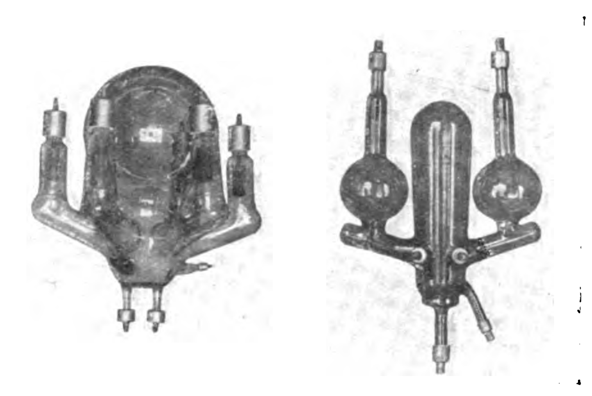


Abb. 1. Anodenarmformen.


Abb. 2. Gleichrichterkolben.

In Abb. 2 ist links ein Glaskörper mit den aufgesetzten wärmestauenden Mitteln gezeigt und rechts ein Glaskörper mit enggeschnürten Oberarmen, bei denen der blinde Raum ein Minimum ist. Das rechte Bild ist demnach das endgültige Resultat der Versuchsreihe.


Abb. 3. Gleichrichterkolben.

Ein weiteres Versuchsergebnis zeigt die Glasgefäßkonstruktion in Abb. 3. Das Gefäß rechts zeigt z. B. einen Hochspannungskolben, der unten Armfortsätze des Unterarmes besitzt. Ein solcher Glaskörper wurde von der AEG bereits im Jahre 1922 für höhere Spannungen hergestellt, er hat dieselbe Bedeutung, die der Herr Vortragende erklärte, u. zw. entsteht durch den Armfortsatz ein Kondensationsraum vor den Anoden, der den Quecksilberdampf von den Anoden fortsaugt, um hier die Raumladung zu vermindern. Doch habe ich festgestellt, daß der Armfortsatz nicht die günstige Wirkung besitzt wie der verengte Oberarm in Abb. 2. In Verbindung mit einem entsprechend langen Oberarm, wie Abb. 3 zeigt, verhindert der Armfortsatz die Rückzündungen besonders bei höheren Spannungen. Die kugelartige Erweiterung in den Armen hat mit den Rückzündungen unmittelbar nichts zu tun, sie erhöht die Lebensdauer bei den hohen Spannungen, weil hierbei die Graphitanoden verhältnismäßig schnell verdampfen und eine leitende Schicht in den dünnen Armen bilden, wodurch Kriechwege in der Glaswand möglich sind. Durch die Kugel konnte die Lebensdauer der Glaskörper um ein Mehrfaches gesteigert werden. Ganz besonders bei Glaskörpern mit Flüssigkeitskühlung, z. B. Ölkühlung, haben sich die enggeschnürten Arme bewährt. So zeigt Abb. 3 links einen Glaskörper, der 150 A bei Luftkühlung und 500 A bei Ölkühlung leistet und in dieser Form schon mehrjährig bei ständig hoher Last in Betrieb ist.

Abb. 4. Rückzündungskurve.

In Abb. 4 ist eine Belastungskurve für einen großen luftgekühlten Glaskörper gezeigt. Dieser Glaskörper besitzt eng geschnürte Arme. Es wurden bei 1700 V Gleichspannung mehrere Tage Dauerbelastungen bis 350 A, im Durchschnitt 250 ... 300 A, erprobt. Der Glaskörper hat rückzündungsfrei unterhalb der rechten Kurve gearbeitet. Aus Sicherheitsgründen wird die Belastung für Elektrizitätswerke nur bis zur linken Kurve zugelassen. Spitzen wurden jedoch bei der Prüfung bis zu 1000 kW entsprechend 500 A bei 2000 V erreicht.

Eng an diese Versuche schließen sich die Rückstrommessungen an. Hierbei bin ich noch einen Schritt weitergegangen, als der Vortragende in seinen Bildern zeigte. Ich habe nicht nur das Schalten vermieden sondern auch noch den geringen Rückstrom mit einer Verstärkerröhre verstärkt, wie sie in der Radiotechnik hinreichend bekannt ist, u. zw. so, daß am Oszillographen

[1] ETZ 1928, S. 1695.
[2] S. 1079 dieses Heftes.

bei sehr gut ausgepumpten Gefäßen noch ein sehr hoher Ausschlag festgestellt werden konnte. Hierzu wurde ein größeres Ventil, in Abb. 5 der Hilfsgleichrichter, und ein kleines Ventil, die Telefunkenröhre RGN 1503, verwendet. Der Hilfsgleichrichter führt nur den Plusstrom und sperrt den Rückstrom infolge seiner Ventilwirkung. Die Röhre 1503 führt in der Plusrichtung den Rückstrom und schließt in der Minusrichtung den Arbeitsstrom ab. Die Einschaltung des Hilfsgleichrichters in den Hauptstrom-

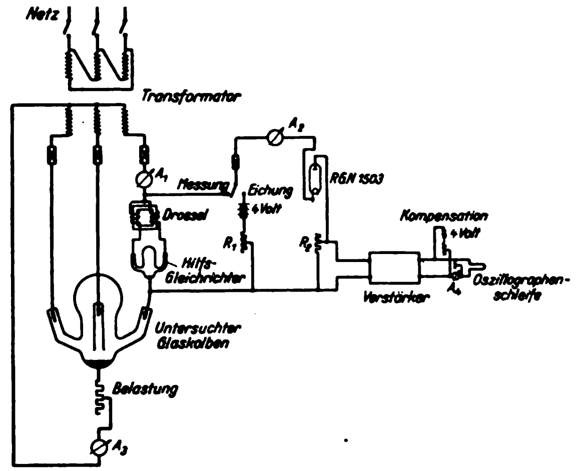


Abb. 5. Meßschaltung.

kreis der Anoden beeinflußt bei den Messungen den Anodenstrom nur um rd. 5 %, so daß also die Messung genau genug ist, um sie als Kriterium für den Belastungszustand zu benutzen. Der Strom der Röhre 1503 wurde dann in einer Verstärkerröhre um ein Vielfaches verstärkt und in die Oszillographenschleife geleitet. Es ist mit dieser Schaltung sogar möglich, den Strom vor der Schleife mit einem Milliamperemeter (A_2 in Abb. 5) abzulesen. Durch diese Meßmethoden gelang es, einen sehr klar gezeichneten Rückstrom im Oszillographen festzulegen, wie Abb. 6 zeigt.

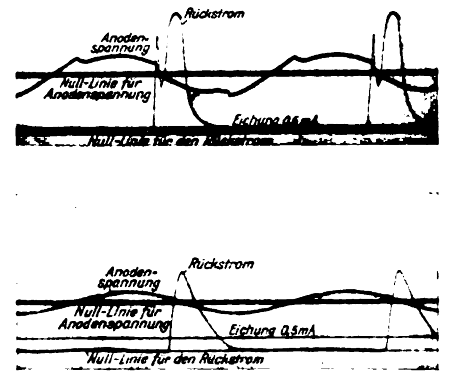


Abb. 6. Rückstrom eines Drehstrom-Gleichrichters.

Die untere Kurve zeigt den Rückstrom im kalten Zustand des Glaskörpers. Man sieht an der Differenz zwischen dem niedrigsten und zweitniedrigsten Strich, daß der Strom im warmen Zustand des Glaskörpers etwa um den dreifachen Betrag gegen den kalten Zustand gestiegen ist. Diese Methode gestattet die genaueste Festlegung von Verunreinigungen im Glaskörper und irgendwelche Beeinflussungen von Armform durch Feldbilder u. dgl., wie sie von mir in den vorigen Bildern beschrieben und auch von dem Herrn Vortragenden in verschiedenen Formen erwähnt sind. Im großen und ganzen stimmen die Kurven der Rückströme mit den Messungen des Herrn Vortragenden überein, denn sie sind ebenfalls im Anfang, also gleich nach dem Verlöschen der Arbeitsanode, sehr hoch und gehen im Verlauf etwa einer halben Arbeitsperiode auf Null herunter. Die Spitze in Abb. 6 oben entsteht durch den Löschvorgang des Hilfsgleichrichters, Abb. 5, und ist von untergeordneter Bedeutung für das Kriterium der Messung.

Ich hoffe gezeigt zu haben, daß bei den Glasgleichrichtern weit mehr als bei Eisengleichrichtern die Möglichkeit besteht, die Rückzündungen zu beherrschen. Es treten praktisch keine Rückzündungen mehr ein. Wenn solche tatsächlich eintreten, z. B. bei Überspannungserscheinungen aus dem Hochspannungsnetz, bei falscher oder zu geringer Kühlung des Glasgleichrichtergefäßes, bei Spannungssprüngen infolge von Schaltvorgängen u. dgl. mehr, sind stets außenliegende Umstände vorhanden, doch lassen sich solche Unregelmäßigkeiten einer Anlage meist vermeiden. (Beifall.)

Vorsitzender: Ich danke Herrn MÜLLER für seine ergänzenden Ausführungen und bitte um weitere Wortmeldungen.

Herr **Lenz:** Ich wollte den Herrn Vortragenden fragen, wie die Metallfläche, die er in den Arm einbringt, um die Entionisierung der Gasstrecke zu beschleunigen, den Spannungsabfall während des Betriebs beeinflußt.

Vortragender: Der Spannungsabfall während des Betriebes wird kaum merklich herabgesetzt. Man kann natürlich die eingelegten Flächen verschieden bemessen, erzielt aber schon bei Flächenausdehnungen, die den Lichtbogen selbst nicht merklich stören, eine ausreichende Löschung der Ionisation im Anodenrohr.

Herr **Lenz:** Ich habe bei den mit der von Herrn MÜLLER eben gezeigten Meßanordnung gemachten Versuchen für den Rückstrom als Funktion der Belastungsstromstärke einen ganz ähnlichen Verlauf erhalten wie der Herr Vortragende. Ich glaube aber gefunden zu haben, daß bei wesetlich höherer Stromstärke die Rückstromkurve wieder weniger steil ansteigt. Ich bitte den Herrn Vortragenden, mitzuteilen, ob er die gleiche Beobachtung gemacht hat.

Vortragender: Diesen Effekt haben wir nicht beobachtet. Wir benutzten keine Verstärkerröhre, um etwaige Fehlerquellen zu vermeiden, und waren daher auf eine Meßschleife angewiesen, die noch auf Ströme von 0,1 mA reagiert. Eine solche Schleife hat aber eine zu geringe Eigenfrequenz, um feinere Unterschiede der Steilheit des Rückstromanstieges erkennen zu lassen.

Herr **Hochhäusler:** Es wäre interessant zu erfahren, bei welcher Periodenzahl der Zeitlupenfilm aufgenommen worden ist. Der Herr Vortragende sagte, daß er 5000 Bilder in der Minute aufgenommen hat. Ich weiß nicht, ob das bei 50 Hz oder bei einer niedrigeren Frequenz geschah. Bei 50 Hz scheint es mir zum mindesten zweifelhaft, ob man diese Vorgänge noch so klar sieht, wie wir es in dem Film gesehen haben. Ich wollte fragen, ob der Film vielleicht so aufgenommen worden ist, wie es die stroboskopische Zeichnung darstellt, nämlich mit einer Schlitzscheibe. Das Quecksilber macht in dem Film ziemlich heftige Bewegungen, beinahe so sehr wie im wirklichen Gleichrichter. Er müßte doch langsamere Bewegungen ausführen. Auch die Drehung des Ventilators läßt darauf schließen, daß eine Schlitzscheibe benutzt worden ist.

Vortragender: Ich glaube, es ist Ihnen entgangen, daß wir tatsächlich die stroboskopische Scheibe benutzt haben, wie ich ausdrücklich gesagt habe. Dadurch ist an Stelle der normalen eine künstliche Zeitlupendarstellung gewonnen worden, da die Vorgänge in den einzelnen Perioden genügend übereinstimmen. Wir haben auch die normale Zeitlupe probiert, doch reicht deren Bildzahl heute bei weitem noch nicht aus, um die Vorgänge innerhalb einer Wechselstromperiode deutlich genug wiederzugeben. Daher sind wir zu der stroboskopischen Methode zurückgekehrt.

Herr **G. W. Müller:** Der Herr Vortragende hat im Anfang seiner Ausführungen von Sondenmessungen gesprochen. Es wäre interessant zu erfahren, welche Bedeutung diese Sondenmessungen heute besitzen, denn sie wurden in den letzten Jahren oft angezweifelt. So hat sie z. B. Herr Prof. GÜNTHERSCHULZE verschiedentlich kritisch beurteilt. Ich möchte den Herrn Vortragenden daher fragen, ob bei den gezeigten Kurven und Meßdaten Korrekturen angewendet sind und in welcher Weise die Gewißheit besteht, daß die Zahlen angenähert den Vorgängen entsprechen, die in der Gasstrecke vorhanden sind. Eine gute Kontrolle der Richtigkeit der Sondenmessungen ist z. B. die Summierung der Teilmessungen im Lichtbogenweg im Vergleich mit dem Gesamtspannungsabfall zwischen Anode und Kathode des Gleichrichters.

Vortragender: Die Sondenmessungen sind in Übereinstimmung mit der von LANGMUIR benutzten Methode angestellt worden, die wir gleichzeitig gefunden haben. Jedoch ist uns LANGMUIR mit der Veröffentlichung zuvorgekommen. Besondere Feinheiten wurden hier natürlich

fortgelassen, denn es handelte sich in erster Linie darum, die Grundzüge der Sondenmeßmethode zu erklären, die durchaus feststehen. Wichtig ist, daß die Sonde sehr klein gehalten wird, um keine Störung des Entladungsvorgangs durch den Sondenstrom selbst zu bekommen. Im vorliegenden Falle habe ich absichtlich eine größere Zylindersonde gewählt, weil ich dann im Lichtbild die daran auftretenden Raumladungsschichten deutlich zeigen wollte und es nützlich erschien, einheitliches Material zu bringen. Hierin liegt also eine wenn auch unbedeutende Vernachlässigung.

Herr **Güntherschulze:** Ich möchte hierzu bemerken, daß sich meine Kritik immer nur gegen die alte Sondenmessung gewandt hat, nicht aber gegen die neuere Methode von ISSENDORFF und LANGMUIR.

Herr **Höpp:** Ich möchte den Herrn Vortragenden bitten, einige Zahlen zu nennen, damit man einen Überblick darüber gewinnen kann, wie sich die neueren Methoden zur Verhinderung der Rückzündung ausgewirkt haben. Es erscheint nützlich, einmal einen Vergleich zu ziehen. Um wieviel Prozent konnte der Rückzündungstrom erhöht werden, wenn die erwähnten Mittel praktisch angewandt wurden?

Vortragender: Die gewonnenen Versuchsresultate sind bei den einzelnen Typen verschieden ausgefallen. Man kann jedoch sagen, daß die Strombelastung der Gleichrichter durch die genannten Schutzmittel ungefähr verdoppelt worden ist. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Großgleichrichter. Ob es bei Glasgleichrichtern möglich ist, ionenabsorbierende Flächen anzuwenden, erscheint noch zweifelhaft, da alle zusätzlichen Teile, die man schwer entgasen kann, das Vakuum in unerwünschter Weise verschlechtern. Die wichtigste Wirkung dieser Schutzmittel ist die Verlängerung der Lebensdauer der Großgleichrichter. In diesem Punkte sind die Erfahrungen aber noch nicht abgeschlossen.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär.
Dr. Schmidt.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Die Preußische Akademie der Wissenschaften hat dem Rundfunkkommissar Staatssekretär a. D. Dr.-Ing. Hans Bredow in Würdigung seiner Verdienste um die tatkräftige Förderung der technischen Wissenschaften durch die Gründung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft und des Instituts für Schwingungsforschung die Goldene Leibniz-Medaille verliehen. — Dem Generaldir. der Deutschen Ton- und Steinzeugwerke A.G., Berlin, Nicolaus Jungeblut wurde von der T.H. Hannover für seine Verdienste um die Förderung der Steinzeugindustrie, insbesondere um die technisch-wissenschaftliche Entwicklung ihrer Arbeitsmethoden und Massen sowie der Anwendbarkeit ihrer Erzeugnisse die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Über die Kurzschlußfestigkeit von Stromwandlern.

Aus dem Vortrag von Herrn W. REICHE[1] scheint hervorzugehen, daß man meine rechnerischen Untersuchungen über Stromkräfte noch nicht bemerkt hat. „La Revue Générale de l'Electricité" brachte am 12. V. 1928 eine volle Übersetzung meiner von „The Journal of Scientific Instruments" im November 1927 herausgegebenen Arbeit. Dort stellte ich Formeln über die bei irgendeiner Anordnung von geraden Leitern ausgeübten Stromkräfte auf. Für zwei parallele gleich lange Leiter gilt die Formel

$$P = 2{,}04 \left(\frac{I}{10\,000}\right)^2 \left(\sqrt{\left(\frac{h}{a}\right)^2 + 1} - 1\right), \quad \ldots \ldots (1)$$

worin P [kg] die Kraft, I [A] den Strom, h die Länge der Leiter und a ihren Achsenabstand bedeuten. Hier kann das Verhältnis $\frac{h}{a}$ irgendeinen Wert haben, auch mit h viel größer oder viel kleiner als a.

Wenn h nicht kleiner als $4a$ ist, so können wir Formel (1) durch

$$P = 2{,}04 \left(\frac{I}{10\,000}\right)^2 \left[\frac{h}{a} - 1\right] \quad \ldots \ldots (2)$$

ersetzen, aber nicht durch die von Herrn REICHE angegebene Formel

$$P = 2{,}04 \left(\frac{I}{10\,000}\right)^2 \frac{h}{a}\,.$$

Das -1 in meiner Formel (2) sollte nicht weggelassen werden, da es keine zusätzliche Schwierigkeit in die Berechnung einführt und bedeutende Fehler oft verhindert. In meiner Arbeit habe ich nur die elektromagnetischen CGS-Einheiten verwendet. Die darin angegebenen Werte für Kräfte müssen deshalb mit $1{,}02 \cdot 10^{-6}$ multipliziert werden, wenn die Ströme in Ampere eingesetzt sind und die Kräfte in Kilogramm gesucht werden.

Manchester, 17. XII. 1928.

W. F. Dunton.

[1] ETZ 1928, S. 1772.

Erwiderung. Beide Formeln, sowohl die von mir zitierte als die von Herrn W. F. DUNTON genannte, sind Näherungsformeln. Für das vorliegende Anwendungsgebiet, nämlich für die Berechnung der abstoßenden Kräfte zwischen Stromwandlereinführungen, sind beide gleich gut anwendbar. Betragen z. B. bei einem Topfstromwandler für 60 kV Betriebspannung die Länge der Einführungen 600 mm und ihr Abstand 6 mm, so ist der Unterschied in den Ergebnissen beider Formeln nur 1 %. In Anbetracht der sonstigen Vernachlässigungen und angesichts der Unsicherheit in der Ermittlung des Kurzschlußstromes genügt hier die einfachere Formel.

Dresden, 12. V. 1929. W. Reiche.

125 Jahre elektrisches Glühlicht.

Auf die meinen Aufsatz[1] betreffende Zuschrift des Herrn WINKLER[2] erwidere ich: Es ist zutreffend, daß MARUM und PFAFF 1801 Eisendrähte elektrisch zur Rotglut brachten[3]. Da sich aber Eisendraht in Luft nicht zur Weißglut bringen läßt, ohne sofort zu verbrennen, kam es mir für die geschichtliche Entwicklung des Glühlichts einzig auf den grundlegenden Versuch Davys mit Platindraht an. Denn Platindraht läßt sich stundenlang in Luft in Weißglut erhalten, wobei derselbe lebhaftes Licht ausstrahlt, so daß man dabei sehen und folglich von Glühlicht sprechen kann. Hätte ich die Geschichte der Plätteisen, Heizsonnen u. dgl. behandelt, so wäre es notwendig gewesen, auf die Marum-Pfaffschen Eisendrahtglühversuche einzugehen. Da ich mir jedoch die Darstellung der Geschichte des Glühlichts zur Aufgabe stellte, ging ich vom Davyschen Platindrahtversuch aus, um nicht noch weiter zurückgreifen zu müssen. Denn zur Geschichte der Glühwirkung gehörte die Angabe, daß sie DAVY bereits 1800 beschrieben hat[4] und daß KINNERSLEY, FRANKLIN und PRIESTLEY Eisendrähte usw. mit dem Strome Leydener Batterien sogar schon 1761 ... 1767 zum Glühen und zum Schmelzen brachten[5].

Berlin-Friedenau, 7. V. 1929.

Ing. B. Duschnitz.

LITERATUR.

Besprechungen.

Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Unt. Mitwirk. namhaft. Fachgen. bearb. u. herausg. v. Dr. K. Strecker. 10., umgearb. Aufl.: Schwachstromausgabe (Fernmeldetechnik). Mit 1057 Abb., XXII u. 1137 S. in 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 42 RM.

Ganz richtig sagt der Herausgeber dieses ausgezeichneten Sammelwerkes, daß diese zehnte Auflage eigentlich

[1] B. Duschnitz, ETZ 1928, S. 1111.
[2] G. H. Winkler, ETZ 1929, S. 518.
[3] M. v. Marum u. Pfaff, Gilb. Ann. Phys. 1802, Bd. 10, S. 121.
[4] H. Davy, Gilb. Ann. Phys. 1801, Bd. 7, S. 127.
[5] J. Priestley, The History and Present State of Electricity, London 1767, S. 184, 362, 427, 487.

eine erste Auflage darstellt. Bei der vor 30 Jahren erschienenen ersten Auflage des zu bescheiden als „Hilfsbuch" bezeichneten Werkes waren Starkstrom- und Schwachstromabteilung vereinigt, wobei letztere einschließlich der Meßkunde $1/6$ des ganzen Umfanges ausmachte. Bei diesem Brauche ist es geblieben, bis bei der Herstellung der neunten Auflage (1921) sich die Unmöglichkeit ergab, die außerordentlich angewachsene Schwachstromtechnik mit der Starkstromtechnik in einem Bande unterzubringen. Die neunte Auflage erschien, von dem mitaufgenommenen Funkwesen abgesehen, ohne Schwachstromteil, der nun bei der zehnten Auflage erstmalig als besonderer Band gedruckt ist. Der allgemeine Teil stimmt mit dem der Starkstromausgabe im wesentlichen überein, jedoch treten an die Stelle der Messungen an elektrischen Maschinen und Anlagen die Messungen an Telegraphen- und Fernsprechanlagen und -apparaten.

In 1506 Artikeln gibt das Buch ein durch die vielen ausgezeichneten Abbildungen vorzüglich vervollständigtes sehr umfassendes Bild der mit beispielloser Schnelligkeit anwachsenden Schwachstromtechnik. Nicht weniger als 57 Autoren besten Rufes haben das gewaltige Material zusammengetragen, und es bedeutet ein großes Verdienst des Herausgebers, diese Einzelarbeiten zu einem Ganzen zusammengefügt zu haben, das fast so einheitlich wirkt, als sei es von einem Einzelnen verfaßt. Es braucht kaum gesagt zu werden, daß es einen solchen Verfasser nicht gibt und nicht geben kann, da ein Einzelner das behandelte Gebiet unmöglich mehr beherrschen kann.

Das Buch enthält im allgemeinen Teil die Hauptabschnitte: Allgemeine Hilfsmittel, elektrische Meßkunde; im eigentliche Schwachstromteil: Gleichstrom und Niederfrequenz, Hochfrequenz, die Telegraphenleitung, Telegraphie auf Leitungen, Fernsprechwesen, Sondergebiete des Fernmeldewesens und Funkwesens. Der Abschnitt Fernsprechwesen nimmt mit ⅓ des Gesamtumfanges den verhältnismäßig größten Teil des Buches ein und wird damit der überragenden Bedeutung dieses Zweiges der Schwachstromtechnik gerecht.

Wie eingehend die Einzelgebiete behandelt werden, ersieht man aus der Unterteilung dieses Abschnittes: Grundfragen der Fernsprechtechnik, Verstärkertechnik, große Fernsprechverstärkerämter, kleine Verstärkerämter, die Schnurverstärkereinrichtungen, Theorie und Aufbau des Telephons — und 17 weitere Unterabschnitte, unter denen der Teil: Selbstanschlußämter allein 125 Seiten mit 108 Artikeln einnimmt. Aus der Aufzählung ergibt sich schon, wie eingehend der Stoff theoretisch und praktisch abgehandelt wird. Der Schaltungsingenieur, der Konstrukteur und der Theoretiker werden reiche Anregung aus dem Buche schöpfen, wenn nicht für ihr engstes Spezialfach, so doch für die angrenzenden Gebiete, die auf andere Weise dem stark spezialisierten Ingenieur immer schwerer erreichbar werden.

Es ist selbstverständlich, daß das Werk kein „Lehrbuch" sein kann. Dennoch gehört es m. E. auch in die Bibliothek jedes Studierenden der Fernmeldetechnik, so knapp sie auch bei den heutigen schwierigen Verhältnissen und so gering leider heute auch die Meinung für Bücheranschaffung bei unseren Studenten sein mag. Gerade für die weitverzweigte Schwachstromtechnik ist ein solches zusammenfassendes Werk von unschätzbarem Werte.

Wo das Buch nicht selbst Auskunft gibt, ermöglichen eingehende Quellenangaben das Aufsuchen der weitergehenden Literaturstellen und Originalarbeiten.

Die Ausstattung des trotz seiner großen Seitenzahl noch durchaus handlichen Buches ist die gleich hervorragende, wie sie von früheren Auflagen her bekannt ist, und erfüllt alle berechtigten Wünsche.

Eine ins einzelne gehende Kritik könnte m. E. nur durch eine Reihe von Referenten erfolgen, ich sehe daher davon ab. Ich glaube nicht, daß sie Wesentliches zu beanstanden finden würden. Beckmann, Hannover.

Die Elektrizität und ihre Anwendungen. Von Prof. Dr L. Graetz. 23., neubearb. Aufl. Mit 739 Abb., XVI u. 818 S. in gr. 8⁰. Verlag von J. Engelhorns Nachf., Stuttgart 1928. Preis geb. 16,50 RM.

Das Buch hat sich, wie schon die hohe Auflagenziffer beweist, einen recht weiten Leserkreis zu schaffen verstanden. Dieser Erfolg ist der Fähigkeit des Verfassers zu anschaulicher und nie ermüdender Darstellung des physikalischen Geschehens zu verdanken, unterstützt durch gute buchtechnische Ausstattung und übersichtliche, dem Verständnis des Lesers angepaßte Abbildungen, die zwar in einigen Fällen in der vorliegenden Auflage etwas überaltert anmuten. Die 23. Auflage ist durch neue Zusätze dem Stande des Wissens angepaßt worden; weniger wichtige Stellen wurden fortgelassen, andere erheblich gekürzt, so daß sich der Umfang des Buches erhalten hat. Neu aufgenommen wurden an besonders den Elektrotechniker interessierenden Gebieten die Kettenleiter, die physikalischen Ursachen des Blindstromes, Skineffekt, Messung hoher Spannungen, Lichttechnik und -reklame, Hochspannungsanlagen, elektrische Fernbahnen und viele Einzelheiten der Funktechnik. Das oben bezüglich der Abbildungen Gesagte gilt auch für die den 2. Teil des Buches bildenden technischen Gebiete, wenn auch zahlreiche Abbildungen ausgewechselt wurden und neuzeitliche Konstruktionsformen zeigen. Der sich mit den Hochspannungsanlagen befassende Abschnitt hätte angesichts der großen wirtschaftlichen Bedeutung dieser Fragen etwas umfangreicher ausfallen dürfen; ein Ausgleich fände sich z. B. durch Kürzung des Abschnittes über Bogenlampen, deren technische Bedeutung doch nur mehr gering ist. Bei Besprechung der Lichtreklame vermißt man die Neonröhren; ferner werden Kathodenstrahloszillograph, Klydonograph und bei der Lenardröhre deren technische Vervollkommnung durch Coolidge nicht erwähnt, die als Beispiele wichtigerer Neuerungen herausgegriffen seien. Das sind indessen nur geringfügige Beanstandungen, die mit dem hohen Wert des Buches als wirklich brauchbare Einführung in das Gebiet der Elektrizitätslehre nichts zu tun haben. Das Werk verdient daher eine warme Empfehlung, besonders auch für die an der Elektrotechnik interessierte Jugend, die wohl bisher schon einen recht beträchtlichen Teil der Leserschaft gestellt hat. G. H. Winkler.

Protection contre les effets nuisibles de l'électricité. Von F. G. de Nerville und A. Hardy. Mit 282 Abb. u. 860 S. in gr. 8⁰. Verlag Librairie J. B. Baillière et Fils, Paris 1928. Preis geh. 125 Fr., geb. 137 Fr.

Die Verfasser untersuchen und beschreiben in dem umfangreichen Werk die verschiedenen durch elektrischen Strom hervorgerufenen Schäden, die sich als Unfälle, als Korrosionen usw. darstellen. Sie weisen besonders auf mangelhafte elektrische Anlagen hin und auf Störungen durch unfachmännische Eingriffe.

In jedem Kapitel werden zunächst die Art und Ursache der Unfälle und der Störungen untersucht und dann auf die Mittel zu ihrer Vermeidung oder zur Verhinderung größerer Auswirkung der Schäden hingewiesen. Soweit die Einwirkung des elektrischen Stromes auf den menschlichen Körper behandelt wird, folgen die Verfasser den Ansichten von Jellinek und erwähnen die von diesem gefundenen mikroskopischen Veränderungen im Rückenmark und verlängerten Mark; sie erwähnen die von Jellinek behauptete verschiedenartige Wirkung, ob jemand auf den Stromeinbruch vorbereitet ist oder nicht, ebenso daß schlafende Menschen weniger gefährdet sind. Es wird angenommen, daß der elektrische Tod sowohl durch Herzstillstand als auch Atmungsstillstand eintritt, daß letzterer aber durch künstliche Beatmung behoben werden kann. Zu den Wiederbelebungsversuchen wird, da diese von Hand zu ermüdend sind, die Anwendung eines Apparates empfohlen, was aber zweifellos zu Mißerfolgen führen muß. Zu verwerfen ist unbedingt die Empfehlung, den Verunglückten zunächst an einen gut belüfteten Ort zu bringen, denn durch diese Verzögerung wird ein Erfolg der Wiederbelebungsversuche verhindert. Zuzustimmen ist der Anweisung, die Wiederbelebungsversuche durch Schlagen auf die Brust mit feuchten Tüchern oder mit den Händen zu unterstützen.

Eingehend werden die Blitzwirkungen behandelt und die verschiedenen Theorien besprochen, und hierbei werden Angaben gemacht über die zweckmäßigsten Anordnungen der Blitzableiter an Gebäuden, in Freileitungen usw. Ferner werden die verschiedenen Überspannungsschutzeinrichtungen erläutert.

Ebenso ausführlich werden die Bestimmung über die Führung von Starkstromleitungen in der Nähe von Post- und Telegraphenanlagen und der Übertritt von Hochspannung auf Niederspannungs- und Telephonanlagen behandelt.

Es werden dann Vorschriften gegeben über das Arbeiten an Hochspannungsleitungen, dabei auch der Zippsche Anzeiger erwähnt, ohne daß der Name Zipps genannt wird. Viel verbreitet scheint in Frankreich noch der Fangbügel zu sein, wenn auch der Sicherheitsaufhängung der Vorzug gegeben wird. Außerdem werden aber auch Schutznetze noch in weitgehendem Maße in dem Buche behandelt.

Einen großen Umfang nehmen in dem Buch die Störungen durch Bahnanlagen, insbesondere durch vagabundierende Ströme ein. Unter den Abwehrmaßnahmen werden auch die deutschen Vorschläge, insbesondere die von



Michalke erwähnt. Die Verbindung der Schienen mit unterirdisch verlegten Rohren ist verboten; diese müssen, sofern sie nicht einen isolierenden Überzug haben, mindestens in 70 cm Abstand von den Schienen verlegt werden. Auf die Verluste in den Schienenverbindern sowie die Verluste in den Schienen selbst innerhalb und außerhalb der Städte wird besonders eingegangen.

Angefügt sind den Ausführungen die sämtlichen französischen Gesetze, wie über die Konzessionierung elektrischer Anlagen, ferner die Eisenbahn- und Postkreuzungsvorschriften, Wegekreuzungsvorschriften usw. sowie die Errichtungsvorschriften.

Das Buch gibt einen guten Überblick über die in Frankreich getroffenen Schutzmaßnahmen bei der Herstellung elektrischer Anlagen und über die hierfür in Frage kommenden Gesetze und Vorschriften. Für das Studium der französischen Verhältnisse und für einen Vergleich mit den deutschen dürfte das Buch sehr willkommen sein.

Alvensleben.

Die Wellen, die Schwingungen und die Naturkräfte. Von Prof. Dr.-Ing. E. h. Max. Möller. 2. bis 4. Teil, 2. Lief.: Die elastische Welle sowie Elektrizität und Magnetismus als Erscheinungsformen von Wellen und Schwingungen. Mit 68 Textabb., XI u. 136 S. in 8°. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn A. G., Braunschweig 1927. Preis kart. 5 RM.

Der Inhalt gliedert sich in: Wesen und Arten der Schwingungen und Wellen sowie deren mechanische Beziehungen. Des Verfassers Auffassung zur Mechanik der elektrischen und magnetischen Vorgänge sowie Zustände, eine Übersichtsdarstellung, ausgewählte ergänzende Einzelheiten. — Das Buch ist das Ergebnis einer 52jährigen Arbeit eines Bauingenieurs, „einzelne Ergebnisse der Experimentalforschung unter Auswertung der Mechanik zueinander in Beziehung zu setzen". Sie sind „ausschließlich auf dem spekulativ theoretischen Wege gewonnen". „Hypothesen liegen ihnen nicht zugrunde." Lübcke.

Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft Bd. 10, 1927. Mit 283 Abb., 5 farb. Tafeln bzw. Textblättern u. 222 S. in 2°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geb. 30 RM, f. VDI-Mitgl. 27 RM.

Der 10. Bd. des Jahrbuches der Hafenbautechnischen Gesellschaft zerfällt in drei Teile. Auf den geschäftlichen Abschnitt folgen die Vorträge, welche sich mit der Steinkohle als Umschlagsgut des rheinisch-westfälischen Industriegebietes befassen. Den Schluß bilden Beiträge über verschiedene Hafenanlagen, Verladeanlagen, Lagerhäuser, Schiffahrts- und Eisenbahnwege. Wenn Skalweit darauf hinweist, daß das Klingenberg-Werk sich nicht scheue, seine Kohlen von dem 500 km entfernten Oberschlesien und dem Ruhrgebiet zu beziehen, und zu dem Ergebnis kommt, daß sich der Versand auf Bahn- und Wasserstraßen weiterhin in aufsteigender Linie bewegen wird, so bemerkte Rehmer dazu, daß es mit den heutigen Fahrzeugen der Binnenschiffahrt nicht möglich sei, ein Werk wie Rummelsburg zweckmäßig zu beliefern. Solange man nicht eine neue Kahnform gefunden habe, um auch Massengüter zweckmäßig zu befördern, sei man auf den Großraumgüterzug angewiesen. Obgleich in den Beschreibungen der Hafenanlagen der wasserbautechnische Inhalt vorherrscht, so sind darin doch auch zahlreiche Ausführungen von elektrisch betriebenen Krananlagen, Kohlenkippern usw. beschrieben. Interessant ist eine im Hafen von Vlaardingen aufgestellte Verladebrücke mit Laufkatze, deren Speisung durch Schwungradumformer mit Schlupfregelung erfolgt. Hier wird der Elektrotechniker besonders angezogen durch die Gründe, welche für die Widerstandschaltung und gegen das Leonardsystem sprechen. Von Schwachstromanlagen verdient ein elektrisches Stellwerk zur Sicherung und Überwachung des Zugverkehrs der Hafenbetriebsgesellschaft Wanne-Herne m. b. H. Beachtung. Alles in allem ein Werk, das dem Techniker auf vielen Gebieten Anregungen gibt.

W. Kraska.

Das Deutsche Preßrecht. Von Dr. K. Häntzschel. (Die Preßgesetze des Erdballs, herausg. von Bruns-Häntzschel, Bd. 1.) Mit XXII u. 106 S. in 8°. Verlag Georg Stilke, Berlin 1928. Preis geh. 5 RM, geb. 6 RM.

Das Preßrecht Großbritanniens. Von M. Wolff. (Die Preßgesetze des Erdballs, herausg. von Bruns-Häntzschel, Bd. 2.) Mit XIII u. 80 S. in 8°. Verlag Georg Stilke, Berlin 1928. Preis geh. 4 RM, geb. 5 RM.

Dr. K. Häntzschel, eine anerkannte Autorität auf dem Gebiete des Preßrechts, hat seinem bekannten Kommentar zum RPG binnen Jahresfrist eine — allerdings erheblich knapper angelegte — systematische Darstellung folgen lassen. Das Buch bildet den 1. Band eines Unternehmens „Die Preßgesetze des Erdballs", das von dem Institut für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht in Berlin und der Fédération Internationale des Journalistes herausgegeben wird. Die Sammlung will eine zusammenfassende Darstellung des Preßrechts aller Kulturstaaten geben. Sie soll aus 2 Teilen bestehen: der 1. Teil, zu dem die bisher erschienenen, hier angezeigten Bände gehören, wird Einführungen in das Preßrecht des betr. Landes sowie den Wortlaut der geltenden Preßgesetze und sonstigen preßrechtlich bedeutsamen Einzelvorschriften enthalten, der 2. Teil dagegen die einzelnen preßrechtlichen Probleme rechtsvergleichend erörtern.

Diesem Plan entspricht die Anlage der Arbeit Häntzschels. Der Verfasser gibt zunächst auf 79 S. eine geschickte und klare Einführung in das geltende deutsche Preßrecht. Hierbei werden Literatur und Rechtsprechung zwar berücksichtigt, abweichende Ansichten vielfach erwähnt, eingehendere Begründungen der eigenen Meinung sowie geschichtliche und rechtsvergleichende Bemerkungen jedoch im allgemeinen nicht gegeben. Es war das hier auch nicht unbedingt erforderlich, weil die gebotenen Zitate und vor allem das ausführliche Literaturverzeichnis (S. XII/XV) dem Leser ein selbständiges Weiterarbeiten ermöglichen. Auf S. 80/102 folgt dann ein Abdruck des RPG, des Schund- und Schmutzgesetzes und vieler anderer für die Handhabung und das Verständnis des Preßrechts unentbehrlicher Vorschriften. Dankenswert ist auch die auf S. XVIII/XXII befindliche „Tafel des Deutschen Preß- und Zeitungsrechts". — Ein Eingehen auf Einzelheiten muß ich mir hier versagen; meine Stellungnahme zu den vom Verfasser vertretenen Ansichten findet sich in meiner Darstellung des Preßrechts. Die vorliegende Arbeit Häntzschels gibt mir keine Veranlassung, diese Stellungnahme zu ändern.

Das Jahr 1928 hat eine empfindliche Lücke in der deutschen Preßrechtsliteratur ausgefüllt; es hat uns zwei vorzügliche systematische Darstellungen des englischen Preßrechts gebracht: neben dem Buch von Hans Pardey, Das Recht der englischen Presse, die vorliegende Schrift, die als 2. Band der oben angezeigten Sammlung erschienen ist. Die Verfasserin gibt einen reichhaltigen und anschaulichen Überblick über die englische Rechtsprechung in Preßsachen; in einem Anhang fügt sie die wichtigsten Sondergesetze in Übersetzung an. Ein eigentliches Sonderrecht der Presse kennt England nach Ansicht der Verfasserin freilich nicht (a. A. Pardey); zwar träfen viele Begriffe des Common Law in ihrer Auswirkung hauptsächlich die Presse, trotzdem liege aber die Anerkennung eines eigentlichen, dem kontinentalen entsprechenden Sonderrechts nicht im Geiste des englischen Rechts (S. 4 u. 22). Das gilt auch für den Grundbegriff des Preßrechts, den Begriff der Preßfreiheit; auch diese ist „nicht größer und nicht kleiner als die Freiheit jedes Untertans der Königin", heißt es in einer Gerichtsentscheidung aus dem Jahre 1900 (S. 2). Einen Hauptteil der Schrift nimmt die Darstellung des Libelrechts ein (S. 7/25), aus der insbesondere die Ausführungen über „fair comment" (S. 22 ff) interessante Parallelen zu unserem § 193 StGB. liefern. Öffentliche Anklagen wegen Preßbeleidigung sind selten, weit häufiger ist die Zivilklage auf Schadensersatz (S. 8, 27/8). Ein Zwang zur Benennung eines verantwortlichen Redakteurs besteht nicht (S. 33), ebensowenig ein allgemeiner Berichtigungszwang (S. 38). Ein Hinweis auf die sonstigen recht einschneidenden Abweichungen des englischen Rechts von dem deutschen RPG ist leider unmöglich. Dem Interessenten kann nur die Lektüre der auch dem Nichtjuristen durchaus verständlichen Schrift empfohlen werden. Prof. Dr. Mannheim, Berlin.

Eingegangene Doktordissertationen.

Robert Mundt, Ermüdungsbruch und zulässige Belastung von Wälzquerlagern. T. H. Berlin 1929. VDI-Verlag, Berlin. (S A. aus Z. VDI Bd. 73, 2. Heft.)

Julius Alexander Neumann, Festigkeiten der elektrischen Punktschweißung. T. H. Berlin 1928.

Wilhelm Peters, Über die Belastungsfähigkeit von Hochstromerdungen und verwandte starkstromtechnische Erwärmungsprobleme. T. H. Berlin 1928.

Bruno Reiter, Untersuchungen über die Abhängigkeit der Meßgenauigkeit von der künstlichen Beleuchtung. T. H. Dresden 1929.



GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Frachtermäßigung für die Elektroindustrie. — Wie wir der Ind. Handelszg.[1] entnehmen, ist seit dem 8. VII. auf der Deutschen Reichsbahn für Dynamos, Elektromotoren, Umformer, Transformatoren, sämtlich zusammengesetzt oder zerlegt, im Einzelgewicht bis zu 5 t je Stück, elektrische Apparate und Zubehörteile, Schaltvorrichtungen, isolierte Kupferdrähte, Kabel und Zubehör sowie für Waren aus Kupfer und Messing der Ausnahmetarif K 133 in Anwendung, aber an die Auflieferung einer Mindestmenge von 3500 t durch einen Versender in 12 aufeinander folgenden Monaten gebunden. Er sieht Sätze für Stückgut, 5, 10 und 15 t-Ladungen vor, gilt für Frachtstückgut jedoch nur bei Auflieferung von mindestens 2 t mit einem Frachtbrief oder bei Frachtzahlung für dieses Gewicht. Bei der Rückerstattung wird auch der 5prozentige Zuschlag für die Beförderung in gedeckten Wagen vergütet.

Eine Arbeitsgemeinschaft der Bau- und Elektrizitätsverbände im rheinisch-westfälischen Industriegebiet. — Um den Erfordernissen, die sich aus der dauernd zunehmenden Verwendung von elektrischem Strom ergeben, im Bauwesen vorausschauend Rechnung zu tragen, haben sich meherere größere Verbände und Organisationen zu einer Arbeitsgemeinschaft zusammengeschlossen. Dieser gehören u. a. an: die Lichttechnische Gesellschaft für Rheinland und Westfalen, die Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., der Elektrotechnische Verein für das rheinisch-westfälische Industriegebiet, der Elektrotechnische Verein in Düsseldorf sowie der Reichsverband des deutschen Elektro-Installateurgewerbes. Auch der VDI wird sich, wie Elgawe mitteilt, voraussichtlich anschließen.

Metallpreise im 2. Vierteljahr 1929[2]. — Die Preisentwicklung der Hauptmetalle war im vorigen Vierteljahr gekennzeichnet durch den starken Kurseinbruch zu Anfang April, der der allgemeinen Metallhausse unter Führung des Kupfers folgte. Auf dem niedrigeren Kursniveau waren dann die Preisschwankungen verhältnismäßig gering. Eine Gegenüberstellung der amtlichen Londoner Monatsdurchschnittspreise in £/ton ergibt das folgende Bild:

Monat	Kupfer	Blei	Zink	Zinn
März . .	89.4.4 1/8	25.8.2 1/4	27.1.0	220.17.4 1/2
April . .	81.2.7 11/14	24.15.7 6/7	26.15.2 1/7	206.19.7 5/7
Mai . .	75.2.6	23.18.11 8/11	26.14.6 6/11	197.12.8 8/11
Juni . .	74.7.9	23.13.10 1/2	26.4.3 3/4	200.5.9 3/4

Die Bewegung der Metallpreise im einzelnen geht aus Abb. 1 hervor. Sehr in die Augen fallen die starken Schwankungen des Zinnpreises, der einen besonders kräftigen Rückschlag erfuhr. Die deutsche Preisindexziffer stellte sich folgendermaßen:

Preisindexziffer der Metallwirtschaft.

1909/13 = 100 Gesamtindexziffer	24. IV. 126,9	29. V. 125,0	26. VI. 125,6
Kupfer	128,5	127,7	127,9
Blei	151,6	142,2	148,4
Zink	108,8	108,8	106,8
Zinn	111,8	107,6	108,6
Aluminium	132,0	132,0	132,0
Nickel	107,7	107,7	107,7
Antimon	126,3	111,4	100,9

Die Kupferweltproduktion hat sich im zweiten Vierteljahr 1929 auf dem im März erreichten hohen Stande gehalten. Im März wurden nach den Berechnungen des American Bureau of Metal Statistics zum erstenmal über 190 000 sh. tons Kupfer erzeugt; die Gewinnung stellte sich nach den Berechnungen derselben Stelle im April auf 196 800 tons und im Mai auf 193 100 tons. Die Kupfervorräte haben in der Berichtszeit wesentlich zugenommen. Während sie insgesamt (Raffinadekupfer) in Nord- und Südamerika am 1. IV. noch rd. 53 000 tons betrugen, bezifferten sie sich am 1. VI. bereits auf 70 400 tons. Die Entwicklung zeigt, daß die Spannungen, die den Kupfermarkt im ersten Vierteljahr 1929 auszeichneten, wesentlich nachgelassen haben. Die Erweiterung der Weltkupfererzeugung (durchschnittliche Weltagesgewinnung 1927: 4642 tons, 1928: 5236 tons und in den ersten fünf Monaten 1929: 6149 tons) ist inzwischen in so starkem Maße eingetreten, daß sich führende amerikanische Kupferkonzerne bereits zu Produktionseinschränkungen veranlaßt gesehen haben. — Auch die Welt blei produktion war mit 5203 tons durchschnittlicher Tagesleistung in dem ersten fünf Monaten des laufenden Jahres höher als im Mittel des Jahres 1928 (4976 tons). Die Vorräte an raffiniertem Blei in den V. S. Amerika und Mexiko stiegen von rd. 39 100 tons am 1. IV. auf rd. 51 700 tons am 1. VI.; in Großbritannien haben sie in der gleichen Zeit etwas abgenommen. Eine Einigung über die Bildung eines internationalen Bleikartells kam, wie zu erwarten war, nicht zustande, so daß bis auf weiteres die Durchführung gemeinsamer statistischer Arbeiten allein bestehen bleibt. In den V. S. Amerika wurden in den ersten fünf Monaten des laufenden Jahres rd. 85 900 tons Blei zur Herstellung von Kabeln und 36 600 tons

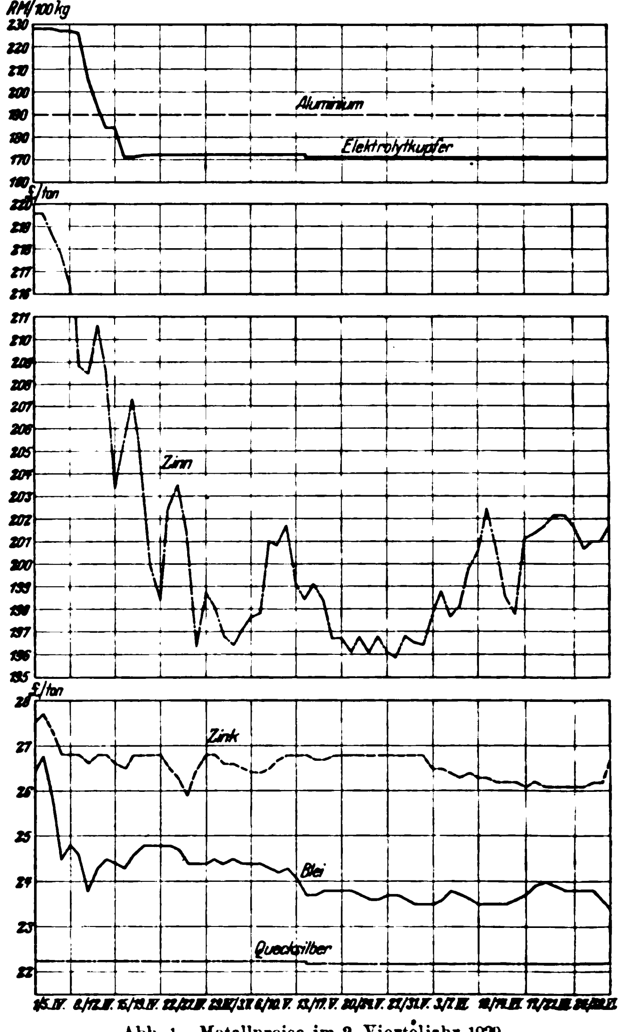


Abb. 1. Metallpreise im 2. Vierteljahr 1929.
Aluminium: 98,99%, Blöcke und Barren — Elektrolytkupfer: Delnotiz Berlin — Zinn: per Kasse — Zink: nahe Sichten — Blei: nahe Sichten — Quecksilber: in £/Flasche zu 70·80 lbs.

zur Fertigung von Batterien verwendet. — Die Weltzinkproduktion war nach den Berechnungen des American Bureau of Metal Statistics in den ersten fünf Monaten noch etwas höher als 1928; die durchschnittliche Tagesgewinnung stieg von rd. 4300 auf rd. 4400 tons. Trotz dieser Zunahme haben die Vorräte abgenommen, u. zw. in den V. S. Amerika von rd. 38 000 tons am 1. IV. auf rd. 33 800 tons am 1. VI. Die Weltvorräte fielen im Laufe des Monats April von 76 000 auf 72 100 tons. — Der Zinnmarkt wurde auch im 2. Vierteljahr durch die wechselvollen, unkontrollierbaren Nachrichten über eine internationale Verständigung der Produzenten entscheidend beeinflußt. Wenn auch die Gründung der British American Tin Co. im Sinne einer Zusammenfassung der Kräfte aufgefaßt werden kann, so scheint doch die Bildung eines internationalen Kartells wenigstens noch nicht spruchreif zu sein. *Hg.*

[1] 1929, Nr. 159.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 664.

Abschluß des Heftes: 20. Juli 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

…HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
…5–1140)
1. AUGUST 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 1. August 1929 | Heft 31

XXXIV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Aachen.

Für die diesjährige Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker war auf der vorjährigen Tagung in Berlin die alte Kaiserstadt Aachen gewählt worden, wo bisher eine Jahresversammlung noch nicht stattgefunden hatte und die Einweihung eines neuen Elektrotechnischen Instituts an der Technischen Hochschule bevorstand. Zwei Gründe waren es, die diesmal der Tagung ein besonderes Interesse eintrugen, einmal das im Vordergrund der heutigen Elektrizitätsversorgung stehende Thema der Vorträge über den wirtschaftlichen und technischen Zusammenschluß großer Elektrizitätsnetze und sodann die Ausgestaltung eines Teiles der Tagung zu einer Ferntagung. Zu gleicher Stunde wie die deutschen Elektrotechniker in Aachen hatten sich die befreundeten Fachvereine im Haag, in Wien und Budapest zu Sitzungen versammelt, um sowohl aus der Ferne die Vorträge in Aachen anzuhören als auch ihrerseits dahin zu sprechen. Wenngleich derartige Ferntagungen bisher schon hier und da veranstaltet worden waren, so war es doch hier das erste Mal, daß in Mitteleuropa eine Ferntagung in derartig großem Umfange durchgeführt wurde. Die Anregung hierzu ging von Herrn Ministerialdirektor Dr. Craemer aus, der die jetzt in Aachen getroffenen Einrichtungen Ende vorigen Jahres schon bei einer Aufsichtsratsitzung der Deutschen Fernkabelgesellschaft erproben ließ, wobei die Tagungsorte Berlin, München und Köln durch Fernleitungen im Gegensprechverkehr untereinander verbunden waren. Die Kabelleitungen waren für die Aachener Ferntagung von den Postverwaltungen der einzelnen Länder bereitwilligst zur Verfügung gestellt worden und liefen von den Versammlungsorten mit je einer Doppelader für Lautsprecher und Mikrophone in Berlin als Knotenpunkt zusammen. Die einzelnen Verbindungen hatten eine Länge von durchschnittlich 900 km und waren mit je 12 ... 14 Zwischenverstärkern ausgerüstet[1]. Die Organisation des Leitungsdienstes wurde von der Deutschen Reichspost in Zusammenarbeit mit den Postverwaltungen Hollands, Österreichs und Ungarns durchgeführt, während die Mikrophone, Lautsprecher, Verstärker usw. von der Firma Siemens & Halske bereitgestellt wurden. Um den Kreis der Zuhörer noch mehr zu erweitern, wurden Ansprachen und Vorträge auf den Deutschlandsender Königswusterhausen und den Sender Langenberg im Rheinland übertragen.

Den Hauptverhandlungen gingen wie üblich Sondersitzungen des Vorstandes und des Ausschusses des Verbandes voraus, denen am Sonntag, dem 7. Juli, nachmittags, eine Begrüßung des Vorstandes und des Ausschusses durch den Oberbürgermeister von Aachen, Herrn Dr. Rombach, im Kaisersaale des Rathauses folgte. Das Stadtoberhaupt hieß die Gäste in den Mauern der alten Kaiserpfalz herzlich willkommen und wies auf die Vergangenheit Aachens hin, das einst der Mittelpunkt des großen germanischen Weltreiches war und in seinen Mauern Jahrhunderte hindurch große Kongresse sah, auf denen Weltgeschichte gemacht wurde. An die Begrüßung schloß sich eine sachkundige Führung durch den Kaisersaal und die berühmte Schatzkammer.

Den Auftakt zur Jahresversammlung bildete am Abend des Sonntags die in den festlich geschmückten Sälen des Städtischen Konzerthauses veranstaltete Begrüßung aller Teilnehmer durch die Stadt als Gastgeberin und den Ortsausschuß. Oberbürgermeister Dr. Rombach eröffnete den Abend durch ein Hoch auf das deutsche Vaterland und übermittelte dann den Erschienenen ein herzliches Willkommen im Namen der Stadtverwaltung und Bürgerschaft. Diese wüßten dem Verbande Deutscher Elektrotechniker Dank dafür, daß er durch sein Kommen die Welt daran erinnere, daß in Aachen, auf des Reiches westlichstem Vorposten, hohe volkswirtschaftliche Werte zu heben und zu hegen seien. Das Wort von der Schicksalsverbundenheit aller Deutschen sei mehr als ein Wort: es bedeute die Summe unserer wirtschaftlichen, kulturellen und politischen Erfahrungen seit Jahrhunderten und namentlich während des letzten Jahrzehnts, es sei das Leitwort, das uns voranleuchte bei dem hemmungsvollen Aufstieg zur wirtschaftlichen Wiedergesundung. Der Vorsitzende des Elektrotechnischen Vereins Aachen, Herr Oberpostdirektor Petzel, begrüßte die Gäste im Namen dieses Vereins und bat sie, neben der ernsten Berufsarbeit auch ein Auge für die Schönheit der Stadt zu haben.

Der 1. Vorsitzende des Verbandes, Generaldirektor Dr. Krone, dankte namens des Verbandes für die Gastfreundschaft der Stadt Aachen und die große Arbeit des Ortsvereins, die dieser durch die Vorbereitungen der Tagung gehabt habe. Die Stadt Aachen sei unter den zahlreichen Einladungen der Städte einmütig zum diesjährigen Tagungsort gewählt worden. Wie in der Schatzkammer des Karlsmünsters am Glanze des Schreines Karls des Großen auch nicht ein Edelstein fehlen dürfe, so könne man in der deutschen Schatzkammer den Edelstein Aachen nicht missen. Ein jeder Einzelne müsse dahin wirken, dieser Stadt zu helfen, daß sie wieder die Stelle einnehme, die ihre Tradition und der Gewerbefleiß ihrer Bürger verdienen. Die zündende Rede klang aus in ein Hoch auf die Stadt Aachen, ihr Oberhaupt und ihre Bürgerschaft.

Der Begrüßungsabend nahm einen sehr harmonischen und anregenden Verlauf. Er wurde später durch zwei Gesangsvorträge des Hammerquartetts und die Darstellung eines stark humoristischen, elektrotechnischen „Vorspiels im Himmel" von Dr. W. Hermanns in Aachen belebt, die einen lauten Beifall auslösten.

Am Montag, dem 8. Juli, wurde die 1. Verbandsversammlung im Städtischen Konzerthaus vom 1. Vorsitzenden des Verbandes, Herrn Generaldirektor Dr. M. Krone, eröffnet. Redner gab nach Begrüßung der Gäste und der an dieser Ferntagung teilnehmenden befreundeten auswärtigen Vereine im Haag, in Wien und Budapest einen Rückblick auf die Fortschritte der Elektrotechnik im letzten Geschäftsjahre. Er erwähnte zuerst die erfolgreichen physikalischen Arbeiten über Elektronen und ihre technischen Anwendungen. Die Fernmeldetechnik konnte im vergangenen Jahre wichtige Fortschritte verzeichnen. Redner wies hier u. a. auf die Erforschung der kurzen Wellen und deren zahlreiche technischen Anwendungen, Einführung der Tonfrequenzwahl in den Fernverkehr, die Verbesserungen im Fernkabelbetrieb, die Bildtelegraphie, das Eisenbahnsicherungswesen hin. In der Elektrizitätsversorgung sind die Fortschritte in der wärmetechnischen Betriebsüberwachung zu erwähnen. Der Zusammenschluß der Leitungsnetze hat bzgl. der Spitzendeckung zu Besserungen geführt, dagegen, wie die Vorträge der Tagung zeigen, andere technische Fragen in die Erscheinung treten lassen. Durch die immer engere Verbindung der Großkraftwerke untereinander und die im Zusammenhang damit erfolgte Gründung der „A. G. für Deutsche Elektrizitätswirtschaft, Berlin" wird der Ausbau eines Höchstspannungsnetzes für ganz Deutschland immer mehr zur Tatsache, wobei man dem Fortfall der Überland-Hochspannungsleitungen, wie die im vergangenen Berichtsjahre mit 110 kV Spannung in Betrieb genommenen ersten ölgefüllten Hochspannungskabel bei Nürnberg zeigen, ein gut Stück näher gekommen sei. Mit dem Ausbau der Überlandnetze hat sich auch die Elektrizitätsverwendung in den verschiedenen Industrien und in der Landwirtschaft gehoben. Die an der Preispolitik der Elektrizitätswerke hierbei ge-

[1] Über die Einrichtungen solcher Übertragungen ist im einzelnen in einem Aufsatz der Festnummer der ETZ zur Aachener Tagung berichtet worden (ETZ 1929, S. 997).



übte Kritik sei indes nicht immer gerechtfertigt, da diese Unternehmen so ziemlich die einzigen in Deutschland seien, die ihre Verkaufspreise auf der Vorkriegshöhe gehalten, ja vielfach schon darunter gesenkt haben. Die wirtschaftliche Lage der elektrotechnischen Industrie ist von dem seit Beginn des Vorjahres zu verzeichnenden Konjunkturrückgang beeinflußt worden. Kapitalmangel, zu hohe Steuer- und sonstige Belastungen, zu niedrige Einfuhrzölle und andere Faktoren gestalten das allgemeine deutsche Wirtschaftsleben und die mit ihm eng zusammenhängende Lage der elektrotechnischen Industrie nicht günstig.

An diese Ausführungen des Verbandsvorsitzenden, die im Wortlaut an anderer Stelle zur Veröffentlichung kommen werden, schlossen sich Begrüßungsansprachen, u. zw. vom Oberbürgermeister Herrn Dr. Rombach für die Stadt Aachen, Herrn Ministerialdirektor Dr. Staudinger, Berlin, für die Reichs-, Staats- und sonstigen Behörden, von dem Rektor der Technischen Hochschule Aachen, Herrn Prof. Hoff, für die Technischen Hochschulen und wissenschaftlichen Institute und von Staatsminister a. D. Dr. Wendorff, Berlin, für die befreundeten inländischen Verbände und Vereine. Hiervon fanden die Ausführungen des Herrn Dr. Staudinger vom Preußischen Handelsministerium eine besondere Beachtung; Redner bezeichnete die Jahresversammlung des Verbandes als einen historischen Moment in der Geschichte der Elektrizitätsversorgung. Der Zusammenschluß der deutschen Großerzeugungs- und Verteilungsunternehmungen in der Aktiengesellschaft für Deutsche Elektrizitätswirtschaft ermögliche eine wirklich umfassende Rationalisierung der Großerzeugung und Großverteilung im gesamten deutschen Wirtschaftsgebiet. Er kam aus volkswirtschaftlicher Erkenntnis im Wege freier Vereinbarung zustande. Auf dieser Grundlage erhoffe die Staatsregierung eine fruchtbare Arbeit, so daß der viel erörterte Weg einer gesetzlichen Regelung auf diesem Gebiet endgültig entbehrlich geworden sei. Der Verband Deutscher Elektrotechniker habe sich ein großes Verdienst damit erworben, daß er den größten Teil seiner diesjährigen Tagung neben dem Austausch technischer Erfahrungen der Erörterung der Fragen der elektrizitätswirtschaftlichen Zusammenarbeit gewidmet habe.

Der hierauf folgende Vortrag des Herrn Min.-Dir. Dr. Craemer über den „Weltfernsprechverkehr" fügte sich in den Rahmen der als Ferntagung veranstalteten Sitzung vorzüglich ein. Der Vortrag ist hier schon zur Veröffentlichung gekommen[2], und es kann deshalb davon abgesehen werden, aus seinem abgerundeten, reichhaltigen Inhalt Einzelheiten herauszugreifen.

Nunmehr kamen die an der Ferntagung beteiligten auswärtigen Vereine, die an ihrem Ort zu gleicher Zeit Versammlungen abhielten, zum Wort. Es war schon im bisherigen Verlauf der Sitzung ein guter Empfang an diesen Stellen im Haag, in Wien und in Budapest festgestellt worden; das gleiche konnte nun in Aachen für die Gegenrichtungen gesagt werden, so daß der großangelegte Versuch als vollkommen geglückt anzusehen ist.

Während der Reden der auswärtigen Teilnehmer erschienen deren Bilder auf einem Lichtbildschirm des Aachener Versammlungsraumes, wodurch der Eindruck der durch den Lautsprecher vernommenen Reden wesentlich unterstützt wurde. Als erster Redner sprach Direktor Beekman, den Haag, vom Königlich Holländischen Institut, Abteilung für Elektrotechnik. Er beglückwünschte die deutsche Wissenschaft und Technik zu der erfolgreichen Veranstaltung dieser ersten großzügigen Ferntagung und benutzte die Gelegenheit, die ihm bekannten Teilnehmer in Deutschland, Österreich und Ungarn herzlichst zu begrüßen. Nach ihm sprach im Namen des im Festsaale des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins tagenden Elektrotechnischen Vereins Wien Herr Hofrat Prof. Dr. Reithoffer, indem er gleichfalls der historischen Bedeutung dieser Ferntagung gedachte und die herzlichsten Wünsche der österreichischen Volksgenossen für die weitere Entwicklung der deutschen Elektrotechnik zum Ausdruck brachte, mit der Zuversicht, daß es trotz hemmender wirtschaftlicher Belastung deutscher Tatkraft gelingen möchte, weiter zu forschen und zu schaffen. Mit besonders klarer Stimme kam endlich der Altmeister der Elektrotechnik, Herr Prof. Karl Zipernowsky, Budapest, zu Gehör, der als Vorsitzender des Ungarischen Elektrotechnischen Vereins die Grüße desselben übermittelte und erklärte, daß die Folgen dieser durch die Ferntagung neu erstehenden Möglichkeiten für eine friedliche Zusammenarbeit der Völker heute noch kaum abzusehen seien.

Diese Teilnahme der viele hundert Kilometer entfernten Fachgenossen an der Tagung bildete für alle Anwesenden ein starkes Erlebnis, das die Versammlung noch lange in seinem Banne hielt.

Mit einem Bericht des Generalsekretärs des Verbandes, Herrn Direktor Schirp, über die Arbeiten des Verbandes seit der letzten Jahresversammlung[3] und mit sonstigen geschäftlichen Verhandlungen schloß die erste Verbandsversammlung. Als Ort der nächsten Jahresversammlung im Jahre 1931 wurde Frankfurt a. M. bestimmt. Mit lautem Beifall wurde von der Versammlung die Würdigung der großen Verdienste des langjährigen Vorsitzenden des Ausschusses für Errichtungs- und Betriebsvorschriften, Herrn Geh. Rat Dr. C. L. Weber, durch Ernennung zum Ehrenmitglied des Verbandes aufgenommen. Am Nachmittage hielt nach Vorführung des neuen Elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule dessen Vorsteher Herr Prof. Dr. Rogowski im Großen Hörsaale dieses Instituts, der damit seiner Bestimmung übergeben wurde, einen Experimentalvortrag über „Kathodenoszillograph und Überspannungen". Die Zuhörer füllten den Saal bis auf den letzten Platz, um die Ausführungen des durch seine Pionierarbeiten auf dem behandelten Gebiet bekannten Fachmanns mit gespannter Aufmerksamkeit und großem Beifall entgegenzunehmen. Weiter wurden an diesem Nachmittag in der Technischen Hochschule mehrere Fachberichte aus verschiedenen Sondergebieten der Elektrotechnik erstattet, an die sich lebhafte Erörterungen anschlossen; auch wurden noch mehrere andere technische Besichtigungen unternommen.

Am Abend des 8. Juli versammelten sich die Teilnehmer mit ihren Damen zu einem gemeinsamen Essen in den Räumen des Neuen Kurhauses. Hierbei trat die starke Beteiligung an der Jahresversammlung besonders in Erscheinung. Der Verbandsvorsitzende sprach, allzeit ein Meister der Rede, zu Herzen gehende Begrüßungsworte, und Herr Oberpostdirektionspräsident Conradi hielt eine durch musikalische Interpretationen überaus reizvoll gestaltete Damenrede. Nach dem Essen fand unter Leitung von Frl. Wally Haacke eine flotte Tanzvorführung „Synchronismustafel bei Tage und bei Mitternacht" statt. Der Abend verlief als gesellschaftlicher Höhepunkt der Tagung in sehr gehobener Stimmung und echt rheinischem Frohsinn.

Die 2. Verbandsversammlung war ausschließlich dem Hauptthema der Tagung, d. h. den technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Fragen beim Zusammenschluß großer Versorgungsnetze gewidmet. Dr. Frank, Generaldirektor der Preußischen Elektrizitäts-A. G., behandelte das Thema „Zusammenschluß großer Netze im Lichte der Elektrizitätswirtschaft"[4]. Dieser Zusammenschluß werde durch Senkung der Belastungsspitzen die Ausnutzung der Anlagen und Reserven erhöhen. Voraussetzung hierbei seien richtige Anlage der Hauptleitungen und vernünftige Stromaustauschverträge, die bei Festsetzung beiderseitiger Höchstleistungen den Einzelanlagen gewisse Bewegungsfreiheiten lassen. Hand in Hand damit sei das für den Zusammenschluß wichtige Nachrichtenwesen zu fördern. Redner glaube, daß über die Zusammenschlußbewegung innerhalb Deutschlands hinaus auch eine Zusammenarbeit innerhalb Europas in Frage kommen könne, wobei Deutschland entsprechend seiner geographischen Lage zum Mittelpunkt des Systems werden könnte.

Hierauf sprachen Herr Prof. Dr. Rüdenberg über das „Verhalten der Kraftwerke und Netze beim Zusammenschluß" und Herr Obering. Dr. Piloty über die „Wirkungen des Zusammenschlusses auf den Betrieb". Auf diese inhaltsreichen und bedeutenden Vorträge kann hier nicht weiter eingegangen werden; es sei lediglich auf deren Veröffentlichung in der Festschrift[5] verwiesen. An alle drei Vorträge knüpfte sich eine durch die vorgerückte Zeit leider beeinträchtigte Erörterung, an der sich u. a. die Herren Prof. Dr. Petersen, Generaldirektor Dr. Jahncke, Baurat Direktor Rachel und Obering. Hammerer beteiligten. Der Nachmittag des 9. Juli war weiteren Besichtigungen sowie Fachberichten in der Technischen Hochschule gewidmet. Über die sämtlichen Fachberichte wird später in gewohnter Weise ein zusammenfassender Eigenbericht herausgegeben werden. Den Abend beschloß ein Gartenfest mit Feuerwerk im Kurpark des Neuen Kurhauses.

Den Abschluß der Jahresversammlung bildeten am Mittwoch, dem 10. Juli, Ausflüge in die Eiffel, wobei u. a. die historisch bedeutsame Urfftalsperre besichtigt wurde.

Zehme.

---

[2] ETZ 1929, S. 959.

[3] ETZ 1929, S. 842, 874, 1107, 1134.

[4] ETZ 1929, S. 963.

[5] ETZ 1929, S. 970 bzw. 985.

Die neuesten Vorschriften des VDE.

Von allen Arbeiten, die von der Jahresversammlung des VDE 1929 in Aachen angenommen sind, wird wohl das größte Interesse den neuen „Errichtungsvorschriften" entgegengebracht, da bekanntlich diese Vorschriften die Grundlage für alle Bestimmungen sind, die der VDE aufstellt.

Die Errichtungsvorschriften, die bisher für alle vorkommenden Betriebspannungen von Starkstromanlagen galten, sind jetzt in zwei Teile zerlegt, wobei als Trennungslinie zwischen den beiden Teilen 1000 V festgelegt wurde.

Anlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V unterliegen künftig den „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1"; Anlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber den „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber, V.E.S. 2".

In die V.E.S. 1 sind die bisherigen „Leitsätze für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft" hineingearbeitet, so daß diese Leitsätze außer Kraft gesetzt werden konnten.

Aus den V.E.S. 1 sei besonders auf § 3 hingewiesen, der die Bestimmungen über Schutzmaßnahmen gegen zufällige Berührung und zu hohe Berührungsspannungen in neuer Fassung enthält, die als die wichtigsten Forderungen, die der VDE überhaupt an elektrische Anlagen und deren Zubehör stellt, anzusehen sind.

Die V.E.S. 2, die das Gebiet der Hochspannungsanlagen umfassen, sind vollständig neu aufgebaut worden.

Die beiden neuen vorerwähnten Arbeiten erstrecken sich nur auf die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen. Die bisherige Fassung der „Betiebsvorschriften" mußte daher, da sie früher den Errichtungsvorschriften angefügt war, als selbständige Arbeit aufgestellt werden. In dieser Fassung, die die Jahresversammlung angenommen hat, sind einige geringfügige Änderungen, die bereits seit längerer Zeit als notwendig befunden waren, vorgenommen.

In der neuen Fassung der „Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte" sind für die einzelnen Schutzarten (druckfeste Kapselung, Plattenschutzkapselung und Ölkapselung) Maßangaben aufgenommen worden, da es sich herausgestellt hat, daß in den namhaftesten ausländischen Vorschriften derartige Angaben enthalten sind. Die Vorschriften gelten für alle Maschinen, Transformatoren und Geräte, die in schlagwettergefährdeten Grubenräumen Verwendung finden sollen und deren Herstellung nach dem 1. Juli 1929 begonnen wird.

Für die immer mehr in Aufnahme kommenden Leuchtröhrenanlagen, für die bisher keine Sonderbestimmungen in den Errichtungsvorschriften enthalten waren, gelten jetzt die von der Jahresversammlung angenommenen „Regeln für die Errichtung von Leuchtröhrenanlagen". Diese Leuchtröhrenanlagen, die mit Spannungen von 1000 V und darüber auf der Oberspannungseite betrieben werden, dienen für Beleuchtungs- oder Reklamezwecke. Der Lichterzeuger besteht ganz oder zum Teil aus elektrischen Gasentladungsröhren, die eine Edelgasfüllung — Neon, Argon und Helium — oder eine andere Gasfüllung, wie Stickstoff, Kohlensäure und Wasserstoff, haben. Die Regeln für diese Anlagen umfassen die besonderen Maßnahmen in bezug auf den Berührungschutz, ferner Sonderbestimmungen für die Transformatoren und Drosselspulen, Schalteinrichtungen und Leitungen.

Außerdem hat die Jahresversammlung die in Zusammenarbeit mit der Deutschen Röntgen-Gesellschaft aufgestellten „Vorschriften für den Hochspannungsschutz in medizinischen Röntgenanlagen" angenommen. Hinsichtlich ihrer Bauart werden in den Vorschriften vier Klassen von Röntgenanlagen unterschieden. Die neue Arbeit enthält Bau- und Betriebsvorschriften, die den besonderen Anforderungen der medizinischen Röntgenanlagen Rechnung tragen. Die Deutsche Röntgen-Gesellschaft hat ebenfalls ihre Zustimmung zu diesen Vorschriften gegeben.

Eine geringfügige Änderung der „Leitsätze für Spannungsucher bis 750 V" wurde vorgenommen, die sich darauf erstreckt, daß an Stelle der als Zuleitung bisher vorgeschriebenen Hochspannungschnur Gummischlauchleitungen treten, u. zw. für Spannungen bis 250 V gegen Erde NMH- und für Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde NSH-Leitungen.

Eine völlige Neubearbeitung weisen die von der Jahresversammlung angenommenen „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen, V.S.F." gegenüber der bisherigen Fassung auf. Besonders sind die neuen einheitlichen Bestimmungen über die zulässigen Beanspruchungen für Maste und über Abstände der Freileitungen von Gebäuden zu erwähnen. Eine Änderung erfuhren ferner die Bestimmungen über Holzmaste; darüber hinaus erhalten die Vorschriften erstmalig Bestimmungen über Rostschutz, über die Berechnung der Maste auf Verdrehen und für Eisenbetonmaste.

Aus den verschiedenen Änderungen der „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen, V.I.L." sind besonders die Bestimmungen über kabelähnliche Leitungen (Rohrdrähte und Bleimantelleitungen) hervorzuheben.

Von besonderer Bedeutung und großer Wichtigkeit bei diesen Leitungen ist die Ausführung der den Bleimantel umgebenden Schutzhülle, die den Zweck erfüllen muß, den Bleimantel gegen alle Angriffe wirksam zu schützen. In dem neuen Text der Vorschriften ist daher eine chemische Prüfung der Umhüllung vorgesehen, bei der die Umhüllung dem Einfluß von Säuren, Alkalien und Oxydationsmitteln ausgesetzt wird. In den Bestimmungen für Rohrdrähte und Bleimantelleitungen ist die Frage des Schutzleiters neu geregelt. Es sei ferner darauf aufmerksam gemacht, daß die Vorschriften für die leichten Anschlußleitungen (NHH-Leitung) außer Kraft gesetzt sind, da für diese Leitungen ein Bedürfnis nicht mehr vorliegt. Ferner sind die Prüfbestimmungen für die Fassungsadern und Pendelschnüre verschärft worden, indem jetzt statt der Prüfung im trockenen Zustand eine Prüfung nach halbstündigem Liegen in Wasser vorgeschrieben ist.

Der bisherige Titel der „Normen für umhüllte Leitungen" ist in „Vorschriften für umhüllte Leitungen" geändert und im Text selbst sind einige unbedeutende Änderungen vorgenommen.

Im Jahre 1924 war ein Entwurf zu „Leitsätze für Installations-Selbstschalter" veröffentlicht worden. Auf Grund der in der Zwischenzeit gemachten Erfahrungen ist eine neue Fassung der „Leitsätze für Installations-Selbstschalter" aufgestellt, die von der Jahresversammlung angenommen worden ist. Die Prüfbestimmungen in diesen Leitsätzen erstrecken sich zunächst auf 250 und 380 V und bis 15 A. Unterschieden werden Sockel- und Stöpsel-I.S.-Schalter. Letztere sollen so gebaut sein, daß sie für 250 V Gleichstrom und auch für 380 V Wechselstrom verwendbar sind. Für höhere Spannungen sind I.S.-Schalter in Stöpselform nicht zulässig. Für die Verwendung von I.S.-Schaltern ist die Angabe wichtig, daß sie in der Hauptsache an Stelle von Stromkreis-Schmelzsicherungen bis 25 A in Verteilungsanlagen sowie in Hausinstallationen und nur hinter Vorsicherungen (Schmelzsicherungen oder Selbstschalter) benutzt werden sollen.

Die Prüfungen erstrecken sich auf Auslösestrom, Schaltleistung, Kurzschluß, Isolation, Erwärmung, mechanische Haltbarkeit, Dauerbelastung und Trägheit.

Durch die Annahme der neuen „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K.P.I." durch die Jahresversammlung 1928 war es notwendig geworden, die „Vorschriften für Geräte-Einbauschalter" einer Neubearbeitung zu unterziehen. Die neuen Vorschriften umfassen die Geräte-Einbauschalter — d. h. Ausschalter und Umschalter bis einschließlich 6 A bei 250 V oder bei einer niedrigeren Spannung solche bis 1500 W —, die zum mechanisch festen Einbau in ein Gerät, durch den die spannungführenden Teile des Schalters der zufälligen Berührung entzogen werden, bestimmt sind. Als kleinste zulässige Stromstärke ist 0,25 A vorgesehen. Die Vorschriften umfassen ferner Angaben über Kriech- und Luftstrecken, Kontakte, Betätigungsteile, Isolation, Berührungschutz, Abdeckungen, Leitungsanschlüsse und Aufschriften; als Prüfbestimmungen sind Isolationsprobe, Erwärmungsprobe, Prüfung der mechanischen und elektrischen Haltbarkeit und der Wärmesicherheit vorgesehen.

Auf dem Gebiet der Handgeräte selbst wurden Zusatzbestimmungen zu den „Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Steh-



lampen" angenommen, die sich auf Leuchtkörper sowie Flüssigkeitsverdunster und ähnliche Geräte (z. B. Parfümverdunster, Rauchverzehrer, Luftverbesserer) beziehen.

In die „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" wurden Zusätze aufgenommen. Hervorzuheben ist, daß als Kleinstmotor im Sinne der „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" ein Elektromotor mit einer Nennleistung bis 500 W einschließlich gilt.

Den „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren" sind neu angefügt die Zusatzbestimmungen für Geräte mit biegsamer Welle (wie z. B. Haarschneidemaschinen, Schermaschinen, Viehputzmaschinen) sowie Zusatzbestimmungen für Haarschneidemaschinen, angetrieben durch einen Kleinstmotor im Handstück bzw. mit magnetischem Antrieb.

Schließlich hat noch die Kommission für Elektrowerkzeuge einige Änderungen der von ihr herausgegebenen „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Handbohrmaschinen, Hand- und Supportschleifmaschinen und Schleif- und Poliermaschinen" der Jahresversammlung vorgelegt.

Hauptsächlich handelt es sich bei diesen Änderungen um Bestimmungen über die Zuführungsleitung und den Anschluß des Schutzleiters. Bei den Hand- und Supportschleifmaschinen wird neuerdings eine Kapselung gefordert, sofern bei Ventilierung der Maschine der Luftstrom im Innern blanke spannungführende Teile überstreichen kann.

Auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik bestanden bisher:

Vorschriften für Wechselstrom-Netzanschlußgeräte,
Vorschriften für Gleichstrom-Netzanschlußgeräte,
Vorschriften für Gleichstrom-Netzanschluß-Empfänger und
Vorschriften für Verbindungsgeräte.

Diese Arbeiten sind jetzt durch die von der Jahresversammlung angenommenen „Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen" ersetzt, da unter diese Vorschriften alle Rundfunkgeräte fallen, die zum Anschluß an Starkstromanlagen bestimmt sind, ferner solche, die dauernd oder zeitweise angeschlossen sind. Sie gelten somit für alle Empfangsanlagen und einzelnen Geräte für Rundfunk, insbesondere Netzanschlußempfänger- und -verstärker, Verbindungs- und Schallgeräte.

Als Rundfunkgeräte gelten auch Batterien und Batterieladeeinrichtungen zur Speisung von Rundfunkempfangsgeräten, wenn nicht mit Sicherheit ausgeschlossen ist, daß sie gleichzeitig mit dem Starkstromnetz und mit dem sonstigen Rundfunkgerät, auch nur einpolig, verbunden sind.

Außer den gemeinsamen Bestimmungen über Berührungsschutz, Aufschriften usw. sind für die einzelnen Gerätegattungen Einzelbestimmungen herausgegeben. Die Prüfbestimmungen sehen eine Prüfung auf Feuchtigkeitsaufnahme, Isolierfestigkeit und Wärmesicherheit vor.

Auf Grund zahlreicher Wünsche aus den Kreisen der Rundfunkteilnehmer wurden Änderungen der „Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten", die durch die Jahresversammlung 1928 angenommen waren, aufgestellt. In diesen Änderungen werden die durch die Heilgeräte hervorgerufenen Störungen des Funkempfanges behandelt, und es wird gefordert, daß die Geräte, die immer mehr in Aufnahme kommen, so beschaffen sein müssen, daß durch ihren Betrieb die Störungen benachbarter Funkempfänger unter besonders angegebenen Grenzwerten bleiben. Hierfür ist ein besonderes Prüfverfahren vorgesehen.

Verschiedene Arbeiten der Internationalen Elektrotechnischen Commission bedingten es u. a., daß die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren, R.E.T." und „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen, R.E.M." einer Neubearbeitung unterzogen werden mußten. Bei dieser Bearbeitung sind noch verschiedene weitere Änderungen, die durch vorgenommene Änderungen anderer Verbandsarbeiten bedingt waren, berücksichtigt. Besonders zu erwähnen ist, daß die Bestimmungen über die Prüfspannungen und die Erwärmung gegenüber dem bisherigen Text kleinere Abweichungen aufweisen.

Die Kommission für Isolierstoffe hat im Jahre 1914 „Vorschriften für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe" aufgestellt, die in den folgenden Jahren jedoch mehrfachen Änderungen unterzogen werden mußten. Als Hauptanwendungsgebiet für diese Bestimmungen hat man die Isolierpreßstoffe im Auge gehabt. Inzwischen ist die Zahl der Arten von Isolierstoffen, für die ein Bedürfnis nach Festlegung von Prüfbestimmungen besteht, gestiegen; auch haben sich neue Prüfmethoden eingebürgert. Es sind daher dem jetzigen Stand der Technik Rechnung tragend für die Prüfung der Eigenschaften elektrischer Isolierstoffe neue Bestimmungen aufgestellt und „Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen" herausgegeben. Hier ist zum erstenmal der Versuch gemacht worden, in umfassender Weise die elektrischen Prüfmethoden für die Prüfung elektrischer Isolierstoffe zu vereinheitlichen und festzulegen. Die Arbeiten für die Aufstellung von Prüfmethoden für die mechanischen Eigenschaften sind noch nicht abgeschlossen.

Natürlich sind nicht alle Prüfungsverfahren auf jede Art von Isolierstoff anzuwenden. Die Auswahl, welche Methoden anzuwenden sind, bleibt — soweit nicht Bestimmungen für einzelne Isolierstoffarten bestehen — dem Ermessen des einzelnen überlassen. Aus den Leitsätzen ist besonders zu erwähnen, daß Prüfungen an Isolierstoffen ohne Vorbehandlung oder nach bestimmter Vorbehandlung vorgesehen sind. Als Vorbehandlung gilt u. a. eine mechanische Bearbeitung, Einwirkung von Wärme, Feuchtigkeit, Chemikalien u. dgl.

Die wichtigsten Arten der Prüfungen sind: Oberflächenwiderstand, Widerstand im Innern, Durchgangswiderstand, Stromdurchgangsprobe mittels Glimmlampe, Spitzentasterprobe, Spannungserwärmungsprobe, Durchschlagsspannung und Festlegung der dielektrischen Verluste.

Die neuen „Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Tafelpreßspan" gelten für Preßspan aus Tafeln. Hinsichtlich der Zusammensetzung des Preßspans sind bestimmte Forderungen aufgestellt. Auch wird gefordert, daß der Tafelpreßspan lufttrocken (höchstens 8 % Feuchtigkeitsgehalt) geliefert wird.

In den Prüfbestimmungen sind Zugversuche und Falzversuche vorgesehen; hinsichtlich der elektrischen Eigenschaften sind Angaben über Durchschlagsversuche und den Isolationswiderstand in den neuen Leitsätzen enthalten.

Die Jahresversammlung 1928 hatte die vom Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad aufgestellten „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren für Spannungen von 1000 V an" angenommen.

Die bisher in diesen Leitsätzen enthaltenen Prüflastwerte sind jetzt in die Arbeiten der Kommission für Freileitungen übernommen. Durch diese Maßnahme mußten die „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren für Spannungen von 1000 V an" neu bearbeitet werden. Die neue Fassung, die weitere sachliche Änderungen nicht erfahren hat, wurde von der Jahresversammlung angenommen.

Ferner wurden die neu aufgestellten „Leitsätze für die Prüfung der Stoffeigenschaften keramischer Isolierteile für Nennspannungen unter 1000 V" angenommen. Diese Leitsätze behandeln nicht die Prüfung fertiger Installationsteile, sondern lediglich die Prüfung des Werkstoffes an sich. Unter die Bestimmungen dieser Leitsätze fallen hauptsächlich: Porzellane, Steatit, Speckstein, Steinzeug und ihre Abarten. Die Prüfungen erstrecken sich auf die Leit- und Saugfähigkeit, für die wahlweise zwei Methoden angegeben sind: die Stromdurchgangsprobe mittels Glimmlampe und die Spitzentasterprobe.

Die neuen „Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber als Isolierstoff" gelten für ungetränkte Fiber (Vulkanfiber und Leatheroid).

In den Prüfbestimmungen wird u. a. verlangt, daß Fiber keine leitenden Einschlüsse (Metallspäne oder dgl.) enthält. Ferner werden Mindestangaben für den Isolationswiderstand gemacht.

Für Elektrolackpappe sind ebenfalls Leitsätze neu herausgegeben.

Als „Elektrolackpappe" sind saugfähige, möglichst holzfreie Pappen zu verstehen, die mit trocknenden Ölen imprägniert und mit isolierenden Grundfarben und Isolierlack auf der Oberfläche überzogen und durch Ofentrocknung fertiggestellt sind. Die Prüfbestimmungen hierfür umfassen: Feuchtigkeitsprüfung, Prüfung der Wärmefestigkeit (100°), Elastizitätsprüfung, Scherprüfung, Schaltfeuersicherheit und Glutsicherheit, Oberflächenisolation und Durchschlagfestigkeit.

Die Kommission für Isolierstoffe hat ferner der Jahresversammlung „Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Holz als Isolierstoff" vorgelegt. Sie gelten für Holz, in dem die Faserstruktur des Naturholzes erhalten geblieben ist, also nicht für Werkstoffe aus Holzmehl. Holz kann als Isolierstoff Verwendung finden: einmal als Träger spannungführender Teile, wobei das Holz mit Elektroden in Berührung steht, die dauernd oder zeitweise die volle Betriebspannung oder einen

bestimmten Teil davon führen, ferner in Reihe mit anderen festen Isolierstoffen und schließlich als Trennwand. Die Prüfbestimmungen erstrecken sich auf die Anwendung des Holzes in Luft und in festen oder flüssigen Isoliermitteln.

Für die als Isolierstoff in der Elektrotechnik sehr wichtigen Glimmererzeugnisse gelten die neuen „Leitsätze für die Prüfung von Glimmererzeugnissen". Besonders behandelt werden in diesen Leitsätzen die Mikanit-Faserstofferzeugnisse und Glimmer-Faserstofferzeugnisse.

Mikanit ist eine Verbindung von Spaltglimmer mit einem geringen Zusatz von Bindemitteln. Der Spaltglimmer wird aus Blockglimmer durch Spalten in feine und feinste Lagen erzeugt.

Mikanit-Erzeugnisse sind Kommutator-Mikanit, Heiz-Mikanit, Form-Mikanit, Hartform-Mikanit, Flexibel-Mikanit.

Mikanit-Faserstoff-Erzeugnisse, bestehend aus einer Faserstoffschicht als Träger und einer Schicht Flexibel-Mikanit sowie gegebenenfalls aus einer Faserstoffdeckschicht, sind Mikanit-Papier, Mikanit-Leinen, Mikanit-Batist, Mikanit-Seide.

Die Glimmer-Faserstoff-Erzeugnisse bestehen aus Faserstofflagen, die nur mit einer einzigen Lage dünnen Spaltglimmers unter Verwendung eines Bindemittels bedeckt sind und nur selten auf der anderen Seite eine zweite Faserstofflage erhalten. (Glimmer-Papier, Glimmer-Batist, Glimmer-Seide, Glimmer-Lacktuch, Glimmer-Asbest.) Eine Sonderart des Glimmer-Papiers ist das Mikafolium.

Die Leitsätze enthalten u. a. Angaben über Wärmeprobe und Spannungsprüfung sowie über den Glimmergehalt, spezifisches Gewicht und Toleranzen für die normalen Dicken.

Der Geltungsbereich der weiterhin vorgelegten „Leitsätze für die Prüfung von natürlichen Gesteinen" erstreckt sich auf Marmor und Schiefer einschließlich verwandter Gesteine, wie sogenannter belgischer Granit, Solnhofer Kalkstein; die seltener gebrauchten Gesteine, wie Serpentin und echter Granit, sind ausgenommen. Da Marmor und Schiefer in der Hauptsache als Grundplatten für Apparate verwendet werden, so ist auf die Verwendung in dieser Form in den Leitsätzen besonders Rücksicht genommen worden.

Die Prüfung von natürlichen Gesteinen auf ihre Eignung als elektrisches Isoliermaterial erfolgt nach nachstehenden Gesichtspunkten: Biegefestigkeit, Wasseraufnahme, Wärmebeständigkeit und Durchgangswiderstand.

Für Kabelvergußmassen sind bereits durch die Jahresversammlung 1927 Vorschriften angenommen. Für andere Vergußmassen, die zur Verwendung in Geräten unter 1000 V Nennspannung dienen, gelten die neuen „Leitsätze für die Prüfung von Vergußmassen für Geräte unter 1000 V Nennspannung". Diese Vergußmassen sollen folgende Eigenschaften haben:

Elektrische Isolierfähigkeit bei den betriebsmäßig vorkommenden Temperaturen der vergossenen Metallteile,

Feuchtigkeitsicherheit soweit, daß auch beim Gebrauch der vergossenen Geräte in feuchten Räumen die Isolierfähigkeit der Vergußmasse praktisch nicht herabgesetzt wird,

Wärmebeständigkeit insoweit, daß ein Ausfließen der Vergußmasse bei erhöhter Raumtemperatur unter betriebsmäßiger Erwärmung nicht stattfinden kann.

Die Leitsätze geben an, wie Nachprüfungen dieser drei zu fordernden Eigenschaften durchzuführen sind.

Zu erwähnen sind noch die von der Jahresversammlung angenommenen „Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe". Sie beziehen sich auf die Vorbehandlung elektrischer Isolierstoffe, deren Prüfung nach Lagerung bei bestimmter Feuchtigkeit vorgenommen werden soll; sie enthalten ferner Angaben über die zu diesen Versuchen notwendigen Hygrostaten, über Erzeugung und Überwachung der Luftfeuchtigkeit und über Lagerung und Behandlung der zu prüfenden Teile. *A. M.*

Neuzeitliche Kabel- und Rohrverlegung in Kraftwerken.

Von Obering. H. Dützmann, Karlsruhe.

Übersicht. Nachdem zunächst die allgemeinen Gesichtspunkte besprochen werden, welche bei Kabel- und Rohrverlegung in Gebäuden zu berücksichtigen sind, wird nach einem kurzen Überblick über die bekannten Befestigungsmittel ein auf Grund von Betriebserfahrungen der Badischen Landeselektrizitätsversorgung A.-G., Karlsruhe, entwickeltes Verlegungssystem (D. R. P.) beschrieben, welches durch seine gedrängte und zweckmäßige Anordnung technische Vorteile gegenüber bekannten Systemen bietet und die Montage und Demontage von Kabel- und Rohranlagen wesentlich erleichtert und wirtschaftlicher gestaltet.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei der Projektierung von Kraft- und Umspannwerken die Verlegung der Verbindungsleitungen, insbesondere der Niederspannungskabel, immer noch vernachlässigt wird. Dies ist auch verständlich, wenn man in Betracht zieht, daß die Festlegung aller Einzelheiten des Meß-, Signal-, Überwachungs- und Sicherungswesens bei dem Tempo der heutigen Bauweise erst im Laufe der Bauausführung vollständig geklärt werden kann. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn die bei der Projektierung für Kabel und Rohrleitungen vorgesehenen Kanäle und Gerüste sich bald als viel zu knapp erweisen. Ferner bedingt die gerade im letzten Jahrzehnt in Erscheinung tretende starke Entwicklung solcher Werke dauernde Änderungen und Erweiterungen der Kabelanlagen, welche unmöglich vorausgesehen und berücksichtigt werden können. Da aber hierdurch hervorgerufene bauliche Veränderungen meistens mit großen Kosten und Betriebserschwerungen verknüpft sind, liegen die Verhältnisse bei älteren Bauten noch viel schwieriger als bei Neuanlagen.

Bei Verlegung der Leitungen, beispielsweise in Kanälen, Schächten, an Decken, Wänden und Gerüsten, treten überall Schwierigkeiten hinsichtlich der Unterbringung der Kabel und Rohre auf, wenn auf übersichtliche Verlegung und leichte Änderungsmöglichkeit Wert gelegt wird. Die bekannten Verlegungssysteme weisen alle neben gewissen Vorteilen Nachteile auf, deren Beseitigung in weiten Kreisen als dringendes Bedürfnis empfunden wird.

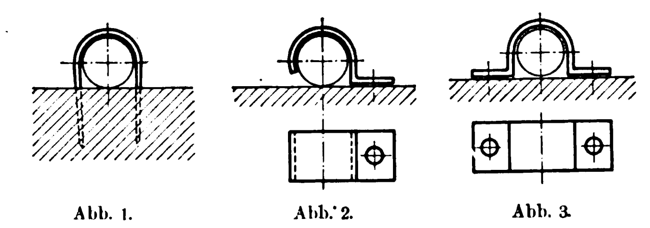
Da die Art der Kabelverlegung in erster Linie durch die Befestigungsmittel bedingt ist, müssen an ein in technischer und wirtschaftlicher Beziehung befriedigendes Verlegungssystem folgende Forderungen gestellt werden:

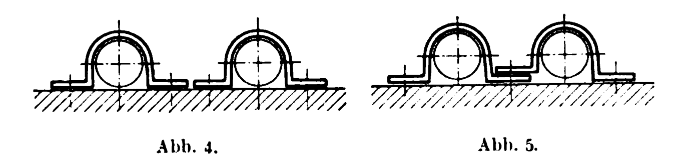
1. Gedrängte Verlegungsmöglichkeit.
2. Weitgehende Anpassungsfähigkeit an gegebene Platzverhältnisse in bezug auf horizontale und vertikale Anordnung, z. B. Verlegung an Decken, Wänden, in Schächten usw.
3. Leichte Auswechselbarkeit.
4. Weitgehende Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit.
5. Große Stabilität gegen axiale Zugbeanspruchung bei vertikaler Verlegung (in Schächten).
6. Große Umschließungsflächen der Schellen zwecks Schonung der Kabel, besonders bei unarmiertem Kabel.
7. Einfache, zeitsparende Montage unter Vermeidung von jeglichen Anpassungsarbeiten am Montageort.
8. Normalisierung der Schellen und Beschränkung auf wenige Größen bei Kabeln verschiedenen Durchmessers unter Gewährleistung sicherer Befestigung.
9. Billige und einfache Herstellung in Massenfabrikation.

Es soll nunmehr untersucht werden, inwieweit die bisher gebräuchlichsten Befestigungsmittel diesen Anforderungen genügen. Man kann im allgemeinen bei den bekannten Ausführungen eine Bügelform und eine Klauenform unterscheiden. Die älteste Bügelform ist wohl die aus der Installation bekannte Krampe (Abb. 1), welche eine billige, einfache Befestigung ermöglicht. Aus dem Bedürfnis heraus, die befestigten Leitungen wieder loslösen zu können, entwickelte sich dann wohl die weitverbreitete Form der Rohrschelle (Abb. 2), welche durch die Schraub-Dübelbefestigung dieser Anforderung entsprach, dann aber auch wegen der bandartigen Ausbildung den Vorteil bot, daß sie den spezifischen Flächen-



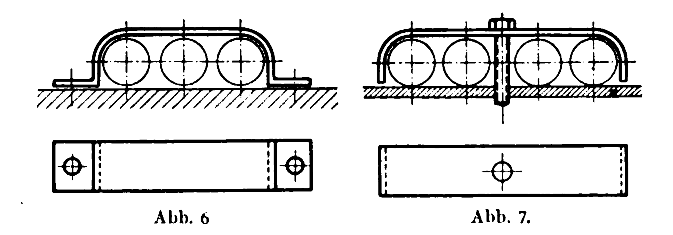
druck verringerte und dadurch die Sicherheit der Befestigung erhöhte. Dementsprechend konnte die der Rohrschelle (Abb. 2) nachgebildete, gewöhnlich kräftiger ausgeführte Kabelschelle (Abb. 3) auch in großen Kabelverteilungen, wo die Schellen mittels Schrauben auf Leisten aus Profileisen befestigt werden, weitgehend Eingang finden. Um den Nachteil des großen Raumbedarfs dieser Schellen bei Verlegung mehrerer Kabel nebeneinander (nach Abb. 4) wenigstens teilweise wettzumachen, wurde im weiteren die Verlegung vielfach nach Abb. 5 durchgeführt.


Abb. 1. Abb. 2. Abb. 3.

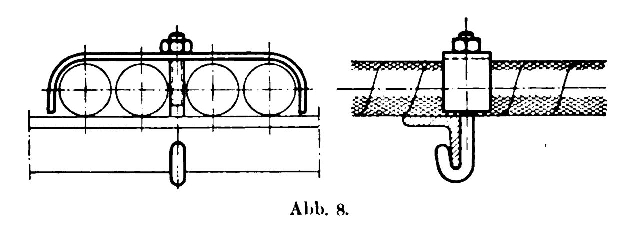

Abb. 4. Abb. 5.

Dieser Verlegungsart haftet jedoch noch der Mangel an, daß bei Entfernung eines Kabels die benachbarten Kabel ebenfalls entfernt, zum mindesten gelöst werden müssen. Außerdem müssen die Schellen dem jeweiligen Kabeldurchmesser ziemlich genau angepaßt sein, was jedoch die Lagerhaltung erschwert. Vielfach wird die Verlegung deshalb wenig kunstgerecht unter Umwicklung der Kabel mit Pappe so durchgeführt, daß die Haltefähigkeit der Schellen einigermaßen gesichert ist. Die Montage dieser Schellen bedingt zudem viele unwirtschaftliche Anpassungsarbeiten an der Baustelle durch den Einbau der Befestigungsdübel oder bei Montage auf Profileisen durch das Verbohren der Befestigungslöcher.

Andere Lösungen stellen die Bügelformen nach Abb. 6 u. 7 dar, welche mehrere Kabel unter einem Bügel vereinigen.


Abb. 6 Abb. 7.

Hierbei müssen die Kabel jedoch möglichst gleichen Durchmesser haben, da sonst leicht Beschädigungen, besonders bei nicht eisenarmiertem Bleikabel, vorkommen können und die Befestigung der dünneren Kabel nicht einwandfrei ist. Diese Schellen müssen außerdem wegen ihrer verschiedenen Abmessungen vom Montagepersonal an Ort und Stelle hergestellt und verbohrt werden, was mit einer flotten Montage unvereinbar ist und als vollkommen unwirtschaftlich bezeichnet werden muß. Bei Änderungen der Kabelverlegung haben sie zudem dieselben Nachteile wie die Schellen der Abb. 4 u. 5 und sind bezüglich der Haltefestigkeit noch unzuverlässiger, besonders bei vertikaler Verlegung der Kabel.


Abb. 8.

Einen gewissen Fortschritt in bezug auf leichtere Montage stellt die Bügelform nach Abb. 8 dar, da bei derselben die zeitraubenden, unwirtschaftlichen Bohrarbeiten am Montageort wegfallen. Die Befestigung erfolgt durch Einhaken einer besonderen Hakenschraube in den Profilträger. Im übrigen weist sie jedoch dieselben Nachteile wie die vorerwähnten Bügelformen auf. Bei Verlegung starker Kabel, insbesondere von Hochspannungskabeln, sind die vorbeschriebenen Schellen schon hinsichtlich ihrer großen spezifischen Flächenpressung und leichten Beschädigungsmöglichkeit des Bleimantels zu verwerfen. Dieser Gesichtspunkt ist besonders bei der Verlegung der metallisierten Starkstromkabel (Patent Höchstädter u. a.) zu beachten, da hier bekanntlich geringe Verletzungen der dünnen Metallfolie leicht zu schweren Betriebstörungen Veranlassung geben können.

Die auch im Gas- und Wasserfach bekannte Klauenform (Abb. 9 u. 10) hat von vornherein das Bestreben, einen möglichst großen Teil des Rohr- bzw. Kabelumfanges zu umschließen und so die Nachteile vorbeschriebener Bügelformen, welche nur einen kleinen Sektor des Kabels umfassen (Abb. 12 u. 13), zu vermeiden.

Die Klauenform wird daher für Hochspannungskabel vorteilhaft verwendet, wobei die Schellen natürlich sorgfältig dem Kabeldurchmesser angepaßt sein müssen, weshalb dieselben meistens an der Baustelle hergestellt werden.

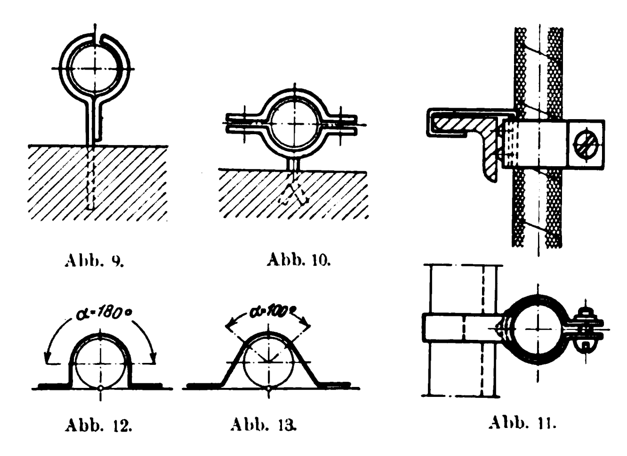


Abb. 9. Abb. 10. Abb. 12. Abb. 13. Abb. 11.

Für die Verlegung mehrerer paralleler Kabel kommt dieselbe wegen der Befestigungsschwierigkeiten aus wirtschaftlichen Gründen sowie mit Rücksicht auf den großen Raumbedarf nicht in Betracht.

Um bei möglichst geringem Raumbedarf die oben erwähnten Befestigungschwierigkeiten der Klauenform zu umgehen, ist in letzter Zeit eine Klauenform nach Abb. 11 zur Anwendung gekommen, wobei die Befestigung in ähnlicher Weise wie nach Abb. 8 mittels eines Hakens am Profileisen erfolgt. Zur Erreichung einer sicheren Umschließungsfläche bedingt diese Ausführungsart allerdings eine große Anzahl von Schellentypen, die dem jeweiligen Kabeldurchmesser ziemlich genau angepaßt sein müssen. Deshalb erscheint es zweckmäßig, bei Verwendung dieser Schellenart auf die Verlegung von Einheitskabeln gleichen Durchmessers überzugehen, was allerdings in bezug auf die wirtschaftliche Ausnutzung der Kabel einige Opfer erfordert. Für Verlegen an Wänden und in Schächten scheint diese Befestigungsart nicht sehr zweckmäßig zu sein, da die Stabilität der Schellenart in dieser Lage nur gering ist. Auch die Auswechselung der einzelnen Kabel bereitet bei der starren kurzen Klauenform bei dichter Verlegung Schwierigkeiten.

Alle vorerwähnten Gesichtspunkte sind bei der nachfolgend beschriebenen, patentierten Kabelschelle System Badenwerk berücksichtigt worden. Die mehrjährigen Erfahrungen, die in ausgedehnten Kabelverteilungsanlagen mit der Schelle gemacht worden sind, haben alle Erwartungen weitgehend erfüllt. Infolge ihrer sinnreichen Konstruktion ist die Schelle dazu berufen, in allen vorkommenden Fällen ein vollwertiges Befestigungsmittel für Kabel und Rohrleitungen aller Art zu werden. Die Schelle besteht aus einem in Keilform gebogenen, elastischen Bandeisen, das an der vorderen Seite klauenförmig ausgebildet ist. Die Schellen werden zwischen zwei Trägereisen, welche U- oder Winkelform haben können, hochkantig gelagert. Zum Fixieren derselben dient ein an der Keilspitze eingesteckter Haltestift, welcher sich hakenförmig auf den Flansch des Profileisens stützt. Durch Verwendung von Hakenstiften verschiedener Stärke ist es möglich, Schellen gleicher Type für Kabel verschiedenen Durchmessers zu verwenden, wobei der Umfassungswinkel im wesentlichen unverändert bleibt. Die Schelle gestattet es, Kabel in gedrängtester Anordnung (Abb. 14) zu verlegen, da die Einbringung eines Kabels dank der Elastizität des keil-

förmigen Schellenbandes durch Öffnen der Klaue ohne weiteres möglich ist. Durch Anziehen der vorderen Verschlußschraube preßt sich das zwischen den Profileisen locker gelagerte, durch den Stift fixierte Band gegen das Kabel und drückt dieses zugleich gegen das Profileisen, wodurch eine außerordentlich sichere Befestigung erzielt wird. Es ist hiernach einleuchtend, daß die Schelle für jede Befestigungslage (horizontale, vertikale usw.) gleichgut geeignet ist. Die Entfernung einzelner Kabel kann ohne Lösung benachbarter Kabel durch einfache Entfernung der Verschlußschrauben der zugehörigen Schellen in kürzester Zeit erfolgen. In bezug auf Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit sowie Bezeichnungsmöglichkeit der Kabel wird diese Verlegungsart weitgehenden Anforderungen gerecht. Das bei vertikaler Verlegung (in Schächten und an Wänden) hochkantig auf Biegung beanspruchte Schellenband hat gerade in dieser Lage sein größtes Widerstandsmoment und weist somit in dieser besonders beanspruchten Lage große Stabilität gegen axiale Zugbeanspruchung auf.

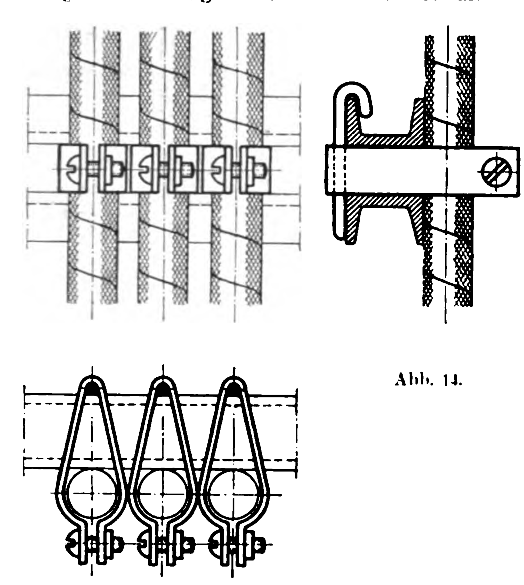


Abb. 14.

Wirtschaftlich bedeutsam ist neben der einfachen und billigen Herstellung in Massenfabrikation (unter Vermeidung jeglicher Nachbearbeitung am Montageort) die Möglichkeit der Beschränkung auf wenige genormte Größen infolge der weitgehenden Anpassungsfähigkeit der Schelle an die verschiedensten Kabeldurchmesser. Diese Anpassungsfähigkeit ist gegeben, einerseits infolge weitgehender Regelung durch Verwendung von Haltestiften verschiedener Stärke, anderseits durch die vordere Verschlußschraube. Als erheblicher Vorteil muß die zeitsparende Montage gebucht werden, die unter Vermeidung jeglicher Bohr- und sonstiger Anpassungsarbeiten am Montageort durchgeführt werden kann. Ein Vergleich mit den vorerwähnten älteren Schellenarten zeigt auch die Überlegenheit der neuen Schelle in bezug auf die Schonung der Kabel, da bei gleichem Druck die spezifische Flächenpressung infolge des erheblich größeren Umschließungswinkel entsprechend geringer ist. Wie aus den Abb. 12, 13 u. 15 ersichtlich ist, beträgt der Umfassungswinkel bei Bügelschellen je nach der Sorgfalt der Montage 90 bis 180°, während derselbe bei der neuen Schelle (Abb. 16) rd. 240° beträgt. Die spezifische Flächenpressung ist somit bei der beschriebenen Schelle um mindestens 35 % geringer als bei der Bügelschelle.

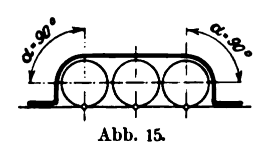


Abb. 15.

In älteren, erweiterungsbedürftigen Anlagen, wo mit besonders ungünstigen Platzverhältnissen zu rechnen ist, kann die nach Abb. 17 ausgebildete Schelle es ermöglichen, auf dem gleichen Raum die doppelte Kabelanzahl wie mit der Schelle Abb. 14 unterzubringen, ohne daß hierdurch die vorerwähnten Vorteile in bezug auf Haltefähigkeit und Übersichtlichkeit verlorengehen (Abb. 18).

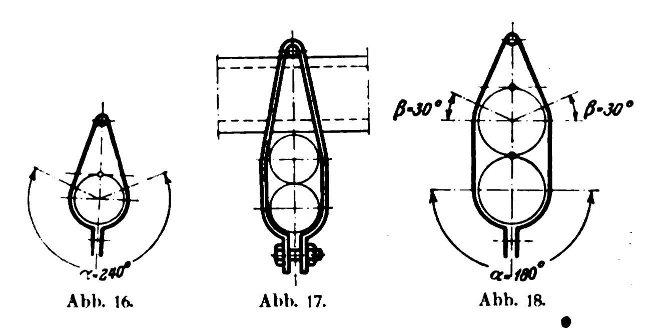


Abb. 16. Abb. 17. Abb. 18.

In bezug auf die Wirtschaftlichkeit der Schelle sind folgende Gesichtspunkte maßgebend: Bei Anwendung dieser Schellen können auf dem gleichen Raum 100 ... 200 % mehr Kabel verlegt werden als bei den älteren bisher gebräuchlichen Anordnungen. Die Herstellungskosten der Schellen sind wegen der einfachen Fabrikation als Massenstanzartikel und durch die Verwendung nur einer Verschlußschraube geringer als bei den bekannten Ausführungen. Die Ersparnisse an Montagekosten können gegenüber der Montage von älteren gebräuchlichen Schellentypen mit 50 ... 80 % bewertet werden. Die Schelle bietet neben den vorerwähnten technischen besonders dort erhebliche wirtschaftliche Vorteile, wo größere Mengen an Kabeln oder Rohrleitungen verlegt werden, wie dieses in Zentralen und Umspannwerken, bei Untergrundbahnen, auf Kriegs- und Handelschiffen, in Telephon- und Rohrpostzentralen, in neuzeitlichen Dampfkessel- und Heizungsanlagen, in Bergwerken usw. der Fall ist.

Die elektrische Alkalileuchte für Grubenbeleuchtung.

Von Dipl.-Ing. **H. Müller**, Zwickau.

Übersicht. Es wird eine Beschreibung der neuzeitlichen, tragbaren elektrischen Grubenleuchte gegeben, deren Stromquelle der von der Firma Friemann & Wolf, G. m. b. H., Zwickau i. Sa., gebaute Nickel-Kadmium-Sammler ist.

In den Grubenbetrieben, welche unter Tage liegen, ist besonders in Schlagwettergruben die Beleuchtungsfrage eine der wichtigsten. Tragbare elektrische Leuchten haben im Bergbau eine immer mehr wachsende Bedeutung erlangt, nicht nur wegen ihrer besseren Leuchtkraft, sondern sie sind auch wegen ihrer Sicherheit und Wirtschaftlichkeit unentbehrlich geworden. Heutzutage wird die elektrische Grubenleuchte nicht nur für besondere Arbeiten oder an Arbeitsplätzen, an denen viel Licht erforderlich ist, benutzt, sondern man ist seit langer Zeit dazu übergegangen, auch die Belegschaften mit elektrischem Geleucht auszurüsten. Es gibt zwei Haupttypen von tragbaren elektrischen Grubenleuchten: solche, die der Bergmann mit der Hand tragen muß, die Handlampe, und solche, die er sich an seiner Kleidung befestigt, die Kopfleuchte. Der innere Aufbau beider Arten ist genau der gleiche, nur die Gestaltung der äußeren Form ist zweckentsprechend eine andere (Abb. 1 u. 6).

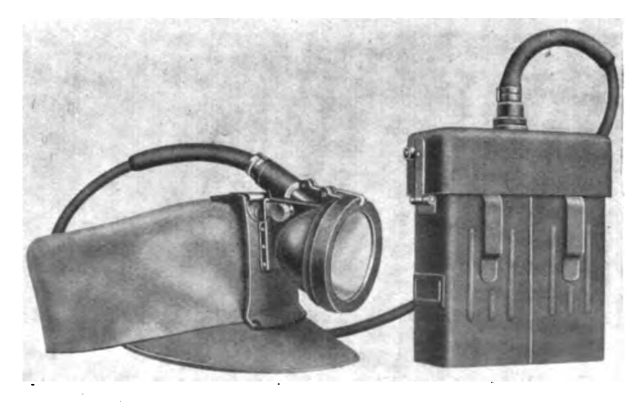


Abb. 1. Wolfsche Alkali-Kopflampe Type 830.

A. Gehäuse.

Die Hauptteile einer neuzeitlichen elektrischen Grubenleuchte sind das Gehäuse, die Stromquelle und die Glühlampe nebst Zubehör (Schalteinrichtung, Tragvorrichtung). Das aus starkem Stahlblech hergestellte Gehäuse besteht aus Unter- und Oberteil. Der Unterteil dient zur Aufnahme des Akkumulators, während der bei den Handleuchten durch Verschraubung, bei den Kopfleuchten durch Schlauchkabel mit demselben verbundene obere Teil zur Aufnahme der Glühlampe und der dazugehörigen Schaltvorrichtungen dient. Um gegen die Beanspruchungen des Grubenbetriebes durch Stöße, Steinfall

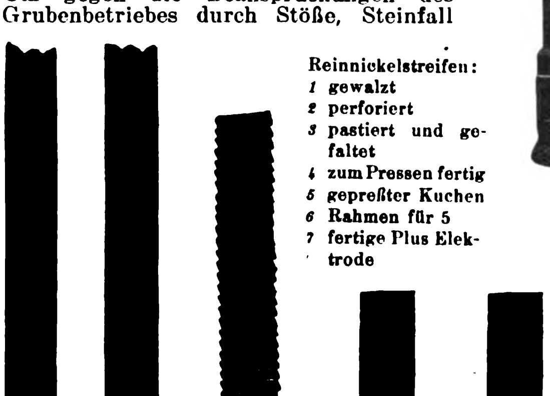




Abb. 2. Fabrikationsgang einer positiven Elektrode.

usw. genügend widerstandsfähig zu sein, muß das Gehäuse, und ganz besonders der Unterteil kräftig gebaut sein. Entsprechenderweise ist entweder eine Verstärkung in Form eines Stutzens oder von eingeprägten Rippen angebracht. Sicheren Schutz gegen Verrosten und Einwirkung säurehaltiger Grubengewässer bietet der Kadmiumüberzug des Stahlblechs. Durch den bekannten Magnetverschluß wird in der Grube ein Öffnen der Leuchte verhindert. Als Tragvorrichtung dient bei den Handleuchten der am Oberteil angebrachte Traghaken, bei den Kopfleuchten ein Leibriemen für den Unterteil, eine Bergmannsmütze für den Oberteil oder das Kopfstück. Als Stromquelle für tragbare elektrische Grubenleuchten finden Blei- und alkalische Akkumulatoren Verwendung, von denen der von der Firma Friemann & Wolf G. m. b. H., Zwickau (Sa.), auf den Markt gebrachte alkalische Nickel-Kadmium-Sammler, der sich auch als Stromquelle für Kesselbeleuchtung, Feuerrohr-, Schaffner-, Zugschluß-, Weichenleuchten usw. eignet, im folgenden kurz besprochen werden soll.

1, 2, 5, 6 wie in Abb. 2
3 Mittelstreifen, gewellt
4 „ gefalzt
7 fertige Minus-Elektrode

1 2 3 4 5 6 7

Abb. 3. Fabrikationsgang einer negativen Elektrode.

B. Akkumulator.

Für die positive Elektrode wird Nickeloxydulhydrat $Ni(OH)_2$ verwendet, das bei der Ladung in eine höhere Oxydationsstufe übergeht. Die negative Elektrode besteht aus Kadmium mit geringer Beimengung von Quecksilber; letzteres dient nur zur Erhöhung der Leitfähigkeit des an



Abb. 4. Leuchtentopf mit ausgebautem Plattensatz.

und für sich schlechtleitenden Kadmiums. Bei der Ladung wird das Kadmiumgemisch zu Metall reduziert. Bei der Entladung erfolgt für beide Elektroden der chemische Vorgang in umgekehrter Richtung. Eine Veranschaulichung der chemischen Vorgänge ergibt sich in folgender Form:

$$Cd + Ni_2O_3 + 3\,H_2O \underset{\text{Entladung}\;\longrightarrow}{\overset{\longleftarrow\;\text{Ladung}}{\rightleftharpoons}} Cd\,(OH)_2 + 2\,Ni\,(OH)_2.$$

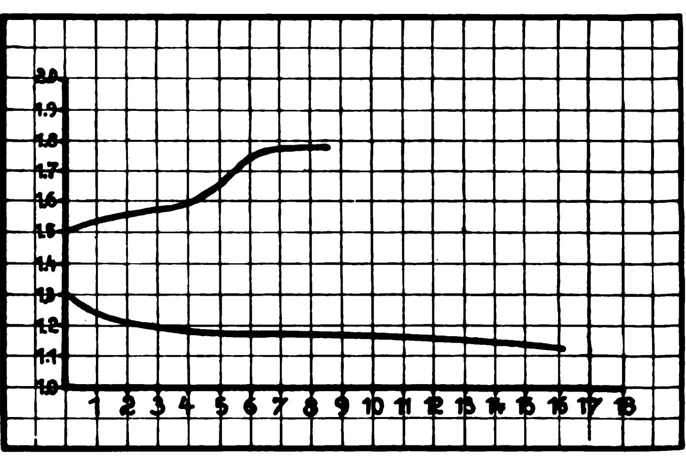


Abb. 5. Lade- und Entladecharakteristik eines alkalischen Sammlers.

Bei dem Lade- bzw. Entladeprozeß geht eine Wasserzersetzung nebenher, indem Sauer- und Wasserstoff gebildet werden, die als Knallgas entweichen, wodurch sich im Laufe der Zeit die Dichte des Elektrolyten erhöht.

Als Elektrolyt dient chemisch reine Kalilauge von 25 ° Bé, die in der Zelle bei den chemischen Vorgängen nur als Stromleiter wirkt. Die richtige Zusammensetzung der Lauge und deren Dichte sind von wesentlichem Einfluß auf die Leistung der Zelle. Infolge der durch die erwähnte Wasserzersetzung dichter und weniger werdenden Lauge muß zur Erhaltung eines Flüssigkeitstandes von 8...10 mm über den Oberrand der Elektroden stark verdünnte Kalilauge von Zeit zu Zeit



nachgefüllt werden. — Mit Hilfe eines Kontrollapparates läßt sich bei geschlossenem Akkumulator sehr leicht feststellen, ob der Laugestand den Vorschriften entspricht. Auch das Nachfüllen geht selbsttätig vor sich. Eine in

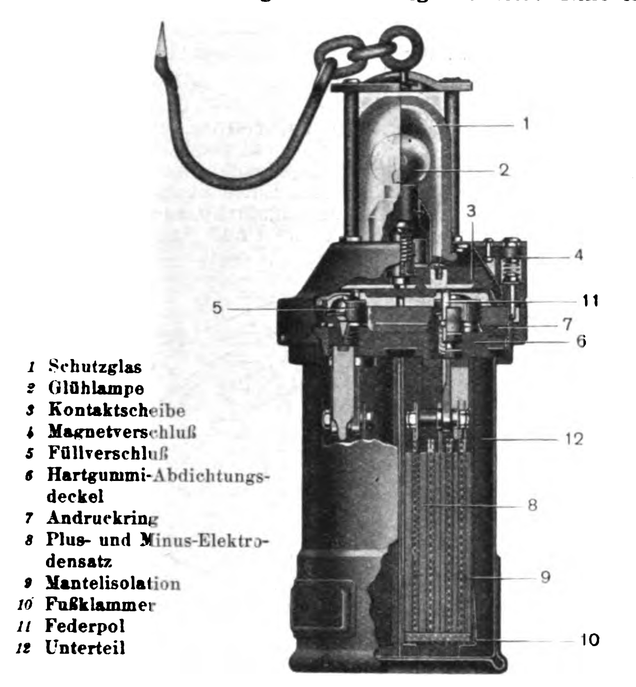


Abb. 6. Alkalilampe mit Nickel-Kadmium-Elektroden.

das Füllwerkzeug eingeschaltete Signallampe glüht auf, sobald der richtige Laugestand wieder erreicht ist.

Als Träger der wirksamen Masse werden sehr dünn ausgewalzte und perforierte (aufgerauhte) Nickelbänder benutzt. Die positive Masse, das Nickeloxydulhydrat, wird als Paste auf diese Bänder aufgetragen, eingefaltet und eingetrocknet. Die negative Masse, das Kadmium-Gemisch, wird dagegen als feines Pulver zwischen zwei gefaltete Nickelbänder eingetragen. Unter starkem Druck zusammengepreßt, ergeben diese mit der wirksamen Masse versehenen Nickelbänder rechteckige metallische Kuchen. In Nickelrahmen eingelegt, bilden diese Kuchen starre, widerstandsfähige Platten[1]. Durch Einpressen und Verschweißen der Kuchen mit dem Rahmen erhält die Masse in sich und mit dem Rahmen guten Kontakt. (Abb. 2 und 3.)

Die so hergestellten Platten werden in einem aus starkem Stahlblech mit Kadmium-Überzug hergestellten Zweizellengefäß, dem sogenannten Leuchtentopf (Leuchtenunterteil) eingebaut (Abb. 4).

In dem Hartgummi-Abschlußdeckel für den Leuchtentopf sind die Pole für zwei hintereinander geschaltete Zellen luftdicht einvulkanisiert. Der Zusammenbau der Platten zu Plattensätzen erfolgt an den aus dem Abschlußdeckel hervorstehenden Polzapfen. Die Anzahl und Größe der Platten richtet sich nach der verlangten Leistung. Die Isolation der positiven und negativen Platten gegeneinander und des gesamten Plattensatzes gegen das Zellengefäß besteht aus besonders behandeltem Hartgummi. In dem Deckel befinden sich außerdem die mit flüssigkeitsdichten Ventilen versehenen Füllöffnungen der beiden Zellen, die während der Ladung geschlossen bleiben. Zum Zwecke einer guten Abdichtung des Deckels gegen den Leuchtentopf ist auf die untere Seite des Deckels Weichgummi aufvulkanisiert. Der Abdichtungsdruck erfolgt je nach Form des Leuchtentopfes durch einen Gewindering oder durch Andruckhebel mit Schraube. Diese von der Firma Friemann & Wolf gewählte Konstruktion gestattet ein leichtes Öffnen des alkalischen Akkumulators zu Reparatur- oder Reinigungszwecken. Die Vorzüge dieser Konstruktion gegenüber den verschweißten Zellen brauchen nicht besonders erwähnt zu werden.

[1] DRP. 238 232, 241 732, 241 733, 242 047, 250 385, 252 707.

Die elektromotorische Kraft einer Zelle beträgt etwa 1,3 V. Der Spannungsverlauf bei der Ladung und Entladung ist aus den Schaulinien der Abb. 5 ersichtlich, welche die Stromstärke in Funktion der Betriebstunden

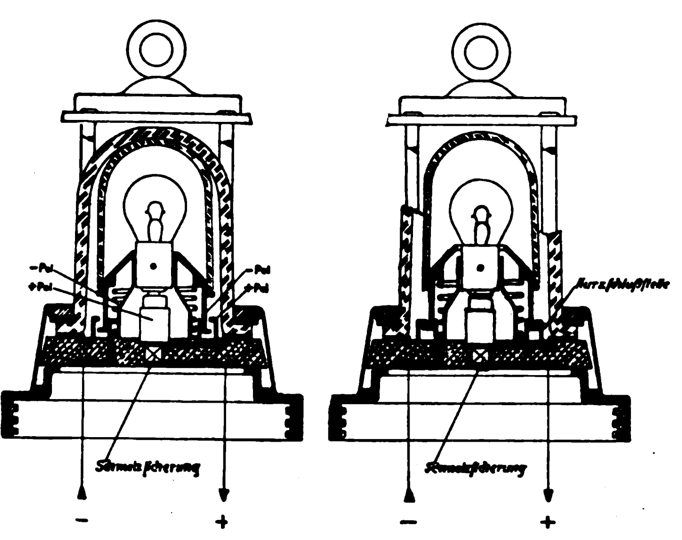


Abb. 7. Leuchtenoberteil mit Bruchsicherung.

wiedergibt. Sie beziehen sich auf die Wolfsche Arbeiter-Handleuchte Type 950/00, welche normal 8,5 h mit 4 A geladen wird und eine 16stündige Entladung mit 1,35 A Entladestrom erreicht.

Starke Überladungen nach völliger Entladung schaden dem alkalischen Sammler auch bei dauerndem Vorkommen nicht viel. Als geladen gilt eine Zelle, wenn die Spannung 1,3 V beträgt und bei Belastung nicht augenblicklich sinkt. Als normal entladen gilt die Zelle, wenn die Klemmenspannung auf 1,1 V gesunken ist. Andere Merkmale für Beendigung der Ladung und Entladung be-

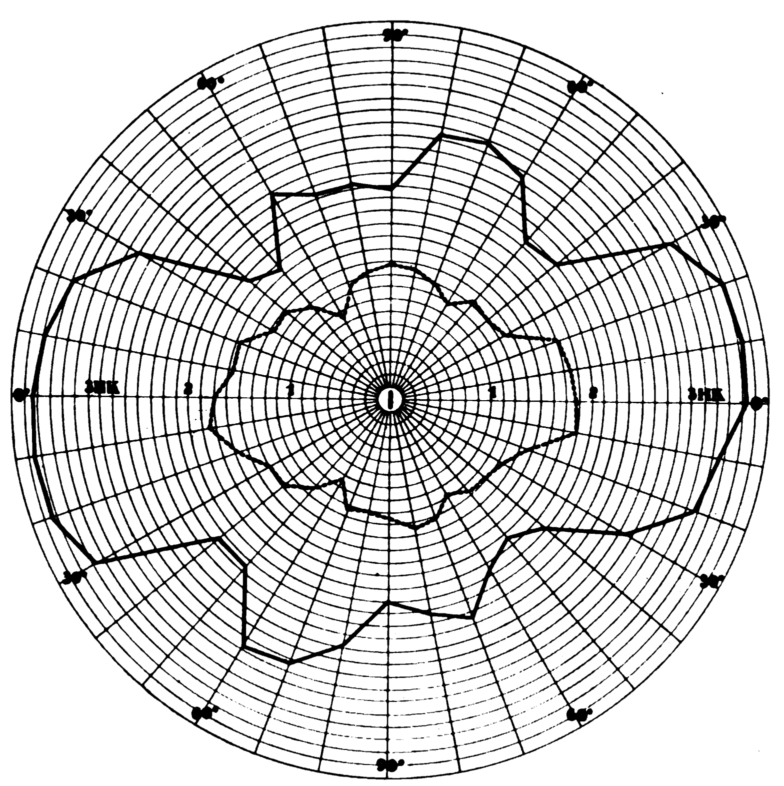


Abb. 8. Graphische Darstellung der Lichtstärke einer elektrischen Handleuchte.

stehen nicht. Laugetemperaturen über + 50° in den Zellen sind zu vermeiden, weil dadurch die Leistung und bei öfteren Wiederholungen auch die Lebensdauer der Zelle leidet.

Die zusammengedrängte Konstruktion der elektrischen Grubenleuchte und die dementsprechend kleinen

Abmessungen des Akkumulators üben einen wesentlichen Einfluß auf seinen Wirkungsgrad aus. Derselbe ist unter diesen Verhältnissen in Amperestunden gemessen etwa 65 %.

C. Zusammenbau und Bedienung.

Die Stromübertragung vom Akkumulator zur Glühlampe erfolgt durch stark gefederte Pole, die auf den in einer Hartgummischeibe einvulkanisierten Kontakten schleifen. Mit diesen zentrisch angeordneten Kontaktlamellen ist die Glühlampenfassung bzw. der Glühlampenfederpol verbunden. Die genannte Anordnung dieser Stromübertragung liegt gut geschützt im Oberteil der Lampe und verhindert ein Verschmutzen durch Kohlenstaub oder eine Oxydation gänzlich (Abb. 6).

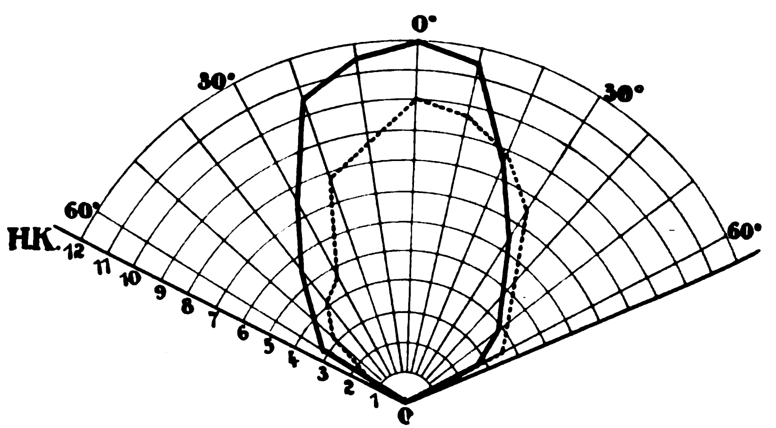
Das Einschalten erfolgt durch Anschrauben des Lampenunterteils an den Oberteil, u. zw., solange, bis die Pole des Akkumulators festen Kontakt mit der Kontaktscheibe geben. Im Augenblick der richtigen Schaltstellung springt der Magnetverschluß ein und verhindert so ein Ausschalten der Lampe durch den Arbeiter in der Grube.

Als Glühkörper finden luftleere oder auch gasgefüllte Glühlampen mit Swan- oder Edisonfassung Verwendung. Der Stromverbrauch schwankt je nach Größe der Lampe in den Grenzen von 0,3 ... 1,5 A. Zum Schutze der Glühlampe dient eine aus starkem Glas bestehende Glasglocke, die ihrerseits wiederum durch Schutzstäbe und Deckel geschützt ist. Zur Erhöhung der Schlagwettersicherheit bei Zertrümmerung der Schutzglasglocke wird oft eine selbsttätige Stromunterbrechung angebracht. Letztere wird durch Kurzschluß und Abschmelzen einer im Stromkreis angebrachten Sicherung im Augenblick der Zertrümmerung der Schutzglasglocke dadurch hervorgerufen, daß eine zweite unter Federdruck stehende Glasglocke sich nach oben bewegen kann. Die Anordnung der Schalteinrichtung ist in Abb. 7 dargestellt. Für die Konstruktion der Kopfleuchte gilt dasselbe, nur daß die Anordnung der selbsttätigen Ausschalteinrichtung sich der Form der Kopfleuchte anpaßt.

Einer der Hauptvorzüge der elektrischen Grubenleuchte und ganz besonders derjenigen mit alkalischem Akkumulator gegenüber der früher verwendeten Benzin Sicherheitsleuchte ist die große Lichtstärke. Sauerstoffverbrauch und Wärmeentwicklung finden nicht statt. Die Leuchtkraft der elektrischen Handleuchte, die noch vor kurzem kaum 1,5 HK erreichte, ist in allerletzter Zeit um über 100 % gesteigert worden (Abb. 8).

D. Vorzüge der Kopfleuchte

Einer Verbesserungsmöglichkeit in der Grubenbeleuchtung durch die Kopfleuchte, die in Amerika und anderen Ländern die größte Verbreitung gefunden hat, ist in Deutschland noch nicht die genügende Aufmerksamkeit geschenkt worden. Eine Kopfleuchte mit einer Glühlampe von 1 HK gibt z. B. auf eine Entfernung von 1 m eine fast dreimal so große Beleuchtungsstärke wie eine Handleuchte von derselben Kerzenstärke auf eine Entfernung von 1½ m. Die Vorteile der Kopfleuchte für die Streckenarbeiter, Spezial-Grubenarbeiter und Rettungskolonnen ergeben sich durch die große Leuchtkraft und Bewegungsfreiheit, da beim Arbeiten das Licht sich stets mit dem Träger der Lampe bewegt, welcher beide Hände zur Arbeit frei hat. Noch erwähnenswert ist der Fortfall jeglicher Schattenbildung und Blendmöglichkeit. Die Lichtstärke und Zusammenfassung des Lichtes sind aus Abb. 9 ersichtlich.



——— Fadenglühlampe 2,6 V, 1,6 ... 0,6 A ------- gasgefüllte Glühlampe 2,6 V, 1,35 A

Abb. 9. Graphische Darstellung der Lichtstärke einer Kopfleuchte.

Hochleistungschalter ohne Öl*.

Von J. **Biermanns**, Berlin.

(Schluß von S. 1079.)

Die Temperatur der ausströmenden Luft ist naturgemäß entsprechend den Schwankungen der Stromstärke innerhalb einer Halbperiode großen Änderungen unterworfen. Die im Unterbrechungslichtbogen in Wärme umgesetzte Energie beträgt bei der Unterbrechung großer Leistungen viele tausend kW, und es ist klar, daß ein wesentlicher Teil dieser Energie zur Erhitzung der Blasluft verwendet wird. Überschlägliche Berechnungen haben gezeigt, daß die verfügbare Energie bei weitem ausreicht, um die ausströmende Luft während des Strommaximums auf Lichtbogentemperatur zu bringen, und daß die Temperatur der ausströmenden Luft fast trägheitslos den durch den periodischen Verlauf der Stromstärke gegebenen Energieschwankungen folgt. Wir können dies gut an den Abb. 22 und 23 verfolgen, welche für zwei typische Fälle für den in einer Halbperiode sich abspielenden Unterbrechungsvorgang den zeitlichen Verlauf der Stromstärke, der Lichtbogenspannung, des Lichtbogenwiderstandes und der Temperatur der ausströmenden Luft wiedergeben. Abb. 22 bezieht sich auf die Unterbrechung einer Stromstärke von etwa 7000 A_{eff} bei einem Druck der Preßluft von 5,5 at. Die entsprechenden Werte sind bei Abb. 23 12 500 A_{eff} und 15 at. Durch die Temperatursteigerung erhöht sich naturgemäß die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft, u. zw., wie Abb. 20 zeigt, auf annähernd 2500 m/s. Maßgebend für den Löschvorgang bleibt indes nach wie vor die Luftgeschwindigkeit zur Nullzeit des Stromes, während der, wie Abb. 22 und 23 zeigen, die Lufttemperatur ihren normalen Wert besitzt und demzufolge eine Strömungsgeschwindigkeit von etwa 500 m/s ergibt, sofern mit einem Druck von mindestens 5 at gearbeitet wird.

Man wird sich nunmehr fragen, wieweit die Höhe des für die Lichtbogenlöschung verwendeten Luftdruckes die maximal erreichbare Schaltleistung beeinflußt. Wenn man Abb. 20 betrachtet, könnte man geneigt sein, anzunehmen, daß eine Erhöhung des Luftdruckes über 5 at hinaus keinerlei Gewinn mehr verspricht. Dem steht indes die Tatsache gegenüber, daß die Durchschlagsfestigkeit von Gasen bekanntlich etwa proportional mit dem Druck ansteigt, je höher also der Luftdruck gewählt wird, einer um so höheren wiederkehrenden Spannung wird die Schaltstrecke nach der Unterbrechung widerstehen können. U. E. treten jedoch die beiden eben angeführten Gesichtspunkte gegenüber einem dritten an Bedeutung zurück, und dies ist die Frage nach der Höhe des im Lichtbogen auftretenden Gegendruckes. Es ist ja ohne weiteres einzusehen, daß die in den Abb. 22 und 23 dargestellte innerhalb $^1/_{100}$ s sich abspielende Temperatursteigerung der Luft auf fast 5000° von einer gewaltigen Volumenvergrößerung des im Bereiche des Lichtbogens befindlichen Luftquantums begleitet ist. Daraus erklärt sich auch die Steigerung der Austrittsgeschwindigkeit der Luft aus der Düse von 500 auf 2500 m/s. Nun darf aber nicht vergessen werden, daß diese Geschwindigkeitssteigerung eine entsprechende nach rückwärts gerichtete Reaktionskraft auslöst. Das ist eben der vom Lichtbogen erzeugte Gegendruck. Wenn dieser Gegendruck die Größenordnung des Blasdruckes erreicht, so wird der ganze Löschvorgang empfindlich gestört werden, da die Strö-

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 28. V. 1929.

mungsgeschwindigkeit der Luft in der Umgebung der Spitze des bewegten Kontaktes verringert wird. Aus den angeführten Gründen geht jedenfalls hervor, daß mit zunehmendem Druck der Blasluft sowohl die unterbrochene Spannung als auch die unterbrochene Stromstärke wachsen, ohne daß sich jedoch heute schon ein einfaches Gesetz über den Zusammenhang dieser Größen angeben ließe.

reihe wurden z. B. bei 10 000 V, 27 000 A, entsprechend 270 000 kVA abgeschaltet. Eine weitere Steigerung der Abschaltleistung ließen die z. Z. der Ausführung der Versuche vorhandenen Betriebsmittel nicht zu. Der Schalter selbst war jedenfalls, wie ein Blick auf die erzielte Lichtbogendauer zeigt, noch lange nicht an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit, wobei die abgeschaltete Leistung immerhin, auf den dreipoligen Satz umgerechnet, schon 540 000 kVA betrug. Zweifache Unterbrechung jeder Phase, wie sie jeder Ölschalter besitzt, würde die beherrschte Leistung ohne weiteres verdoppeln, so daß jedenfalls mit gutem Gewissen behauptet werden kann, daß der von der AEG entwickelte Preßluftschalter heute schon die Leistungsgrenze von 1 Mill kVA mit Sicherheit überschreitet.

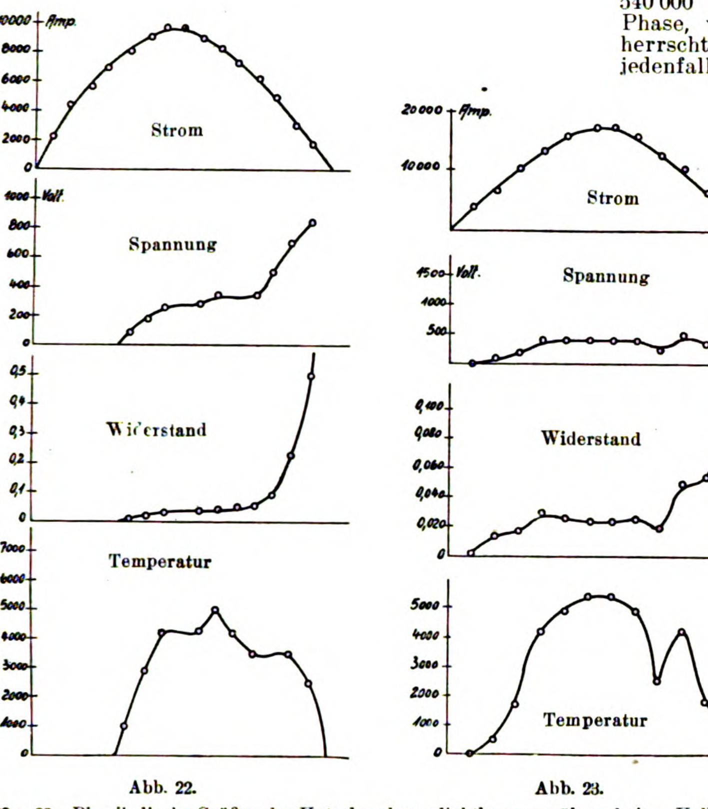


Abb. 22. Abb. 23.

Abb. 22 u. 23. Physikalische Größen des Unterbrechungslichtbogens während einer Halbperiode.

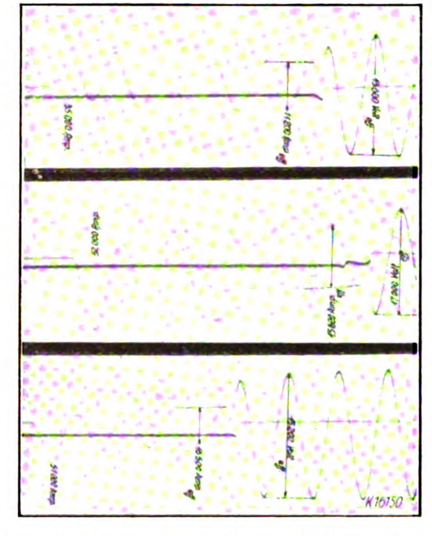


Abb. 24. Oszillogramme des Abschaltvorganges beim Preßluftschalter.

Die Wahl des Löschmittels scheint nicht von ausschlaggebendem Einfluß auf die Leistung des Schalters zu sein. Direkte Schaltversuche haben wohl gezeigt, daß zwischen atmosphärischer Luft und reinem Stickstoff kein merklicher Unterschied besteht. Auch die Verwendung von Gasen, die zur Bildung schwerer Molekülkomplexe befähigt sind, scheint keinen nennenswerten Gewinn zu versprechen, da schon bei Luft die Eigengeschwindigkeit der von der glühenden Elektrode emittierten Ionen so gering ist, daß sie gegenüber der Strömungsgeschwindigkeit des Löschgases keine Rolle spielt.

Es kann nicht meine Absicht sein, hier einen auch nur einigermaßen erschöpfenden Überblick über die zahlreichen mit dem Preßluftschalter ausgeführten Abschaltversuche zu geben. Ich begnüge mich nachstehend mit der Wiedergabe einer einzelnen Versuchsreihe (Zahlentafel 3), die an einem einpoligen, mit einer einzigen Unterbrechungsstelle ausgerüsteten Schalterelement für 15 kV Betriebsspannung (Reihe 20 der R.E.H.) in ununterbrochener Folge ausgeführt wurde. Der Blasdruck wurde im Laufe der Versuche von 5,5 auf 15 at gesteigert, die abgeschaltete Leistung nach deutscher Definition gerechnet von 77 000 kVA auf 265 000 kVA. Bei einer anderen Versuchs-

Die Abb. 24 zeigt drei typische Oszillogramme des Abschaltvorganges. Diese lassen erkennen, daß sich die Lichtbogendauer sehr nach dem Zeitpunkte richtet, in welchem die Trennung der Kontakte erfolgt, und daß, wenn dieser Zeitpunkt günstig zum betriebsmäßigen Nulldurchgang des Stromes liegt, die Unterbrechung fast lichtbogenfrei erfolgt. In keinem Falle ist jedoch die Lichtbogendauer bei dem gewählten Blasdruck von 15 at größer als eine Halbperiode.

Um die Zustandsänderungen der eigentlichen Schaltstrecke während des Abschaltvorganges genauer untersuchen zu können, wurden Zeitlupenaufnahmen durch einen in die Schaltkammer geschnittenen Schlitz hindurch vorgenommen. Es wurden in einer Halbperiode zehn Aufnahmen gemacht, so daß also auf jede Tausendstelsekunde eine Aufnahme entfällt. In Abb. 25 sind drei typische Aufnahmen gezeigt, die sich auf Unterbrechung bei Stromdurchgang durch Null, also mit sehr kurzer Lichtbogendauer, dann auf eine Lichtbogendauer von einer Halbperiode und endlich auf eine Lichtbogendauer von drei Halbperioden beziehen. Bei der letzteren Aufnahme wurde die Lichtbogendauer künstlich vergrößert, um zeigen zu können, daß zwar bezüglich der Lichtstärke

Zahlentafel 3. An einem einpoligen Schalterelement ausgeführte Abschaltversuchsreihe.

Vers. Nr.	Blasmedium	Blasdruck atü	äussere Reaktanz einer Phase Ω	Erregerstrom des Generators A	Strom bei Beginn der Unterbrechung A	Wiederkehrende Spannung V	abgeschaltete Kurzschl.-Leistung kVA	Lichtbogendauer in Halbperioden	wurde der Kurzschluß abgeschaltet?	Bemerkungen
1	Preßluft	5,5	0	200	8 000	9 600	77 000	1,5	ja	
2	„	„	„	280	10 000	11 800	118 000	2,5	„	
3	„	15	„	260	10 000	11 800	118 000	1	„	
4	„	„	„	380	11 200	13 000	151 000	0,5	„	
5	„	„	„	480	12 800	15 100	201 000	1	„	
6	„	„	„	580	15 400	16 800	256 000	1	„	
7	„	„	„	600	15 600	17 000	265 000	1	„	Nur wenig Abbrand. Kontakte noch brauchbar. (S. Photographie Abb. 27.)



eine deutliche Polaritätserscheinung besteht, obwohl eine solche sich bezüglich des eigentlichen Unterbrechungsvorganges nicht nachweisen ließ. Die Bilder lassen deutlich den geringen Querschnitt der Lichtbogensäule und des Lichtbogen-Fußpunktes in den Momenten erkennen, in denen sich der Strom in der Nähe der Nullinie befindet.

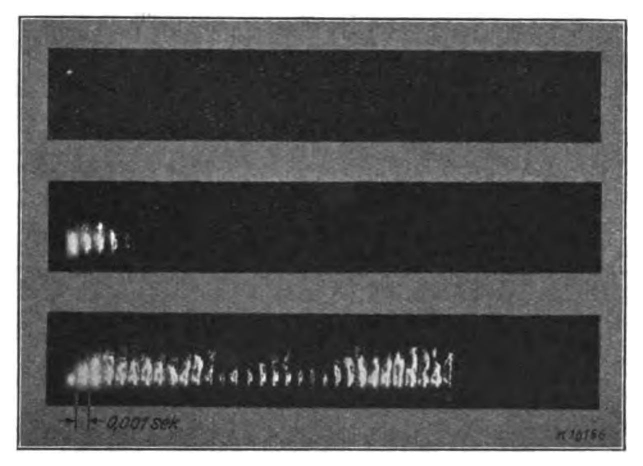


Abb. 25. Zeitlupenaufnahmen des Unterbrechungsvorganges.

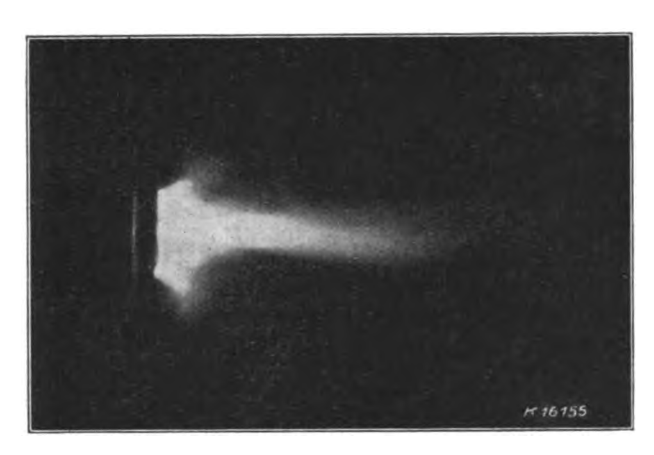


Abb. 26. Bei Abschaltung von 250 000 kVA ausgestoßene Feuersäule.

Abb. 26 zeigt eine während des Abschaltens aufgenommene Photographie des Schalters und läßt erkennen, daß die ausgestoßene Lichtbogensäule keine übermäßig große Länge besitzt. In Abb. 27 sind nebeneinander ein neuer Kontakt und derjenige Kontakt aufgenommen, der die ganze in der Zahlentafel 3 wiedergegebene Versuchsreihe mitgemacht hat. Man sieht, daß nach der doch gewiß schweren Beanspruchung des Schalters der Kontaktabbrand sehr mäßig ist. Bei einem Ölschalter würden jedenfalls die Kontakte sich in einem ganz wesentlich schlechteren Zustand befinden.

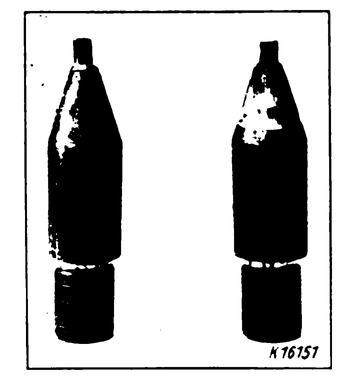


Abb. 27. Schalterkontakt vor und nach Durchführung der Versuchsreihe nach Zahlentafel 3.

Wenn man den Schalter offen ausblasen läßt, ist das von ihm verursachte Geräusch ziemlich beträchtlich und geeignet, ahnungslos des Weges kommende Mitbürger erheblich aus der Ruhe zu bringen. Das Geräusch läßt sich indes fast vollständig beseitigen, wenn man die Ausströmdüse des Schalters unter Verwendung eines zweckmäßig geformten Anschlußstückes in einen Schornstein münden läßt. Da man die Verbrennungsrückstände des Lichtbogens ohnehin nicht in den Schaltraum blasen kann, ist diese Maßregel von vornherein erforderlich.

Von einigen Seiten wurde das Bedenken geäußert, daß der Preßluftschalter beim Abschalten leerlaufender Transformatoren infolge seiner energischen Löschwirkung (zu großes di/dt) zu hohen Überspannungen führen könnte. Abb. 28, die das Oszillogramm des Abschaltvorganges eines 1000 kVA-Transformators mittels Preßluftschalters zeigt, beweist, daß die geäußerten Bedenken gegenstandslos sind, das gezeigte Oszillogramm bringt von allen Aufnahmen die höchste Überspannung und läßt erkennen, daß diese nicht höher als bei jedem Ölschalter ausfällt. Das Abschalten rein kapazitiver Kreise zeitigte keinerlei erkennbare Überspannungen, es trat auch in keinem Falle eine

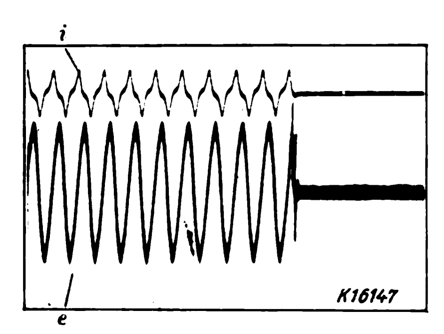


Abb. 28. Abschaltung eines leerlaufenden Transformators, 1250 kVA, 6240/225 V mit Preßluftschalter.

Rückzündung des Unterbrechungslichtbogens unter dem Einfluß der auf der Kapazität liegen bleibenden Ladung auf.

Auf Grund der ausgeführten Versuche wurde zunächst ein dreipoliger Preßluftschalter der Reihe 10 entwickelt, dessen Aufbau Abb. 29 schematisch darstellt. Der dreipolige Satz baut sich auf einem allen drei Phasen gemeinsamen runden Luftkessel auf, der die für einen Aus- und Einschaltvorgang benötigte Luftmenge liefern kann. Die Zuleitung zu der Blaskammer ist, um Druckverluste zu vermeiden, kurz und weit, ebenso hat das Ausschaltventil einen reichlichen Durchtrittsquerschnitt. Die eigentliche Schaltkammer ist schräg unter einem Winkel von 45 ° angeordnet, um sowohl mit der ausgestoßenen Luft als auch mit den Stromzuleitungen bequem nach allen Richtungen abgehen zu können. Die Ausströmdüse wird mittels eines sich konisch erweiternden keramischen Körpers mit einem ins Freie führenden, aus normalem Baumaterial hergestellten Schornstein verbunden. Der die Aus- und Einschaltung besorgende Schaltzylinder ist allen drei Phasen gemeinsam, die vielleicht etwas umständlich anmutende Verbindung zwischen Schaltzylinder und beweglichem Kontakt mittels Drehachse und Gestänge er-

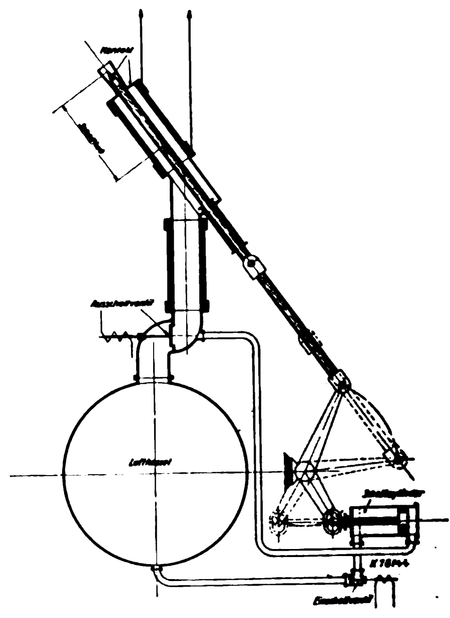


Abb. 29. Schematische Darstellung des dreipoligen Preßluftschalters für 15 kV Betriebspannung.



wies sich als konstruktiv am zweckmäßigsten. Abb. 30 zeigt nebeneinander gestellt die äußeren Abmessungen des Preßluftschalters im Vergleich zu denen eines entsprechenden Ölschalters der Reihe 10. Man sieht, daß der

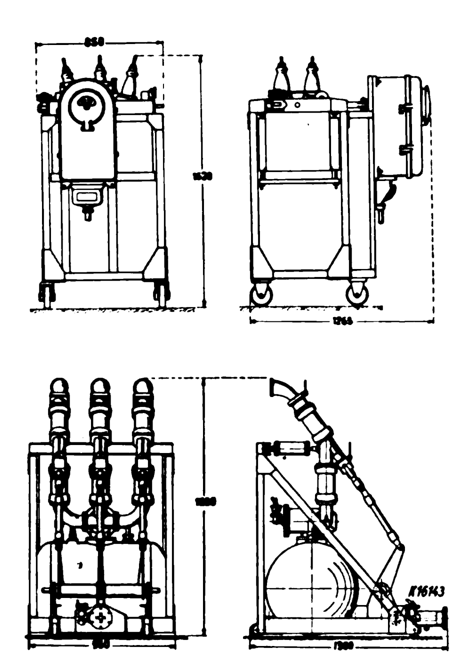


Abb. 30. Vergleich des Raumbedarfs eines Ölschalters und eines Preßluftschalters.

Preßluftschalter sich in jede für den entsprechenden Ölschalter bestimmte Schalterzelle einbauen läßt. Abb. 31 endlich gibt die äußere Ansicht eines ausgeführten Preßluftschalters der Reihe 10, der für Betriebspannungen bis 15 kV verwendbar ist und Abschaltleistungen bis 500 000 kVA mit Sicherheit beherrscht.

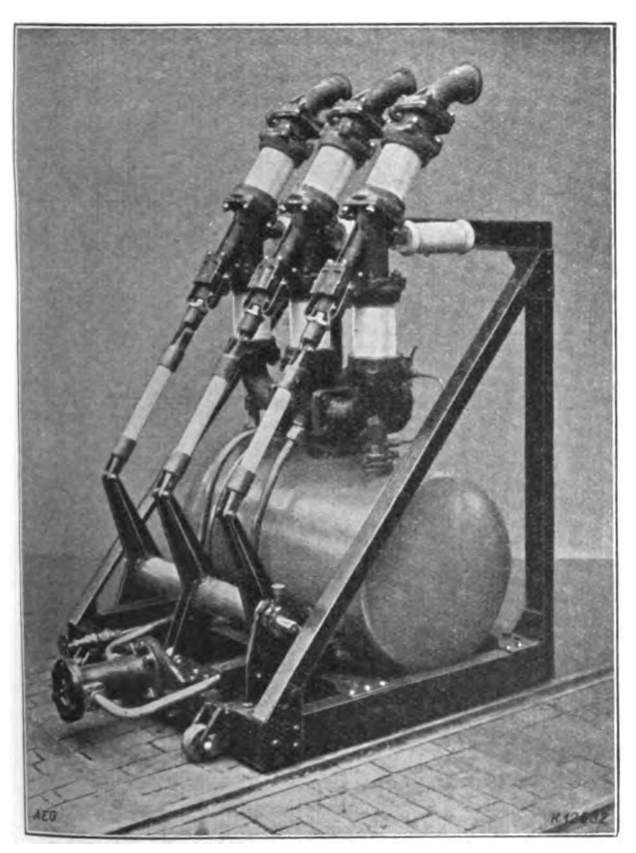


Abb. 31. Dreipoliger Preßluftschalter Reihe 10, 600 A.

Da beim Preßluftschalter infolge Fehlens brennbarer Substanzen keine Feuer- bzw. Explosionsgefahr besteht, kann sein Einbau in eine Schaltanlage wesentlich zwangloser erfolgen als wir dies bei Ölschaltern gewohnt sind. Die verhältnismäßig schweren Abschlußwände zwischen Ölschalterzelle und Schaltanlage können wesentlich leichter gehalten werden, die Zelleneinteilung wird man wegen der Möglichkeit gefahrlosen Arbeitens bei unter Spannung stehenden Nachbarfeldern zweckmäßig beibehalten. Man ist auch insofern wesentlich ungebundener, als die Preßluftschalterzelle, wie dies heute bei Ölschaltern allgemein verlangt wird, nicht ins Freie zu führen braucht. Endlich fallen die recht kostspieligen Ölabflußleitungen und Ölsammelgruben fort. Statt dessen wird lediglich ein ins Freie führender, zur Wegleitung der ausgeblasenen Preßluft dienender Schornstein benötigt. Abb. 32, die nebeneinander

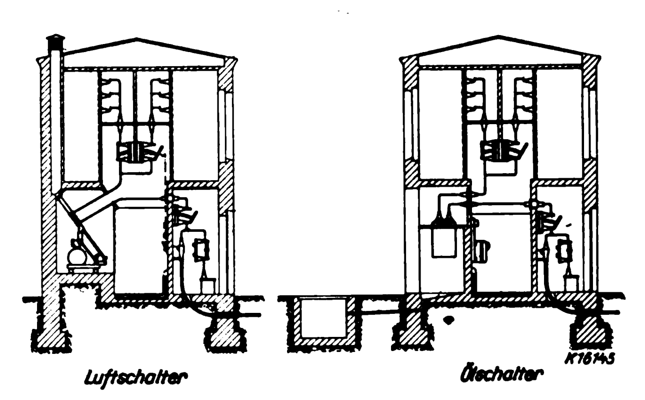


Abb. 32. Querschnitt durch eine Hochspannungsanlage bei Verwendung von Luftschaltern und Ölschaltern.

gestellt zwei einander entsprechende Schaltanlagen darstellt, von denen die eine mit Ölschaltern, die andere mit Preßluftschaltern ausgerüstet ist, läßt erkennen, daß eine nicht unwesentliche Raumersparnis durch die Verwendung des Preßluftschalters ermöglicht ist und daß ferner der Einbau des Schornsteins keine Schwierigkeiten bereitet. Es sei noch bemerkt, daß alle beweglichen, in gewissen Zeitabständen eine Kontrolle erfordernden Teile des Preßluftschalters vorn liegen und vom Bedienungsgang aus, von dem aus eine Tür in die Schalterzelle führt, bequem zugänglich sind. Nach dem Bedienungsgange zu kann der Schalter im Falle größerer Reparaturen herausgefahren werden.

Es sei nochmals betont, daß die Beibehaltung der Schalterzellen nur mit Rücksicht auf den Schutz gegen Spannungsberührung des die Schalter revidierenden Personals erfolgt ist. Auch im Falle des Versagens eines Preßluftschalters, also beim Stehenbleiben des Unterbrechungslichtbogens sind keinerlei äußerlich bemerkbaren Erscheinungen zu befürchten, es erfolgt lediglich ein verstärkter Ausstoß von Metalldämpfen aus der Ausströmdüse, die durch den Schornstein gefahrlos ins Freie hinausgeblasen werden.

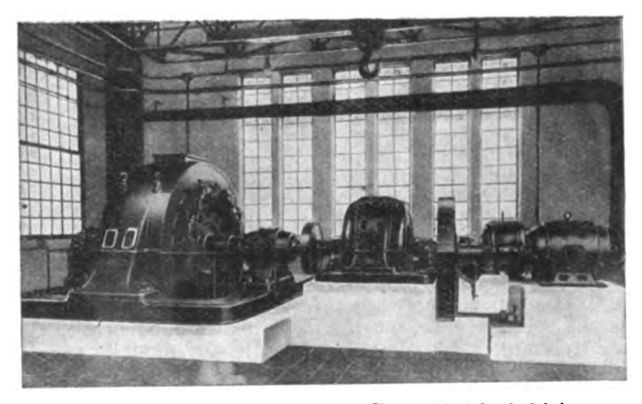


Abb. 33. Alter Kurzschlußgenerator. Kurzschlußabschaltleistung 150 000 kVA.

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß jeder Preßluftschalter einen Luftbehälter, der für einen Schaltzyklus ausreicht, besitzt. Es erübrigt sich lediglich noch die

Bereitstellung eines für die ganze Schaltanlage gemeinsamen Kompressors, der verhältnismäßig klein gehalten werden kann, da die Vorratsbehälter der einzelnen Schalter als gegenseitige Reserve dienen. Durch Rückschlagklappen wird man sie allerdings zweckmäßig gegen eine zu starke Entleerung bei einem Hängenbleiben des Ventils irgendeines Schalters schützen. Es gibt heute sehr betriebsichere, wenig Raum beanspruchende und preiswerte Kompressoren, die mit einer selbsttätigen Einrichtung versehen sind, die sie nur solange in Betrieb hält als ein Nachschub von Preßluft gebraucht wird. Für Drücke von 6 ... 8 at, die für Schalter mittlerer Leistung ausreichen, werden einstufige Kompressoren, für Drücke bis 15 at, die für die größten in Frage kommenden Leistungen ausreichen, werden zweistufige Kompressoren gebraucht.

Man kann sagen, daß die gegenüber einem normalen Ölschalter etwas höheren Anschaffungskosten des Preßluftschalters durch Ersparnisse an Gebäudekosten leicht ausgeglichen werden können. Die Kontrolle des Öles nach Kurzschlüssen und die Auswechselung desselben wird ebenfalls vermieden.

5. Beschreibung des Hochleistungs-Prüffeldes der AEG.

Die AEG hat bereits vor fast 20 Jahren die Bedeutung des Besitzes einer eigenen Versuchsanlage für Hochleistungs- und Hochstromprüfungen erkannt und aus dieser Erkenntnis die nötigen Schlußfolgerungen gezogen. So entstand damals eine Kurzschluß-Versuchsanlage, die erstmalig vor 13 Jahren in der ETZ[3] beschrieben wurde. Hier sei nur in Abb. 33 ein Blick auf den Maschinensatz dieser Anlage gegeben, der aus einem Drehstromgenerator mit einer normalen Leistung von 15 000 kVA bei 500 U/min mit zugehörigem Antriebs- und Anwurfmotor besteht. Der Generator ergab Drehstromkurzschluß-Abschaltleistungen bis 150 000 kVA, die zur damaligen Zeit weitaus genügend waren, um die meisten der vorhandenen Ölschalterkonstruktionen, insbesondere bei Anwendung der Kunstschaltung, bis zur Zerstörung zu prüfen. Diese Kurzschluß-Versuchsanlage blieb lange Jahre hindurch die einzige ihrer Art in der ganzen Welt.

In dem Maße wie die Entwicklung elektrischer Anlagen Schalter immer größerer Leistungsfähigkeit bedingte, wuchsen die von der Praxis verlangten Abschaltleistungen der Versuchsanlage mit der Zeit hoffnungslos über den Kopf. Um weiterhin sich an der Entwicklung der Schalter maßgebend beteiligen zu können, die nun einmal nur auf der Grundlage großzügiger Kurzschlußversuche möglich ist, mußte die AEG sich zu einer ganz wesentlichen Vergrößerung ihrer alten Kurzschluß-Versuchsanlage entschließen. In Ausführung dieses Entschlusses wurde vor etwa 1½ Jahren mit einer ganz wesentlichen Erweiterung des Versuchsfeldes und mit der Aufstellung eines Drehstromgenerators von solcher Leistung begonnen, daß die nunmehr zur Verfügung stehende Abschaltleistung auf etwa 1 Mill kVA gesteigert werden kann.

Abb. 34 zeigt einen Grundriß der ganzen Versuchsanlage mit Maschinen, Beobachtungs- und Versuchsraum sowie den für schwere Schaltversuche bestimmten Versuchsgruben. Der in Abb. 35 dargestellte Generator ist als Schnelläufer mit einer minutlichen Umdrehungszahl von 1500 ausgeführt. Seine Streureaktanz konnte durch besondere Wicklungsanordnung so klein gehalten werden, daß er eine Einschaltstoßleistung von etwa 2,5 Mill kVA ergibt. Er wird von einem Antriebsmotor mit einer normalen Leistung von 1100 kW angetrieben, der jedoch so überlastbar ist, daß der Generator in 20 min vom Stillstand auf volle Umdrehungszahl gebracht werden kann. Die Lagerreibung der Ruhe wird mittels eines Anwurfmotors mit Zahnradvorgelege überwunden, der gleichzeitig die Erregermaschine antreibt. Abb. 36 gibt einen Blick auf den Maschinensatz von der Antriebseite aus. Die Spannung des Generators die normal 13 000 V

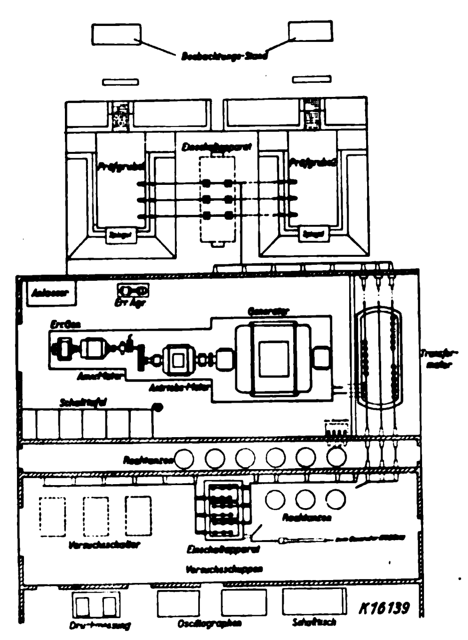
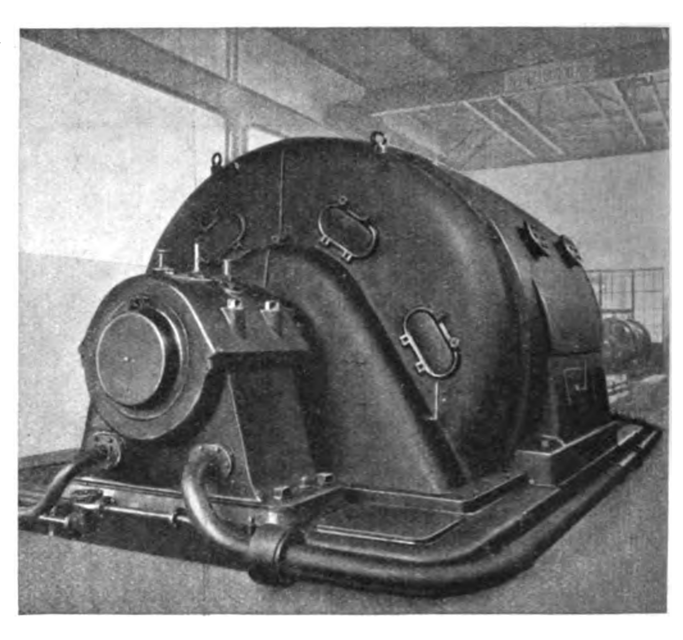
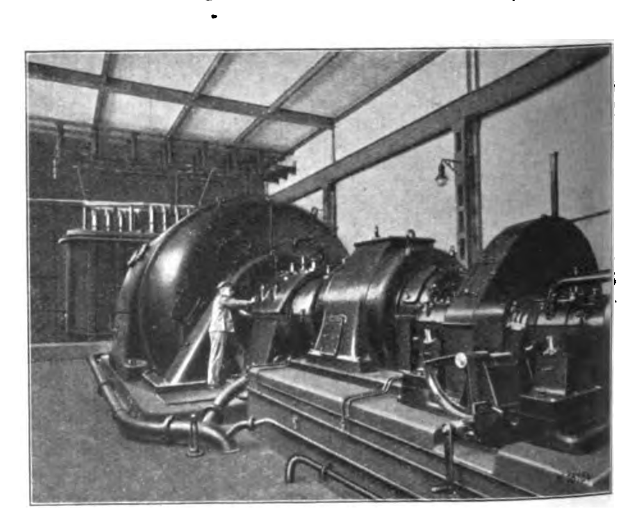


Abb. 34. Neue Kurzschluß-Versuchsanlage der AEG.


Abb. 35. Neuer Kurzschlußgenerator, 1500 U/min, 50 Hz. Kurzschlußabschaltleistung 1 Mill kVA.


Abb. 36. Neuer Kurzschlußgenerator, Antriebseite.

[3] G. Stern und J. Biermanns, Ölschaltversuche. ETZ 1916 S. 617 u. 635. Beschreibung der Versuchsanlage auf S. 636.

beträgt, kann mittels eines auf Abb. 36 im Hintergrund zu sehenden Transformators mit einer aus acht getrennten Wicklungsgruppen bestehenden Sekundärwicklung durch entsprechende Parallel- oder Reihenschaltung dieser Gruppen auf alle zwischen 15 000 und 125 000 V liegenden Reihenspannungen erhöht werden, so daß jeder zu untersuchende Schalter mit seiner richtigen Spannung geprüft werden kann. Da der Transformator (Abb. 37), auf seine normale Leistung von 100 000 kVA bezogen, nur

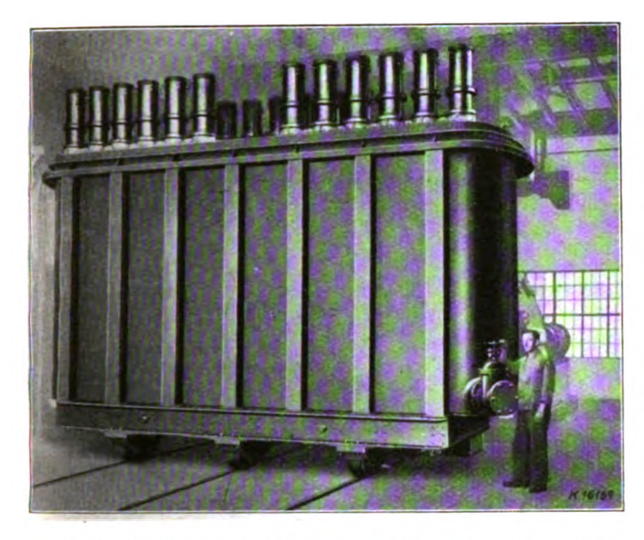


Abb. 37. Transformator, Nennleistung 100 000 kVA, Kurzschlußspannung 3%, Sekundärspannung 15...125 kV in 8 Stufen.

eine Kurzschlußspannung von etwa 3 % besitzt, drosselt er die Kurzschlußleistung des Generators nur wenig herunter. Eine Reihe von zwischen Generator und Transformator liegenden, mit Anzapfungen versehenen Strombegrenzungs-Drosselspulen gestattet, die Kurzschlußleistung bei gleichbleibender Spannung in Stufen von je 20 % zu verändern.

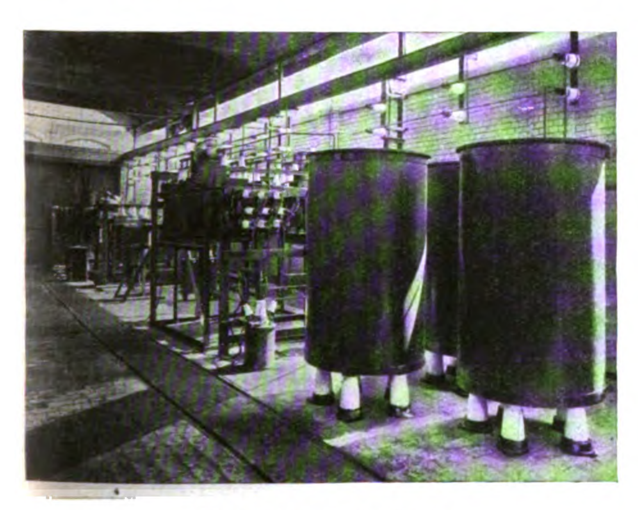


Abb. 38. Alter Versuchsraum.

Abb. 38 gibt einen Blick in den alten Versuchsraum wieder, in dem auch heute noch Abschaltversuche bis zu einer Leistung von etwa 300 000 kVA ausgeführt werden.

Abb. 39 gibt einen Anblick der schwer armierten Versuchsgruben, die für Kurzschlußversuche mit größeren Leistungen benutzt werden. Die Beobachtung der Versuchschalter erfolgt durch Spiegel aus ungefährlicher Entfernung.

Abb. 40 endlich gibt einen Anblick des Kommando- und Oszillographenraumes. Selbstverständlich ist in der neuen Anlage die Möglichkeit vorgesehen, den alten und den neuen Generator parallelzuschalten, so daß gleichzeitig auch noch interessante Versuche über Stabilitätserscheinungen und ähnliches ausgeführt werden können.

In der eben beschriebenen Versuchsanlage wurden die zur Entwicklung des Preßluftschalters führenden Versuche ausgeführt.

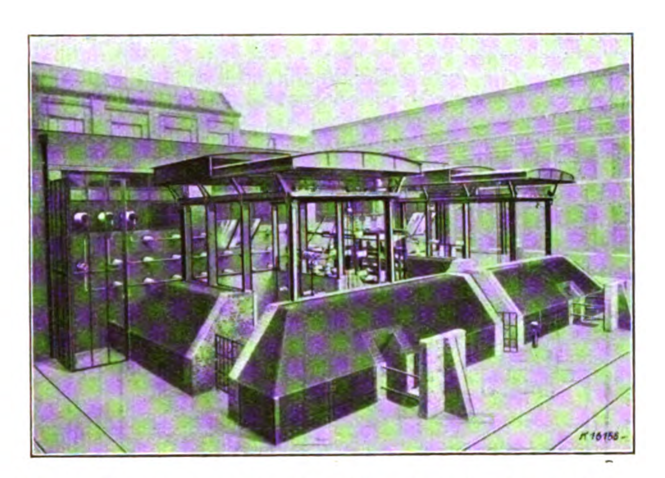


Abb. 39. Ölschalter-Versuchsanlage, Versuchsstände. In der Mitte Einschaltapparat. Beobachtung durch Spiegel.

6. Schlußwort.

Zum Schluß verbleibt mir die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Ruppel dafür zu danken, daß er uns Gelegenheit zu so angenehmer Zusammenarbeit gab. Die Entwicklung und Durchbildung des betriebsfertigen Schalters, wie Sie ihn im Lichtbild gesehen haben, hat der aufopferungsvollen Tätigkeit aller meiner daran be-

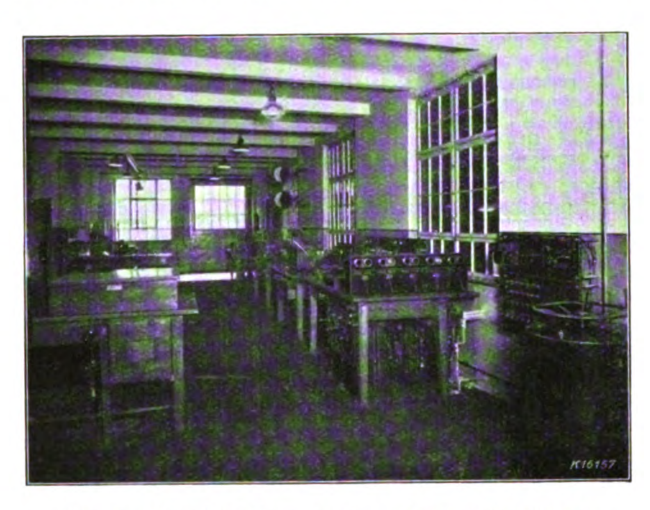


Abb. 40. Kurzschluß-Versuchsanlage, Meß- und Schaltraum.

teiligten Mitarbeiter bedurft, denen es in verhältnismäßig kurzer Zeit gelungen ist, einen doch auf vollkommen neuer Grundlage zu entwickelnden Schaltapparat von der Ihnen vorgeführten Leistungsfähigkeit zu schaffen. Auch ihnen sei an dieser Stelle gedankt. Es wäre vermessen, jetzt schon in diesem hier gezeigten Schalter die endgültige Lösung des explosionssicheren Wechselstrom-Hochleistungsschalters sehen zu wollen. Es wird dazu noch einer vertrauensvollen Zusammenarbeit mit den Elektrizitätswerken bedürfen, denn die Erfahrungen der Praxis werden letzten Endes die letzte und nicht die leichteste Prüfung des Schalters bilden müssen.

Gußgekapselte Verteilungen in Vertikal- und Horizontalanordnung*.

Von Dr. K. von der Dunk, Frankfurt a. M.

Übersicht. Der Aufsatz enthält eine Beschreibung der Anordnung gekapselter Verteilungsanlagen mit absenkbaren Doppelölschaltern (Vertikalanordnung) und solcher mit ausfahrbaren Ölschaltern (Horizontalanordnung).

Trotz der guten Erfahrungen, die man schon seit langem mit gekapselten Hochspannungsverteilungen in industriellen Betrieben gemacht hat, wird für größere Anlagen doch die offene Bauweise bevorzugt. Der Platz-

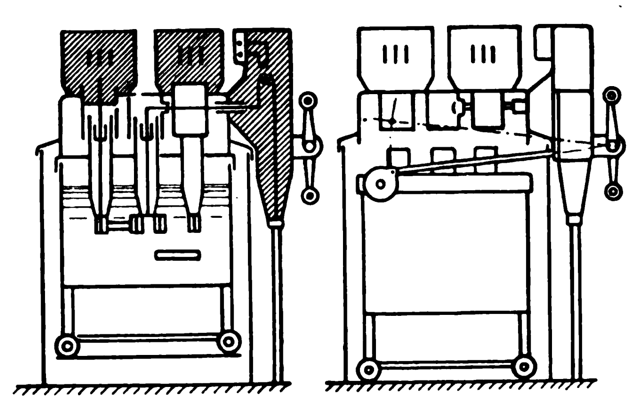


Abb. 1. Gekapselte Verteilung in Vertikalanordnung, betriebsfertig und mit abgesenktem Ölschalter. (Schraffierte Teile mit Masse vergossen.)

mangel, der sich besonders in städtischen Netzen fühlbar macht (Bau neuer Unterwerke bzw. Erweiterung bestehender Anlagen) hat jedoch dazu geführt, im Schaltanlagenbau neue Wege zu gehen. Die nachstehend beschriebenen gußgekapselten Verteilungen, die von der Voigt & Haeffner A. G. gebaut werden, sollen diesem Bedürfnis entsprechen und vorwiegend dort Verwendung finden, wo nur

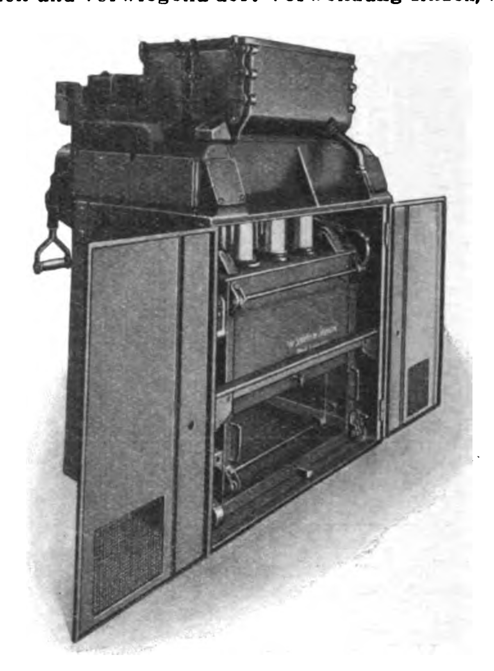


Abb. 2. Rückseite eines Ölschalterfeldes. Ölschalter abgesenkt. Zellentüren geöffnet.

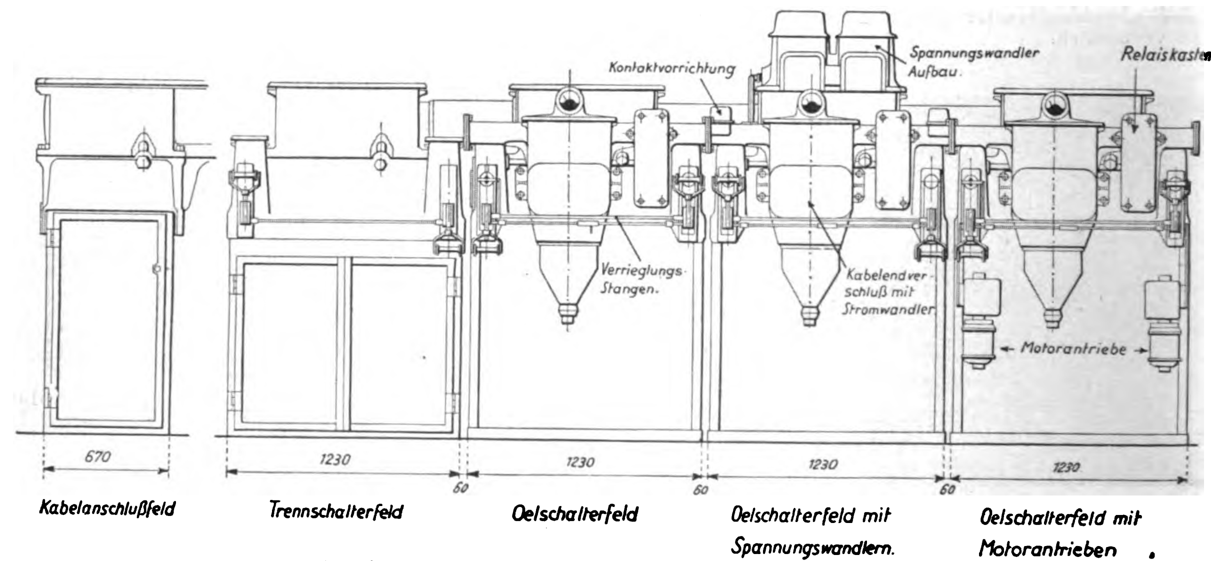
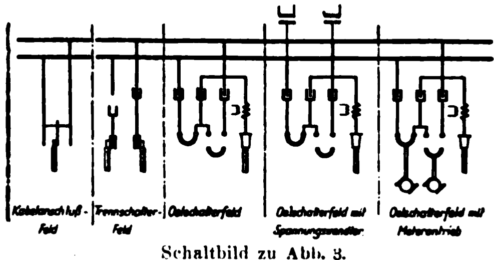


Abb. 3. Aufbau und Maße der verschiedenen Ausführungen von Verteilungsfeldern in Vertikalanordnung.



Schaltbild zu Abb. 3.

beschränkter Platz zur Verfügung steht und unbedingte Betriebssicherheit verlangt wird.

Der grundsätzliche Aufbau der gekapselten Verteilung (Ölschalterfeld) entspricht einer Schaltanlage mit Doppelsammelschienensystem und wird durch einen senkrecht nach unten ausfahrbaren Doppelölschalter gekennzeichnet. Dieser ist in eine aus starkem Eisenblech und Winkeleisen bestehende Zelle eingebaut (Abb. 1). Die Zelle trägt oben, in zwei rechteckige Kasten gebettet, die mit Masse vergossenen Sammelschienensysteme, auf der Vorderseite einen Kabelendverchluß mit zwei Stromwandlern und einem Strommesser, daneben ein Gehäuse mit zwei Überstromrelais (Stromwandlerauslösung) und zwei wei-

* S. a. Brobst, ETZ 1925, S. 1285 sowie Büchner, VDE-Fachberichte 1928, S. 59.



tere Gehäuse für Signalkontakte. In die Zelle hinein ragen nach unten die becherförmigen Durchführungen mit den Steckerstiften für die beiden Sammelschienensysteme und den Kabelendverschluß. Diesen entsprechen neun als Steckvorrichtungen ausgebildete Durchführungen des Doppelölschalters, deren äußere Gruppen zu den beiden Sammelschienensystemen führen, während die mittlere Gruppe die Verbindung mit dem Kabelendverschluß herstellt.

Der Doppelölschalter enthält zwei getrennt arbeitende Ölschalter. Er hat also zwei Traversen, zwei Schlösser und zwei Auslösespringer und ermöglicht ein völlig unabhängiges Schalten seiner beiden Teile. Auch ein Umschalten von einem Sammelschienensystem auf das andere läßt sich durch zwei Schaltbewegungen so schnell ausführen, daß die Spannung nur einen kurzen Augenblick unterbrochen wird. Durch eine einfache Verriegelung kann der eine Schalter nur eingelegt werden, wenn der andere ausgeschaltet ist.

Der Doppelölschalter ruht auf einer Bühne, die durch einen Kurbelantrieb gehoben wird (Abb. 2). Durch Rollen erhält er eine Führung an besonderen Führungsleisten der Zellentüren, wobei ein als Anzeigevorrichtung ausgebildeter Riegel ein Öffnen der Türen bei hochgekurbeltem Schalter unmöglich macht. Durch eine andere ebenso einfache Verriegelung ist ein Herablassen der Schalterbühne und damit ein Öffnen der Steckkontakte unter Last verhindert, wenn einer der beiden Schalterteile eingeschaltet ist. Die Fingerkontakte sind für 350 A bemessen. Die Hartpapiertraversen werden durch Öldämpfungspuffer in ihrer Bewegung aufgefangen. Die Schalter werden über Stromwandler und Überstromrelais durch die Springer zur Auslösung gebracht.

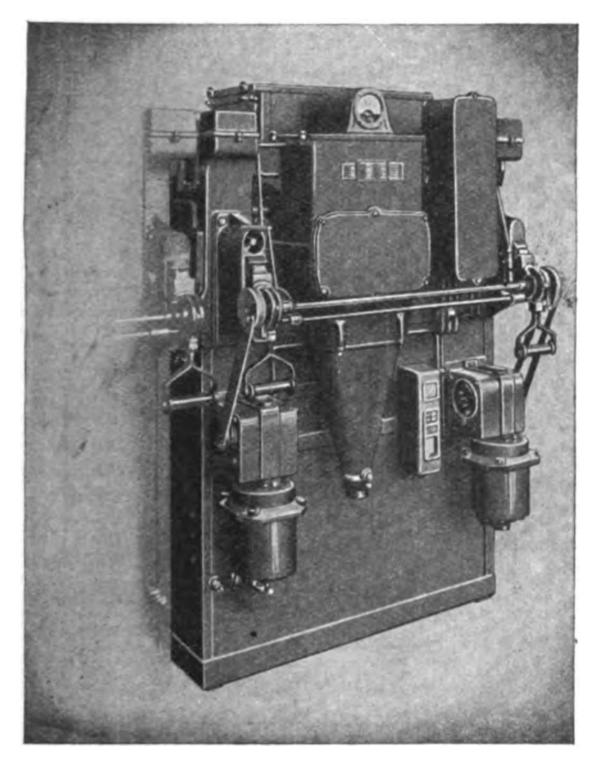


Abb. 4. Ölschalterfeld in Vertikalanordnung mit Motorantrieben zur Fernsteuerung.

Das Aneinanderreihen mehrerer Einheiten geschieht durch trennmesserartiges Ineinanderstecken und Verschrauben der Sammelschienen. Die zwischen den Sammelschienenkasten benachbarter Felder freiliegenden Teile der Sammelschienen werden durch Schutzhauben abgedeckt.

Im Verfolg der gleichen Konstruktionsgrundsätze wurde als Ergänzung der Ölschalterfelder ein Trennschalterfeld geschaffen, welches zwei dreipolige Trennschalter für max. 1000 A enthält. Die Betätigung erfolgt in gleicher Weise bei gegenseitiger Verriegelung wie bei dem Doppelölschalter. Zum Anschluß der Kabel bei den meist in Frage kommenden höheren Stromstärken dient weiter ein Kabelanschlußfeld. In einer geschlossenen Anlage kann ein Ölschalterfeld einen Spannungswandleraufbau erhalten, um Verrechnungszähler anschließen zu können (Abb. 3 und 4).

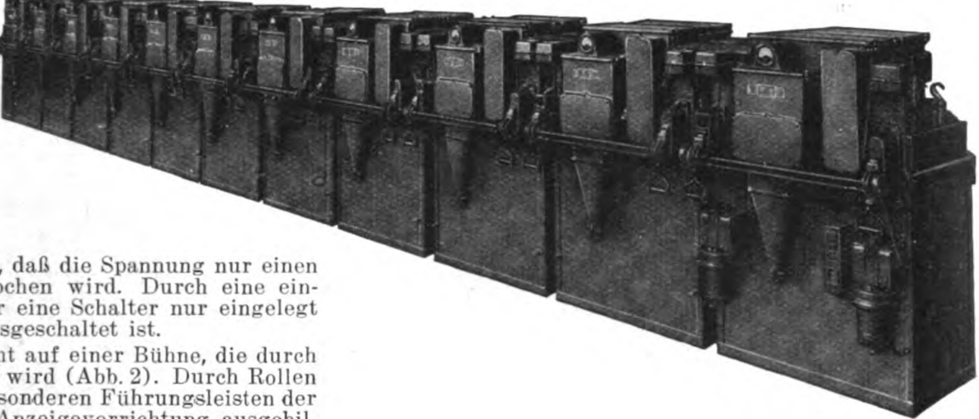


Abb. 5. Elffeldrige gekapselte Verteilung. Links Kabelanschlußfeld, rechts Ölschalterfeld mit Motorantrieben.

Die beschriebenen Anlagen sind für Reihe 10 verwendbar. Die Prüfspannung beträgt entsprechend den VDE-Vorschriften 42 kV, die Überschlagspannung bei normaler Frequenz für den Ölschalter 55 kV, für den gefüllten Sammelschienenkasten 75 kV. Bei Stoßspannungen ergaben sich für den Ölschalter Überschlagswerte von 120 kV max. und für den Sammelschienenkasten 134 kV max. Die Abschaltleistung der Ölschalter beträgt etwa 120 000 kVA.

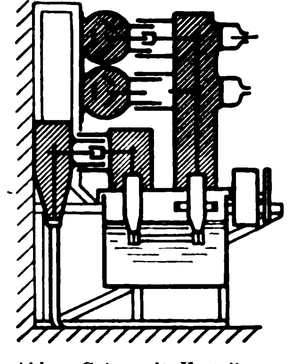


Abb. 6. Gekapselte Verteilung in Einheitsausführung (Horizontalanordnung), Ölschalter eingefahren. (Schraffierte Teile mit Masse vergossen).

Die Ölschalter sind für 350 A bemessen, die Sammelschienen dagegen für 1000 A. Die bei dieser Maximalbelastung auftretende Erwärmung bleibt weit hinter der höchstzulässigen zurück, so daß man unbedenklich eine große Anzahl Felder mit Maximalbelastung nebeneinanderreihen kann, ohne Gefahr zu laufen, daß die Sammelschienen zu warm werden (Abb. 5).

Zu erwähnen ist weiter, daß in Zusammenarbeit mit der Berliner Städtische Elektrizitätswerke A. G. noch eine andere Ausführungeart von gekapselten Verteilungen entwickelt wurde, die nach dem Reyrolle-System horizontal

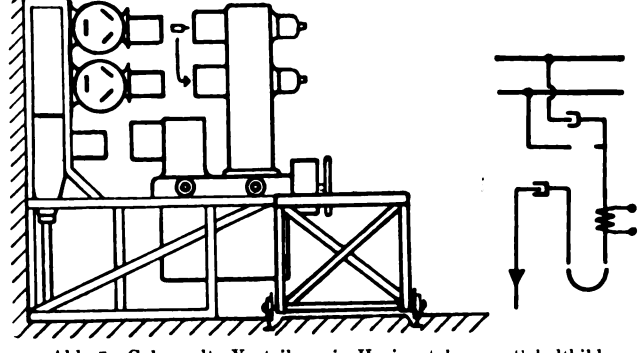


Abb. 7. Gekapselte Verteilung in Horizontalanordnung, Ölschalter ausgefahren.

Schaltbild zu Abb. 7.

ausfahrbare Ölschalter besitzt. Ein Aufbau des Ölschalters trägt die becherförmigen Steckkontakte, welche beim Einfahren die Verbindung mit den Sammelschienen herstellen.



Auf der Vorderseite dieses Aufbaues sitzen außerdem die Instrumente. Ein zweiter, kleinerer Aufbau verbindet mit dem Kabelendverschluß (Abb. 6). Die Becherisolatoren an den Sammelschienenkasten und dem Kabelendverschluß sind mit gußeisernen Schutzhülsen umgeben und werden beim Ausfahren des Ölschalters durch mechanisch ge-

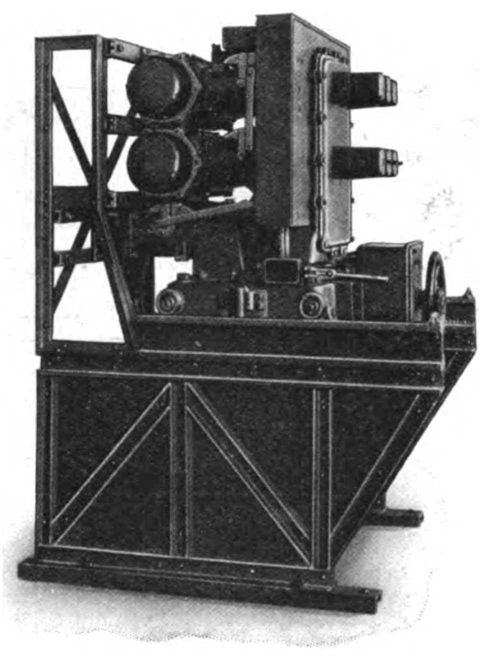


Abb. 8. Seitenansicht der gekapselten Verteilung bei eingefahrenem Ölschalter. Unteres Sammelschienensytem unter Spannung.

steuerte Abdeckklappen gegen Berührung geschützt (Abb. 9). Das Ein- und Ausfahren des Ölschalters geschieht mit zwei auf den Fahrschienen befestigten Zahnstangen und der am Ölschalterdeckel angebrachten Welle mit Zahnrädern und Ratsche.

Die Verbindung der Sammelschienen mit dem Ölschalter wird durch auswechselbare Steckkontakte hergestellt, die in die Becherisolatoren eingeschraubt sind. Soll bei einem Doppelsammelschienensystem eine Umschaltung vorgenommen werden, so sind zunächst die Ölschalter auszuschalten und auszufahren und dann die Steckkontakte z. B. aus den oberen Isolatoren herauszuschrauben und in die unteren einzusetzen (Abb. 7). Dabei treten aus dem Deckel des Aufbaues Stifte hervor und kennzeichnen das gewählte Sammelschienensystem (Abb. 8).

Durch eine Verriegelung mit der Fahrbahn ist ein Einschalten des Ölschalters nur in ein- oder ausgefahrener Stellung möglich.

Die Verwendungsgebiete für die gekapselten Verteilungen sind wohl zahlreicher als man annimmt. Die Übersichtlichkeit und Betriebssicherheit, dazu die einfache Ortsmontage und leichte Erweiterungsmöglichkeit machen sie für größere industrielle Betriebe, wie Hütten- und Walzwerke, chemische Fabriken, Bergwerke, auch unter Tage, sehr geeignet. Auch für Unterstationen in städtischen Netzen, für die oft nur sehr beschränkter Platz zur Verfügung steht, werden sich die Verteilungen einführen. Die Aufstellung kann an irgendeiner beliebigen Stelle, in

Abb. 9. Teilansicht bei ausgefahrenem Ölschalter. Abdeckklappen der Becherisolatoren hochgehoben.

Kellern oder Höfen, erfolgen. Die höheren Kosten des gekapselten Schaltmaterials dürften sich dabei zumindest durch die Ersparnisse an Baukosten und Platzmiete aus-

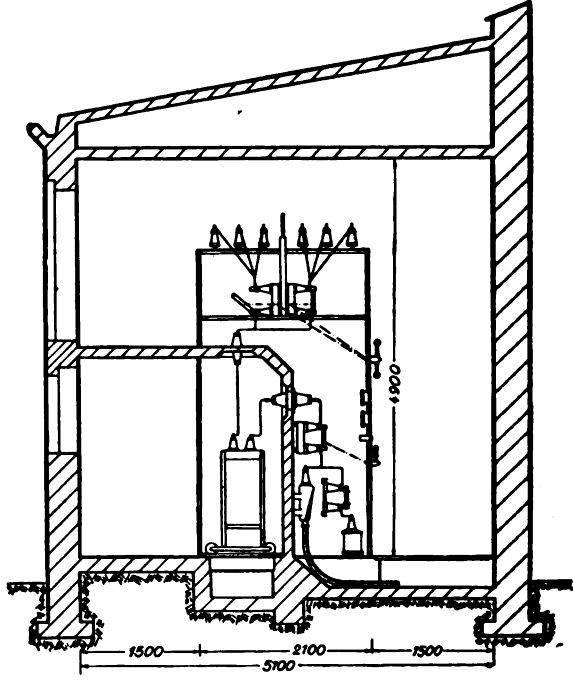


Abb. 10. Vergleich zwischen dem Platzbedarf der offenen Bauweise einer 10 kV-Verteilung und einer gekapselten Anlage in Vertikalanordnung.

gleichen. Den Unterschied zwischen den benötigten Räumen für eine offene Verteilung und die Vertikalanordnung der gekapselten Anlage zeigt Abb. 10.

Die Entwicklung der dänischen Elektrizitätswirtschaft in den letzten Jahren.

Von Johs. E. Börresen, Kopenhagen.

In der ETZ 1926, S. 1458, habe ich die Elektrizitätsversorgung Dänemarks geschildert und will nunmehr über deren weitere Entwicklung in den letzten Jahren Auskunft geben.

Laut der zuletzt veröffentlichten Statistik für 1926/27 hat sich die Anzahl der Stadt- und Überlandzentralen (126 Werke) seit 1924/25 nicht geändert, während die der Landzentralen eine Verringerung von 353 auf 333 zeigt. Dieser Rückgang ist auf die Stillegung und Umbildung einiger Landzentralen zu Transformatorstationen von Überlandzentralen zurückzuführen.

Seit 1924/25 ist die Maschinenleistung von etwa 176 000 auf etwa 225 000 kW gewachsen. Diese große Steigerung erklärt sich hauptsächlich aus der Erweiterung um 5 Dampfturbinen von insgesamt 36 900 kW, von denen zwei mit zusammen 34 600 kW in Kopenhagen installiert worden sind. Die gesamte Leistungsfähigkeit beträgt jetzt 263 000 kW. Die Elektrizitätserzeugung war 1926/27 etwa 422 Mill kWh, der Verbrauch von Brennmaterial 176 000 t Kohle und Koks, 33 000 t Brennöl, 420 000 m³ Gas und 96 t Torf.

Die Gesamtlänge der Verteilungsleitungen erreichte 36 000 km; hiervon sind 7700 km Gleichstrom- und 28 300 km Wechselstromleitungen. An Leitungen für hochgespannten Wechselstrom (2 ... 50 kV) bestehen 9400 Kilometer.

Das gesamte Kapital der Elektrizitätswerke wird auf 414 Mill Kr geschätzt, wovon 88 Mill Kr auf die Hauptstadt entfallen. Den Gesamtbetrag der Abschreibungen veranschlagt man auf 114 Mill Kr, so daß das gebuchte Baukapital etwa 300 Mill Kr beträgt. Die Einnahmen der Stadt- und Überlandzentralen stellten sich auf 84,7 Mill Kr, u. zw. auf 40,8 für Licht, 17,8 für gewöhnlichen Kraftverbrauch, 6,3 für speziellen Verbrauch (einschl. der Straßenbeleuchtung und Straßenbahnen) und auf 8,5 Mill Kr aus festen Abgaben und Zählermiete.

Die Betriebskosten betrugen 36,8 und der Kapitaldienst (Verzinsung und Tilgung) 25,8 Mill Kr. Von dem Reingewinn — 26,5 Mill Kr — wurden 12,7 Mill Kronen für Zuweisungen, Neubauten u. dgl. verwendet.

In den letzten Jahren sind bei mehreren Werken besondere Haushaltungstarife eingeführt worden, die i. a. aus einer festen, nach der Größe der Wohnung des Verbrauchers berechneten Gebühr nebst einem niedrigen Kilowattstundenpreis bestehen. Außerdem werden in ausgedehntem Maße spezielle Tarife für landwirtschaftliche Zwecke verwendet, u. zw. so, daß sich die festen Abgaben nach der Anzahl der installierten PS, dem Steuerwert des Eigentums bzw. der Tonne Hartkorn[1] oder nach einer Kombination mehrerer dieser Größen bemessen. Das Beispiel eines solchen Tarifs sei hier angegeben:

Licht	Motoren in der Landwirtschaft
0,40 Kr/kWh	0,20 Kr/kWh
jährliche Abgaben: 1,00 Kr je Brennstelle 1,00 Kr je 1000 Kr Steuerwert des Eigentums	0,48 Kr je Tonne Land[2]) 0,72 Kr je 1000 Kr Steuerwert des Eigentums 6,00 Kr je Tonne Hartkorn 4,80 Kr je install. PS

Das in dem früheren Aufsatz erwähnte Zusammenarbeiten zwischen den Werken ist weiter entwickelt worden; u. a. ist eine 50 kV-Verbindung zwischen Südostseelands Elektrizitäts A.G. und Nyköbing-Falster gebaut. (Vgl. den Elektrisierungsplan, ETZ 1926, S. 1459.)

Auf dem Gebiete der Elektrizitätsgesetzgebung hat man neuerdings einige Änderungen durchgeführt, deren Besprechung in diesem Zusammenhang von Interesse sein dürfte: Das im Jahre 1907 erlassene Gesetz, betr. elektrische Hochspannungsanlagen, bildet die Grundlage für die staatliche Überwachung dänischer elektrischer Betriebe, und im Anschluß an dieses Gesetz besteht eine ständige Elektrizitätskommission, die ein Reglement ausgearbeitet hat, in dem Vorschriften für Errichtung und Betrieb elektrischer Hochspannungsanlagen erteilt werden. Es enthält ausführliche Regeln für Bau und Betrieb der Leitungsanlagen und gibt ebenfalls Vorschriften in bezug auf das bei elektrischen Installationen zu verwendende Material. Die letzte Erneuerung dieses Reglements datiert von Anfang 1924, aber verschiedene Umstände haben seitdem der Vereinigung dänischer Elektrizitätswerke Anlaß gegeben, sich mit der Frage der Abänderung in gewissen Punkten zu beschäftigen. Es ist nunmehr gelungen, eine Gesetzesänderung durchgeführt zu bekommen, die im wesentlichen die Wünsche der Vereinigung nach Verbesserung des Gesetzes und des Reglements erfüllt. Die Änderungen beziehen sich auf folgende Punkte:

a) Material für elektrische Installationen. Gleich bei Gründung des Vereins wurden die auf Normalisierung des elektrischen Materials hinzielenden Arbeiten aufgenommen und zu diesem Zweck ein Ausschuß ernannt mit der Aufgabe, festzustellen, welchen Erfordernissen elektrisches Material genügen muß, um vom „Danske Elektricitetsvaerkers Forening" (Verein dänischer Elektrizitätswerke) anerkannt zu werden. Gleichzeitig wurde der Ausschuß beauftragt, das von Fabrikanten zwecks Erreichung der Approbation eingesandte Material zu untersuchen und letztere zu erteilen, falls es den gestellten Anforderungen genügte — Anforderungen, die sich natürlich mit den Vorschriften der Elektrizitätskommission im Einklang befanden. Als der Ausschuß die Ausarbeitung der Vorschriften beendigt hatte, beschloß der Verein, daß genehmigtes Material mit einem besonderen Zeichen, Abb. 1, zu versehen sei, was seit Anfang dieses Jahres nun auch geschieht.



Abb. 1.

Ferner haben die meisten dem D.E.F. als Mitglieder angeschlossenen Elektrizitätswerke beschlossen, zu verlangen, daß in ihren Installationen nur das von dem Verein approbierte Material zu verwenden ist.

Diese Regeln genügten jedoch nicht, um zu verhindern, daß auch fernerhin noch nicht den Forderungen der Elektrizitätskommission entsprechendes Installationsmaterial zur Anwendung kam, und da es sich gerade in der letzten Zeit gezeigt hat, daß ein Teil des Materials, hauptsächlich Sicherungen, verkauft worden ist, welcher eine gewisse Feuersgefahr bot, wandte der Verein sich an das Ministerium für öffentliche Arbeiten, das im Frühjahr 1928 im Hochspannungsstromgesetz eine Änderung durchführte, wonach das Ministerium ermächtigt wurde, den Verkauf solcher Maschinen und Apparate zu verbieten, deren Anwendung den Bestimmungen des Reglements widerspricht und die, was Niederspannungsmaterial betrifft, nicht mit dem Approbationszeichen eines vom Ministerium anerkannten Prüfungsausschusses versehen sind. Gleichzeitig hat das Ministerium bis auf weiteres den vom Verein ernannten Ausschuß als den öffentlichen Prüfungsausschuß anerkannt, und im Zusammenarbeiten zwischen diesem und dem Ministerium wird jetzt bekanntgegeben werden, welche Materialien hierzulande nicht verkauft werden dürfen, wenn sie nicht mit dem Zeichen des Vereins versehen sind.

b) Radioanlagen. Es war unvermeidlich, daß die starke Entwicklung auf dem Gebiet des Radios den Elektrizitätswerken verschiedene Schwierigkeiten bereitete, teils in bezug auf das Anbringen der Antennen in gefährlicher Nähe der Leitungen der Elektrizitätswerke, teils hinsichtlich der in direkte Verbindung mit dem Lichtnetz gebrachten Empfänger. Diese letzteren Anlagen, die auch von dem Ausschuß des Vereins untersucht und approbiert werden, haben wegen der hohen Spannung, der man nach und nach in solchen Anlagen begegnet, zu einer Reihe neuer Bestimmungen angeregt, die recht scharfe Anforderungen an die Ausführung der Empfänger stellen. Um die notwendige Befugnis zur

[1] Ertrags- und Ausnutzungswert des Grund und Bodens.
[2] 1 Tonne Land = 0,55 ha.

Kontrolle solcher Radioanlagen zu erreichen, hat das Elektrizitätsgesetz vom Jahre 1907 einen Zusatz bekommen, der das Ministerium für öffentliche Arbeiten ermächtigt, Vorschriften für Sicherheitsmaßnahmen zu erteilen, die bei Errichtung und Betrieb von Anlagen, welche sich in gefährlicher Nähe von Hochspannungsleitungen befinden oder mit ihnen in Verbindung stehen, beobachtet werden müssen.

c) Enteignung von Grund und Boden beim Bau elektrischer Hochspannungsleitungen. In dem von der Elektrizitätskommission erlassenen Reglement befinden sich einige Bestimmungen darüber, wie sich die Elektrizitätswerke zu verhalten haben, falls nicht im Wege der allgemeinen Vereinbarung Einigkeit mit den Besitzern des Grund und Bodens, über den eine neue Hochspannungsleitung zu führen ist und auf dem deshalb Masten zu errichten sind, erzielt werden kann. Diese Bestimmungen haben jedoch im Laufe der Zeit zu großer Unzufriedenheit Anlaß gegeben, da ihnen gewisse Mängel anhafteten, die es einem Grundstücksbesitzer ermöglichten, dem Elektrizitätswerk Schwierigkeiten zu bereiten. Wo eine Einigung nicht zu erzielen war, mußte der Fall durch ein Schiedsgericht, zu dem jede der Parteien ihren Schiedsrichter zu wählen hatte, erledigt werden. Im Gesetz fand sich keine Verpflichtung für den Grundstücksbesitzer, diese Wahl innerhalb einer bestimmten Frist zu treffen, und die eine Partei hatte es deshalb in der Hand, die Angelegenheit in die Länge zu ziehen. Da gleichzeitig bei Beginn der Verhandlungen seitens des Elektrizitätswerks eine Sicherheit zu stellen war, konnte eine Verzögerung zur Folge haben, daß das Werk bedeutende Summen als Garantiekapital festlegen mußte. Ferner brachten die Regeln, betr. Wahl eines Obmannes des Schiedsgerichts, es mit sich, daß die einzelnen Fälle auf gänzlich verschiedenen Grundlagen und auch recht willkürlich behandelt wurden, so daß die Entschädigungen für Errichtung eines einzelnen Mastes zwischen 0 und 350 Kr schwanken konnten.

Der Verein ernannte nun vor etwa zwei Jahren einen besonderen Ausschuß zur Behandlung dieser Fragen, und dieser hat einen Gesetzesänderungsvorschlag ausgearbeitet, der dem Ministerium für öffentliche Arbeiten unterbreitet wurde. Auf Grund dieses Vorschlages sind einige Änderungen des Elektrizitätsgesetzes von 1907 im Frühjahr 1928 durchgeführt worden, die die Hauptschwierigkeiten bei Enteignungsverfahren beseitigten. Im Gegensatz zu früher sind beide Parteien jetzt verpflichtet, ihren Schiedsrichter innerhalb einer Frist von 8 Tagen zu ernennen, und für das Amt des Obmannes wurden durch jedes der beiden Landgerichte des Landes für eine Amtszeit von jeweils fünf Jahren drei Personen bezeichnet. Von diesen beauftragt das Ministerium einen oder mehrere, um innerhalb seines vom Ministerium festgesetzten Distriktes als Obmann zu fungieren. Voraussichtlich wird hierdurch eine größere Gleichmäßigkeit bei Festsetzung der den Grundstücksbesitzern für das Recht zur Errichtung von Masten und zum Ziehen von Drähten zu gewährenden Entschädigungen erzielt werden. Bei den Gesetzesänderungen hat man gleichzeitig den Elektrizitätswerken ein Passierrecht unter den Leitungen bei notwendigen Prüfungs- und Instandhaltungsarbeiten eingeräumt, auf das sie sich vordem nicht berufen konnten, falls ein Grundstücksbesitzer dem Werk den Zutritt zu einem auf seinem Grundstück stehenden Mast verbieten wollte. Durch die erwähnten Änderungen hat das Elektrizitätsgesetz von 1907 ganz wesentliche Verbesserungen erfahren, und namentlich in bezug auf die Approbierung von elektrischem Material dürfte es sich in der nächsten Zukunft zeigen, daß das so vervollkommnete Gesetz eine ausgezeichnete Grundlage für das in hohem Grade nutzbringende Bestreben bilden wird, elektrische Installationen so gut wie möglich auszuführen, so daß der höchste Grad von Sicherheit bei der Elektrizitätslieferung und außerdem die größtmögliche Begrenzung von Feuers- und Lebensgefahr bei den elektrischen Anlagen erzielt wird.

Die Elektrizität auf der Zweiten Weltkraftkonferenz.

Die Zweite Weltkraftkonferenz, die vom 16. bis 25. VI. 1930 in Berlin stattfindet und schon heute in immer wachsendem Maß die Öffentlichkeit des In- und Auslandes beschäftigt, hat soeben eine kleine Druckschrift herausgebracht, welche ein umfassendes Bild der Wege und Ziele der Weltkraftkonferenz im allgemeinen und besonders der Leitgedanken und Organisation der zweiten Vollversammlung gibt. Danach ist das große Gebiet der Energieversorgung, den hauptsächlichsten Energieträgern entsprechend, in 12 Fachgruppen unterteilt. Eine Reihe von Fachausschüssen hat während des letzten Winters die wichtigsten auf den einzelnen energiewirtschaftlichen Gebieten in Betracht kommenden Fragen formuliert, die für die nächstjährige Tagung behandelnswert erscheinen. An dieser Stelle interessieren besonders diejenigen, welche mit der Elektrizität zusammenhängen, und daher sei über die Arbeiten dieses Fachausschusses und seiner Untergruppen „Elektrizitätserzeugung", „-verteilung" und „-verwendung" folgendes mitgeteilt:

Auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung erscheint eine internationale Erörterung der Gesichtspunkte, die heute für die Wahl und Aufteilung der Antriebskraft in großen Stromversorgungsanlagen maßgebend sind, von äußerstem Interesse. Obwohl die Weltkraftkonferenz sich größtenteils mit der wirtschaftlichen Seite der Energieversorgung beschäftigen soll, hat man auch rein konstruktiven Themen, wie den Grenzbedingungen für Generatoren und Transformatoren, der Abgleichung der elektrischen Festigkeit auf dem ganzen Wege, den der Strom vom Generator bis zum Verbrauchsapparat nimmt, Beachtung geschenkt.

Das hervorstechendste Thema der Gruppe Elektrizitätsverteilung lautet: „Die technische und wirtschaftliche Beherrschung des Energieflusses in einfach und mehrfach gekuppelten Netzen." In engem Zusammenhang damit stehen Fragen der Störung in Netzen und ihrer Behebung und der Erdung. Auf dem Gebiet der Höchstspannungsleitungen käme u. a. ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Freileitungen und Kabeln in Frage. Neuzeitliche Schaltanlagen für Großleistungen interessieren unter besonderer Berücksichtigung der Kostenfrage. Ein Kapitel, dem sowohl im In- wie im Auslande sehr starke Beachtung geschenkt wird, ist das der selbsttätigen und der ferngesteuerten Kraft- und Nebenwerke und der Einrichtungen zur Nachrichtenübermittlung, zur Fernmessung und Fernsteuerung. Eine Frage, die immer noch brennend genug ist, auf der Zweiten Weltkraftkonferenz behandelt zu werden, ist die Beeinflussung der Fernmeldeleitungen und -einrichtungen durch Starkstrom.

In der Elektrizitätsverwendung wurden als am wichtigsten die neuesten Anwendungsformen der Elektrizität im Haushalt und in der Landwirtschaft betrachtet. Da die bisherigen Weltkraftkonferenzen sich sehr eingehend mit der Erzeugung und teilweise auch schon mit der Verteilung der Kraft befaßt haben, soll die Berliner Tagung der Verteilung und namentlich der Verwendung der Energie gewidmet sein. So kam der Fachausschuß zu einer ziemlich eingehenden Unterteilung dieser Gebiete. In gleichem Sinne wurde auch die Verwendung der Elektrizität in der Industrie behandelt und dabei ebenfalls die neuere Entwicklung im Bereich der Elektrowärme und der Elektrochemie berücksichtigt. Bei der Lichtwirtschaft interessiert namentlich die Produktionsteigerung durch zweckmäßige Ausgestaltung der Beleuchtung, bei den elektrischen Bahnen in erster Linie die Frage der Sicherheit, sodann einiges Konstruktive im Bau elektrischer Lokomotiven.

Letzten Endes hängt die ganze Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätswerke von einem geregelten Absatz des Stromes ab. Vorträge über den Einfluß der elektrischen Verbrauchsgeräte auf das Belastungsgebirge, die Form der Tarife und die Verbreitungsmöglichkeit elektrischer Apparate unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Verhältnisse eines Landes sowie der Lebensbedürfnisse und -gewohnheiten seiner Bewohner sind daher geeignet, die Elektrizitätswirtschaft im internationalen Gedankenaustausch auf den bisher beschrittenen Wegen ein gutes Stück vorwärts zu bringen.

Soweit die Arbeiten der Fachausschüsse, deren Ergebnis einen anschaulichen Querschnitt durch die aktuellsten Fragen der modernen Energiewirtschaft gibt und in mehreren Sprachen an die bedeutendsten Fachkreise des Auslandes versandt wurde, um von vornherein einen einheitlichen Zug in die Konferenz zu bringen. Hinsichtlich der von Deutschland einzureichenden Berichte haben die berufenen Spitzenverbände und Körperschaften es übernommen, für die Auswahl der Themen, Ernennung der Referenten und die Einreichung selbst Sorge zu tragen.

Dr. Gerhard Dehne.

RUNDSCHAU.

Heizung. Öfen.

Durchgehende elektrische Zugheizung. — Die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) haben die elektrische Zugheizung nur mit 1000 V Heizkörperspannung einzurichten brauchen, da die Anschlußländer Deutschland, Schweiz und Ungarn ebenfalls diese Einrichtung verwenden. Größtes Gewicht wurde auf einfache Installation gelegt, um dadurch nicht nur die Wartung, sondern namentlich auch die Bedienung im Betriebe von den einfachsten Kräften durchführen zu können. Die Einrichtung entspricht in allen Teilen den Bestimmungen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen und des Internationalen Eisenbahnverbandes.

Durchgreifende Leitung und Kupplung. Die durchgreifende Leitung führt auf jedem Wagen von einer Kupplungsdose der einen Wagenbrust zur Kupplungsdose auf der anderen Brust; sie besteht aus groblitzigem Kabel von 185 mm² Kupferquerschnitt. Die Verbindung von Dose und Kabelhalter (auf jeder Wagenbrust ein Kabelhalter) wird durch das feinlitzige (jede Litze 0,25 mm²) Kupplungskabel vom selben Querschnitt hergestellt. Beide Kabel sind verlegt in Gasrohren von 38 mm l. W., welche an dem Untergestellträger mittels Schellen befestigt sind. Die Kupplungsdose befindet sich auf der Seite der gewölbten Puffer, Kabelhalter auf derjenigen der flachen Seite. Der freie Teil der Kupplungskabel (1350 mm lang) trägt am Ende den Stecker und ist mit dem Erdungskabel von 25 mm² Querschnitt, welches

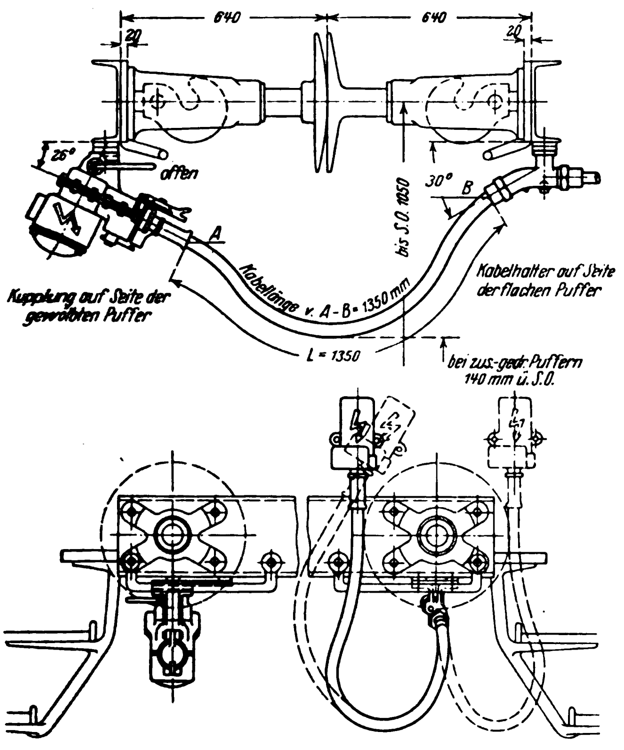


Abb. 1. Anordnung der Kupplungseinrichtung.

die Erdung des Steckers zum Kabelhalter vorsieht, in einen Lederschlauch eingenäht (Abb. 1). Die Blinddose wird rechts vom Puffer (gegen die Wagenstirne gesehen) angebracht, der untere Rand 1,5 m von S.O. entfernt, und dient zur Aufnahme des Steckers, wenn die Heizung nicht gebraucht wird. Die Kupplungsteile sind von den Österr. Brown, Boveri-Werken geliefert werden.

Von einer der beiden Kupplungsdosen führt die Zuleitung erst zur Hauptsicherung, welche am Langträger in einem gußeisernen Kasten befestigt ist, von dort zum Hauptschalter im Wageninnern; sie besteht aus einem Kabel von 10 mm² Kupferquerschnitt und liegt in Gasrohren von 13 mm l. W.

Hauptschalter und Stromkreissicherungen. Der Hauptschalter im Wageninnern wird grundsätzlich im Wagendurchgang in der Nähe der Eingangstür und in möglichster Nähe der Hauptsicherung, jedoch nur für zwei Stellungen, „ein" und „aus", verwendet. Mehr als drei Stromkreise werden nicht ausgeführt, und sind Hauptschalter und Sicherungen in einem gußeisernen Kasten untergebracht, dessen Tür nur dann geöffnet werden kann, wenn der Hauptschalter, zu dem ein kleines Hauptschalttürchen führt, auf „aus" steht. Aufschriften oberhalb der Sicherungen geben eindeutig an, für welche Stromkreise dieselben bestimmt sind („Großes Abteil", „Abteile 1. Klasse" usw.). Bei Wagen mit nur einem Stromkreis (Dienstwagen) vertritt der Abteilungschalter den Hauptschalter. Als Haupt- und Stromkreissicherungen sind Einheitsicherungen der AEG-Union in Verwendung.

Innenleiter und Abteilungschalter. Von den Stromkreissicherungen sind die Leitungen, bestehend aus isoliertem Kabel von 2,5 mm² Querschnitt, verlegt in überlapptem Peschelrohr von 18 mm l. W., bei Nichtregelbarkeit direkt, bei Regelbarkeit über den Abteilungschalter, den nebeneinander geschalteten Heizkörpern zugeführt. Die Heizung ist in jedem Raum regelbar, mit Ausnahme von Abort, Gepäckräumen und Gang; in jedem Raum wird ein, wenn der ganze Wagen aus einem Raum besteht, werden zwei Abteilschalter angebracht. Ein Abteilschalter hat drei Stellungen: warm, halbwarm und kalt, mittels denen eine Regelung der Heizleistung des Abteiles durch Nebeneinanderschalten der möglichst in die Hälfte geteilten Heizkörpergruppe vorgenommen werden kann.

Schutzerdung. Schutzerdungen sind bei allen Metallteilen und metallischen Schutzeinrichtungen (Heizkörperverschalungen, Schaltern, Rohren) angebracht. Alle Leitungen für die Schutzerdungen sind blanke Kupferkabel von 2 × 5 mm² Kupferquerschnitt; sie sind außen an den Peschelrohren verlegt und gemeinsam mit diesen angeschellt. Die Erdungen werden zu einer bei der Wagenwand angebrachten eisernen Erdungschiene geführt von mindestens 5 × 30 mm² Querschnitt. Diese Erdungschiene wird dreimal zu dem Langträger geerdet, u. zw. mit je vier blanken Kupferlitzen von je 5 mm² Kupferquerschnitt.

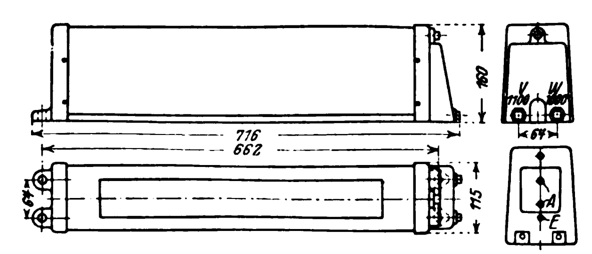


Abb. 2a. Heizkörper mit einer Heizleistung von 1000 W und 700 W.

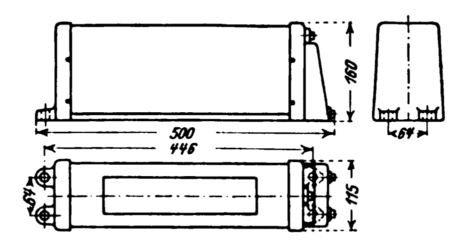


Abb. 2b. Heizkörper mit einer Heizleistung von 500 W.

Heizkörper. Die Heizkörper (Abb. 2) sind von der Elektro-Heizungstechnik in Wien hergestellt, u. zw. mit einer Leistung von 1000 oder 700 W, doch sind beide Leistungstypen vollkommen gleich und untereinander umtauschbar. Der Widerstandsdraht ist auf Schamotterohre gewickelt, die ihrerseits wieder auf gußeisernen, mit kittlosen Isolatoren versehenen Böcken gelagert sind; durch Anordnung einer Stromrückführschiene sind alle Anschlüsse auf einer Heizkörperseite möglich. Die längste Anheizzeit beträgt 1 ... 1,25 h. Für den Nahverkehr wird eine Leistung von 180 W/m³ verwendet, für den Fern- und Übergangsverkehr, entsprechend den Vorschriften des Internationalen Eisenbahnverbandes, eine solche von 200 W/m³. Die Heizkörper sind in den Abteilungen möglichst unter den Sitzen, im Gang unterm

Dampfheizrohr und in den Aborten unter dem Wasserbehälter untergebracht, gegen außen gut isoliert und mit Schutzverkleidungen versehen.

Anschriften. Alle Wagen, welche mit einer durchgehenden elektrischen Heizeinrichtung mit 1000 V Heizkörperspannung versehen sind, sind durch ein hochgestelltes h gekennzeichnet, z. B. ABa[h], Deg[h] usw.

Prüfung. Alle neuen, erstmaligen Einrichtungen werden 1 min lang mit 5000 V Wechselstromspannung geprüft. Nach jeder wesentlichen Ausbesserung und nach jeder Hauptuntersuchung, mindestens aber vor jeder Inbetriebsetzung nach längerem Stillstande (also auch vor Beginn des Heizabschnittes) wird eine Prüfung gemäß den internationalen Vereinbarungen, nur mit einer Wechselstromprüfspannung von 2500 V 5 min lang oder mit einer solchen von 3000 V 1 min lang geprüft. Gleichzeitig mit der Spannungsprüfung wird eine Dauerheizung ¼ h lang und eine Prüfung der Schutzerdung durchgeführt.

Betriebsvorschriften. Die Heizungskupplungen dürfen nur im stromlosen Zustand gekuppelt und gelöst werden und erst nach Einlegen bzw. Lösen der Schraubenkupplung; es ist stets darauf zu achten, daß ein Herunterhängen des Steckers vermieden wird und bei etwaigem Nichtgebrauch in die Blinddose kommt. Die Bahnhofsbediensteten dürfen nur die Wagen untereinander kuppeln, die zuletzt auszuführende Kupplung zwischen Lokomotive und Schlußwagen darf nur durch den Maschinenbegleiter gekuppelt werden; den Auftrag hierzu erteilt der Wagenuntersucher, in solchen Bahnhöfen, wo keiner vorhanden ist, der Zugführer. Hauptschalter, Stromkreissicherungen sind so übersichtlich beim Eingang angebracht und so gut bezeichnet, daß auch ungeschultes Personal bei Gefahr sofort eine Ausschaltung vornehmen kann. (F. Klausner, Organ Fortschr. Eisenbahnwes. Bd. 83, S. 396.) *Ktw.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Neue elektrische Schnellzuglokomotive in Japan. — In Japan sind neuerdings 7 Schnellzuglokomotiven von der Firma Kawasaki Dockyard mit drei anderen Firmen zusammen erbaut worden. Sie sind für die 160 km lange Strecke Tokio—Kosu bestimmt. Die Lokomotive hat sechs Treibachsen und an den Enden 1 bzw. 2 Laufachsen (Abb. 3). Sie soll imstande sein, einen Zug von 500 bis 700 t auf 10 ‰ Steigung fortzubewegen und bei 1350 V auf eine Geschwindigkeit von 50 km/h zu bringen. Sie ist ausgerüstet mit 6 fremdgelüfteten Tatzlagermotoren mit Zahnradübersetzung, wobei das große Rad gefedert ist. Zwei Motoren zu je 675 V sind dauernd in Reihe geschaltet. Die Schaltung der Motoren ist folgende: alle sechs Motoren in Reihe mit 12 Widerstandstufen, drei Motoren in Reihe und beide Gruppen parallel mit acht Widerstandstufen, zuletzt zwei Motoren dauernd in Reihe und drei Gruppen parallel mit weiteren acht Widerstandstufen. Außerdem sind zwei Feldschwächungstellungen vorhanden. Die Steuerung wird elektropneumatisch betätigt. Den Steuerstrom liefert ein Motorgenerator von 1500/100 V, 2 kW dauernd. Zum Schutz gegen Überlastung ist ein Schnellschalter der GE-Type vorgesehen.

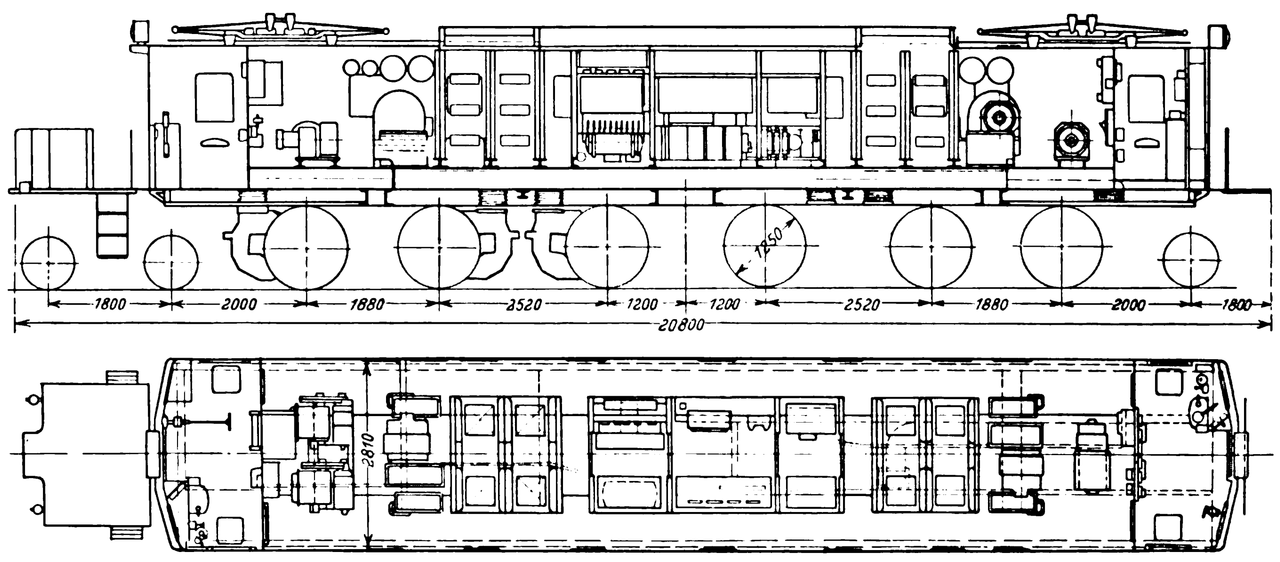


Abb. 3. Japanische Schnellzuglokomotive.

Hauptdaten der Lokomotive:

Spur	1067 mm
gesamte Länge über Puffer	20800 mm
Achsstand	4400 mm
Treibrad	1250 mm
Laufrad	940 mm
gesamte Breite	2810 mm
Stundenleistung	1350 kW
Geschwindigkeit dabei	45 km/h
maximale Geschwindigkeit	90 km/h
gesamtes Lokomotivgewicht	105 t
Netzspannung	1500 V

(El. Railw. Journ. Bd. 72, S. 1119.) *Tbr.*

Elektromaschinenbau.

Der Stufen-Induktionsregler für die Spannungsregelung von Transformatoren. — Es besteht beim Betriebe elektrischer Anlagen manchmal das Bedürfnis, die Spannung von unter Last stehenden Transformatoren zu verändern. Die Transformatorenwicklungen erhalten in solchen Fällen Anzapfungen, die mittels Schalteinrichtungen entsprechend dem gewünschten Spannungszustand an das Netz zu- und abgeschaltet werden müssen. Hierbei ergeben sich eine verhältnismäßig große Zahl von Hilfschaltern sowie eine sprunghafte Spannungsregelung. Wo diese beiden Nachteile möglichst vermieden werden sollen, empfiehlt sich die Anwendung des Stufen-Induktionsreglers. Die Wirkungsweise der Kombination, gebildet aus dem Transformator und dem Stufen-Induktionsregler, möge an Hand der Abb. 4 kurz erläutert werden. Der Induktionsregler ist nicht unmittelbar, sondern über einen Hilfstransformator, welcher sekundärseitig eine Doppelwicklung besitzt, mit dem eigentlichen Transformator verbunden. Im Nullzustand der Einrichtung sind die Schalter *1* und *A* geschlossen. Wird der Induktionsregler aus seiner Nullage verdreht, dann wird durch die Wicklung *M* des Hilfstransformators an die Anzapfung *1* eine Spannung gebracht, die sich durch kontinuierliches Anwachsen auszeichnet. Ist der Höchstwert dieser Zusatzspannung erreicht, dann werden die Schalter *2* und *B* geschlossen und die Schalter *1* und *A* geöffnet, was ohne weiteres zulässig ist, weil die resultierende Spannung der Wicklungen *M* und *N* des Hilfstransformators gleich der Spannung zwischen den Anzapfungen *1* und *2* ist. Da die in den Wicklungen *M* und *N* induzierten Spannungen praktisch gleich groß sind, bleibt die Linienspannung bei der Durchführung der eben genannten Schaltermanipulationen unverändert. Indem man nun den Induktionsregler so verdreht,

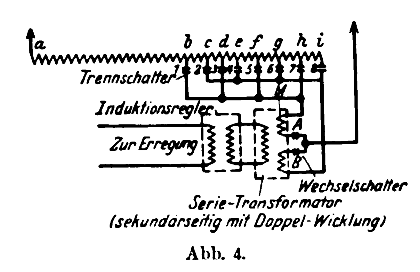


Abb. 4.



daß die Zusatzspannung der Wicklung N abnimmt, beginnt die Linienspannung kontinuierlich bis auf den Wert der Spannung der Anzapfung 2 zu steigen. Durch die so beschriebene Methode ist es möglich, eine Spannungsvariation, wie sie in der Abb. 5 zur Darstellung gebracht wird, zu erreichen.

Die Westinghouse Electric & Mfg. Co., welche diese Spannungsregeleinrichtung baut, montiert den Stufeninduktionsregler an dem Leistungstransformator und erreicht so ein einheitliches Gebilde. Normalerweise besitzt die Schalterbetätigung einen Motorantrieb, und die praktische Ausführung des Schemas ist derart, daß mit

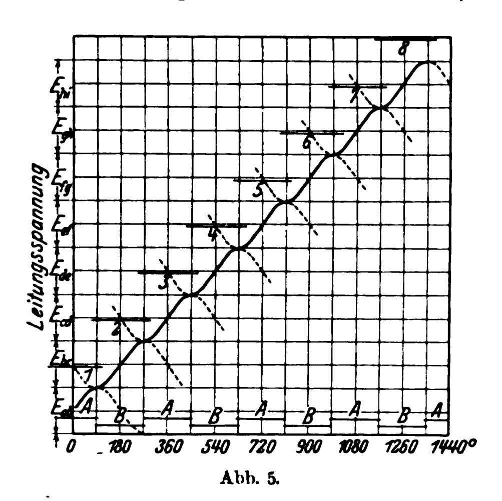


Abb. 5.

Hilfe eines Steuerschalters die Spannungsregelung auf das einfachste durchgeführt werden kann. (R. M. Field, The Electric Journ. Bd. 26, S. 351.) Schait.

Die Generatoren für das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt. — Das zur Zeit am Oberrhein in Bau befindliche Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt wird vier langsam laufende Vertikalgeneratoren von je 32 500 kVA Leistung erhalten, welche von einer aus den Firmen Brown, Boveri & Cie., A.G. Mannheim-Käfertal und der A.G. Brown, Boveri & Cie., Baden/Schweiz gebildeten Arbeitsgemeinschaft gebaut werden. In den Werkstätten der beiden Firmen werden je zwei dieser Maschinen hergestellt. Diese Generatoren sind hinsichtlich ihrer Abmessungen und Gewichte die größten bisher in Europa gebauten Maschinen dieser Art, und nur in einigen wenigen Kraftwerken Amerikas laufen Maschinen ähnlicher Größe.

Jeder der vier Generatoren hat eine Normalleistung von 32 500 kVA bei einem Leistungsfaktor von 0,7, einer Spannung von 10 500 V, einer Periodenzahl von 50 Hz und einer Drehzahl von 75 U/min. Die Maschinen können jedoch dauernd eine Leistung von 35 000 kVA bei $\cos\varphi = 0,7$ übererregt abgeben, wobei die Erwärmung, die nach den REM zulässigen Temperaturen um nicht mehr als 5° überschreiten darf. Die genannten Leistungen müssen innerhalb eines Spannungsregelungsbereiches von 10 500 V ± 6 % abgegeben werden. Als Phasenschieber bei $\cos\varphi = 0$ übererregt leisten die Maschinen 28 000 kVA, bei $\cos\varphi = 0$ untererregt beträgt ihre Leistung noch 23 500 kVA.

Die Generatoren werden in geschlossener Bauart (Abb. 6), mit vertikaler Flanschwelle zur unmittelbaren Kupplung mit Kaplanturbinen ausgeführt. Der Durchmesser des an der Welle angeschmiedeten Kupplungsflansches beträgt 2 m. Mit Rücksicht auf den Bahntransport wird das Polrad in acht Teile unterteilt, u. zw. besteht es aus zwei übereinander liegenden Rädern, die jeweils diametral in vier Teile geteilt sind. Der Durchmesser des Polrades beträgt 9,4 m.

Die Rotoren werden in den Werkstätten einer Schleuderprobe bei der Durchbrenndrehzahl von 185 U/min unterzogen, so daß die größte Gewähr für die Güte des Materials geboten ist. Das im Rotor eines Generators untergebrachte Schwungmoment beträgt 12 500 tm² bei einem Gesamtgewicht des Rotors von etwa 250 t.

Die Generatoren erhalten je einen oberen und unteren Tragstern, welche die beiden Führungslager aufnehmen. Der obere Tragstern, der zugleich das Spurlager trägt, ist zur Aufnahme einer Gesamtbelastung von 900 t bemessen. Das gußeiserne Statorgehäuse besteht aus acht Teilen und ruht auf einem ebenfalls achtteiligen Fundamentring. Der äußere Durchmesser eines Generators einschließlich der Blechverschalung für die Luftführung beträgt rd. 13 m. Die Gesamthöhe eines Generators, gemessen von Unterkante Kupplungsflansch bis zum oberen Rand der Hilfserregermaschine, beträgt rd. 9 m.

Die Erregung erfolgt durch unmittelbar auf den oberen Tragstern bzw. auf das Spurlagergehäuse aufgebaute Erregermaschinen, welche wie die Generatoren mit 75 U/min laufen. Um eine stabile Regelung auch bei kapazitiven Belastungen zu ermöglichen, sind außerdem Hilfserregermaschinen vorhanden, die auf die Haupterregermaschinen aufgebaut sind. Die Erregermaschinen bzw. die Hilfserreger sind so bemessen, daß eine hohe Regelungsgeschwindigkeit gewährleistet ist.

Die Inbetriebnahme der beiden ersten Maschinen soll bereits im Herbst des Jahres 1930, die der beiden folgenden Maschinen im Herbst des Jahres 1931 stattfinden. *fi*

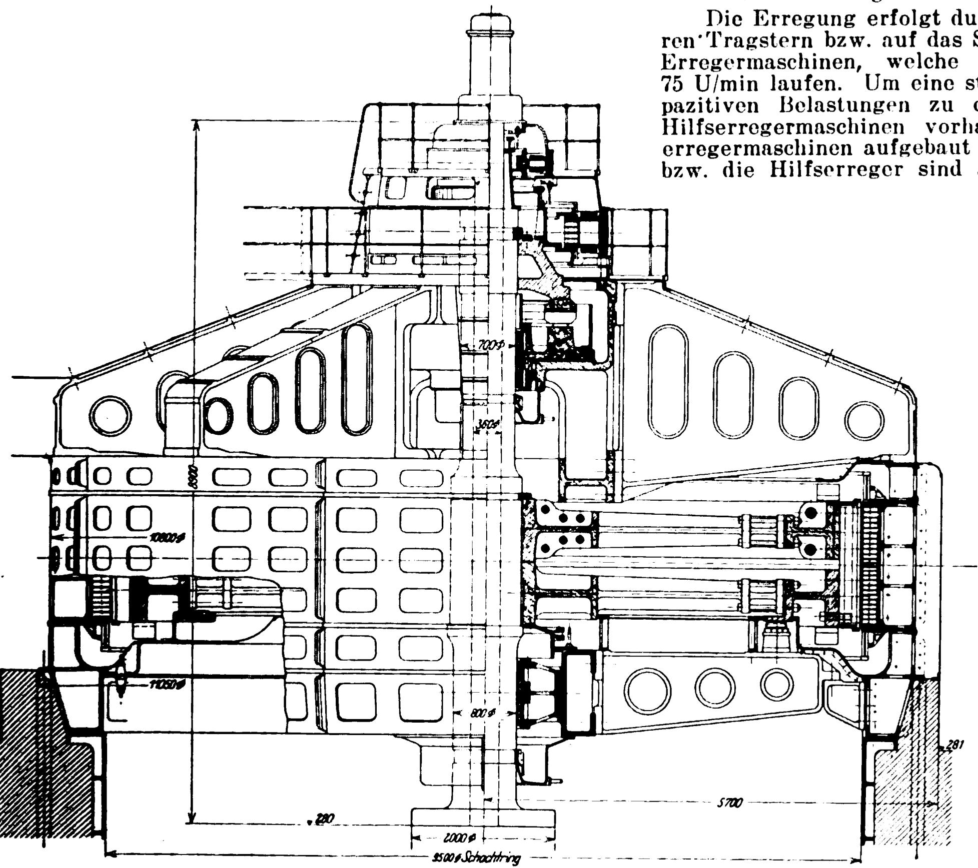


Abb. 6. Dreiphasen-Generator B.

Fernmeldetechnik.

Die Funkstation des neuen Schnelldampfers „Bremen". — Die gesamte Funkeinrichtung des Passagierdampfers „Bremen" wurde von der Telefunken-Gesellschaft, Berlin, geliefert und wird von der Deutschen Betriebsgesellschaft für drahtlose Telegraphie „Debeg" eingerichtet und betrieben. Zur Abwicklung des Haupttelegrammverkehrs ist ein normaler Telefunken-Röhrensender von rd. 3 kW Antennenleistung für den Wellenbereich von 500 ... 3000 m eingebaut worden, während ein Kurzwellensender von 700 W Leistung mit

einem Wellenbereich von 13 ... 105 m zur Überbrückung sehr großer Entfernung dient. Für den Nahverkehr befindet sich im Hauptfunkraum noch ein weiterer tonmoduliert arbeitender Röhrensender von rd. 250 W Leistung für den Wellenbereich von 175 und 600 ... 800 m. Als Behelf für den Fall von Betriebstörungen der elektrischen Bordzentrale ist außerdem ein Tonfunkensender vorhanden, dessen Betriebstrom aus einer Akkumulatorenbatterie entnommen wird.

Die Empfangsanlage der „Bremen" besteht aus 7 Empfängern, wovon einer zur Aufnahme der Schnelltelegraphie dient und zwei weitere für den Kurzwellenverkehr bestimmt sind. Ein Gerät ist dauernd auf die Welle 600 m eingestellt und empfängt lediglich S.O.S.-Rufe. Die übrigen Empfänger sind die bekannten Telefunken-Dreikreisempfänger mit einem Wellenbereich von 120 bis 25 000 m. Die umfangreiche Antennenanlage für Sender und Empfänger ist teils zwischen zwei 170 m auseinanderstehenden Masten, teils zwischen den beiden Schornsteinen des Dampfers verspannt.

Schließlich ist es auch auf der „Bremen" wie auf vielen anderen Schiffen möglich, mit Hilfe eines Telefunken-Bordpeilers jederzeit den Standpunkt des Schiffes zu bestimmen. Sieben Funkoffiziere bilden die Besetzung dieser mustergültigen Anlage. *of*

Signale im Straßenbahnverkehr. — Die gleichzeitige Steuerung mehrerer Verkehrssignale und ihr Einfluß auf die Abwicklung des Straßenbahnverkehrs wurde in New York für den Verkehr im Zuge der 14. Straße untersucht,

Zahlentafel 1.

Tageszeit	Tatsächliche Fahrzeit in s		Verzögerung durch die Verkehrssignale		Bemerkungen
	n. Osten	n. Westen	n. Osten	n. Westen	
6 ... 8	$6^1/_2$ ... $8^1/_2$	5 ... $9^1/_2$			Keine Signale
8 ... 9^{30}	9 ... 16	12 ... $17^1/_2$	2 ... $6^1/_2$	$2^1/_2$ ... $6^1/_2$	Spitzenverkehr
9^{30} ... 17	12 ... 18	12 ... 19	2 ... $9^1/_2$	$3^1/_2$ ... $9^1/_2$	
17 ... 19	14 ... 18	15 ... 19	4 ... 7	6 ... $9^1/_2$	Spitzenverkehr
19 ... 22	8 ... 13	$9^1/_2$ ... 15	1 ... 5	$2^1/_2$ ... 8	Wechselzeit auf 120 bzw. 55 s geändert

befahren müßten, ist aber nach den Beobachtungen zu hoch. Es kommen nur 4 ... 5 Wagen in Frage. Wenn man also mit 4,4 Wagen auf 1 Signalwechsel rechnet, sind 24 Signalwechsel/h erforderlich. Das führt, ohne das Verhältnis 2 : 1 für die Freizeit in nordsüdlicher und westöstlicher Richtung zu ändern, zu einer Wechselzeit von 150 s, d. h. 50 s für den Durchgangsverkehr in der 14. Straße. Auf Grund der Beobachtungen erscheint dieser Vorschlag, der für beide Richtungen die gleiche Freizeit/h vorsieht, eine brauchbare Lösung zu geben, denn abgesehen von der unterschiedlichen Verkehrsdichte der einzelnen Querstraßen zeigt es sich, daß die bisherige Freizeit von 140 s für den Querverkehr recht ungleich ausgenutzt wird. Die Zahl der je 20 s die Kreuzung befahrenden Fahrzeuge nimmt nach etwa 60 ... 80 s nach dem Signalwechsel wesentlich ab,

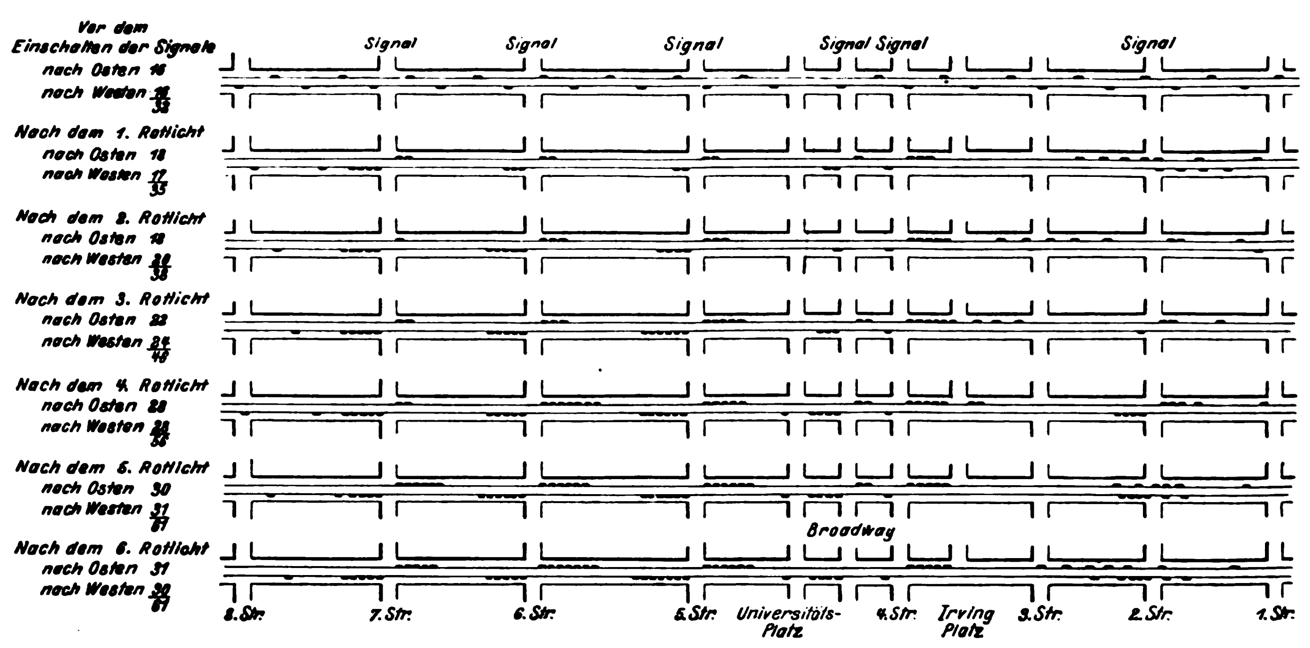


Abb. 7. Einfluß der Verkehrssignale auf den Straßenbahnverkehr.

u. zw. für den Abschnitt zwischen der 1. und der 8. Straße. Die Signalordnung zeigt Abb. 7. Bei der 2. Straße sind für den Durchgangsverkehr 60 s Signalzeit und für den Querverkehr 120 s vorgesehen mit 5 s Dunkelzeit bei jedem Wechsel. Alle übrigen Signale zeigen 135 s rotes und 75 s grünes Licht und sind ebenfalls bei jedem Wechsel 5 s dunkel. Die gleichzeitige Steuerung der Signale erfolgt nicht zwangsläufig, sondern ist durch sicht- und hörbare Zeichen zwischen den einzelnen Bedienungsstellen sichergestellt.

Der Einfluß der Aufenthalte infolge der Verkehrssignale geht aus Zahlentafel 1 hervor. Abb. 7 läßt ebenfalls erkennen, daß die Zahl der auf dem beobachteten Abschnitt fahrenden Straßenbahnzüge sich von 32 vor der Signaleinschaltung auf 61 nach dem 6. roten Licht erhöht.

Fahrplanmäßig haben in 1 h 103 Wagen die 14. Straße zu durchfahren, während zwischen 17 und 18 h an der Kreuzung der 4. Straße nur 78 Wagen gezählt wurden. Die Höchstzahl der bei einem Signalwechsel die Kreuzung befahrenden Wagen betrug 8, die Mindestzahl 3, im Mittel 5. Um bei der augenblicklichen Anordnung von 16 Signalwechseln in der Stunde 103 Wagen zu befördern, müßten jeweils 6,4 Wagen die Kreuzung befahren. Die Zahl von 6 ... 7 Wagen, die also bei jedem Freizeichen die Kreuzung

so daß die Abkürzung der jedesmaligen Freizeit — ohne Änderung der Gesamtfreizeit/h — möglich erscheint, ohne daß Verkehrstockungen eintreten werden. (El. Railway Journ. Bd. 73, S. 386.) *Spi.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Die magnetischen Eigenschaften von Perminvar. — G. W. Elmen berichtet über eingehende Untersuchungen an einer Gruppe von Eisen-Nickel-Kobalt-Legierungen, die er wegen ihres außergewöhnlichen magnetischen Verhaltens als „Perminvar" bezeichnet. Diese Materialgruppe zeigt sehr geringe Hysteresisverluste und bis zu ziemlich hohen Feldstärken eine konstante Permeabilität, die um ein mehrfaches größer ist als bei Weicheisen. Auch der eigenartige Verlauf der Hysteresiskurven, die eine Einschnürung in der Mitte aufweisen, kennzeichnet Perminvar als ein Metall von wesentlich neuen magnetischen Eigenschaften.

Auf Grund systematischer Legierungsversuche, bei denen alle drei Komponenten von 10 : 10 % variiert wurden, sowie durch magnetische Meßreihen hat Elmen den Legierungsbereich, der die charakteristischen Eigen-



schaften von Perminvar zeigt, genau abgegrenzt und in Dreieckskoordinaten dargestellt.

Außer der prozentualen Zusammensetzung ist die Wärmebehandlung der Legierung von grundlegendem Einfluß auf ihre magnetischen Eigenschaften. Zur systematischen Untersuchung dieser Abhängigkeit wurde eine Legierung gewählt, die wegen ihrer besonders hohen Anfangspermeabilität von hervorragender Bedeutung für die Praxis ist. Ihre Zusammensetzung ist 45 % Ni, 25 % Co, 30 % Fe.

Für die magnetischen Messungen wurde das Material in dünne Bänder von 3×0,15 mm Stärke gezogen und gewalzt, wobei es wegen der beim Ziehen entstehenden Sprödigkeit mehrfach einer Wärmebehandlung unterworfen werden mußte. Für einen Probekörper wurden rd. 9 m Band auf einen Ring von etwa 7,5 cm Innendurchmesser gewickelt. Die Drahtenden wurden verschweißt und die durch besondere Maßnahmen vor Oxydation geschützten Versuchskörper im elektrischen Ofen 1 h lang auf 1000° erhitzt und anschließend im Ofen selbst binnen 10 h auf Zimmertemperatur abgekühlt. (Abkühlungsgeschwindigkeit zwischen 700 und 400° 1,5°/min.) Ein Ring wurde nach dieser Behandlung unmittelbar untersucht (vergütet), ein zweiter weitere 15 min auf 600° erhitzt und dann auf einer Kupferplatte rasch abgekühlt (gehärtet); ein dritter Ring wurde noch 24 h bei 425° nachgeglüht.

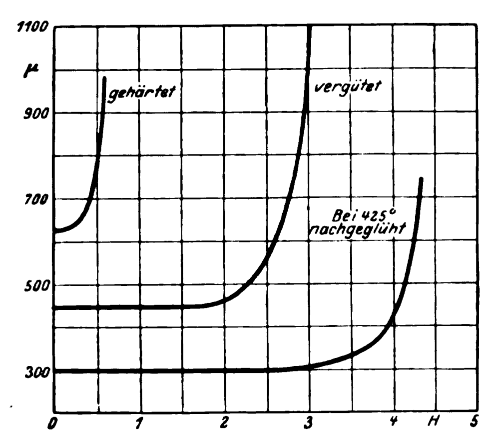


Abb. 8. Permeabilitätskurven für Perminvar (45% Ni, 25% Co, 30% Fe)

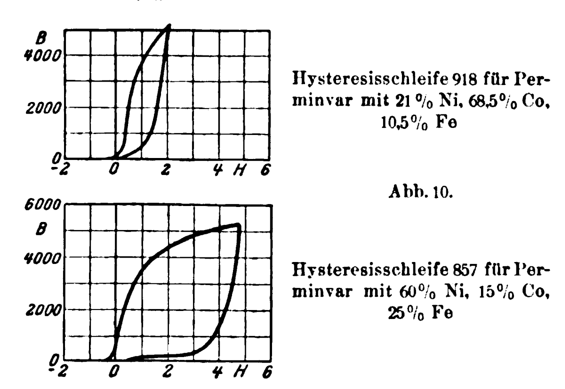
Durch das Nachglühen bei 425° wird zwar die Anfangspermeabilität etwas verkleinert, der Bereich konstanter Permeabilität aber gegenüber dem normal vergüteten Material noch vergrößert. Dagegen geht diese charakteristische Eigenschaft durch den Härteprozeß schon bei relativ kleinen Feldstärken verloren (vgl. Abb. 8 und 9). Parallel zu dieser Erscheinung zeigt Abb. 9 für das gehärtete Material schon bei kleinen maximalen Feldstärken deutliche Hysteresisverluste, während für das geglühte Material noch bei einer maximalen Induktion von 800 Gauß die Hysteresisschleife in eine gerade Linie zusammenfällt, d. h. noch keine meßbaren Verluste liefert.

A Gehärtet
B Bei 425° nachgeglüht (45% Ni, 25% Co, 30% Fe)

Abb. 9. Hysteresisschleifen für Perminvar.

Den großen Unterschied im magnetischen Verhalten dieser beiden Zustandsformen derselben Legierung erklärt Elmen aus der Tatsache, daß bei einer Temperatur von 500° ein Umwandlungspunkt der Legierung liegt. Er nimmt an, daß das Material oberhalb des Umwandlungspunktes eine homogene feste Lösung bildet, die bei fallender Temperatur gesättigt wird und am Umwandlungspunkt in ein Gemisch zweier fester Lösungen von verschiedener Konzentration zerfällt. Die Änderung der Permeabilität läuft in der Tat mit der Gefügeänderung des Materials parallel, und gleichzeitig erfährt der Charakter der Hysteresisschleife eine grundlegende Änderung. Während nämlich die Hysteresisschleife des gehärteten Materials den normalen Verlauf hat, d. h. ihre größte Breite beim Schnitt mit der *H*-Achse zeigt, tritt bei hohen Feldstärken eine starke Einschnürung der Schleife auf, wenn dieselbe Legierung bei niederer Temperatur stabilisiert wurde. Diese Erscheinung weist darauf hin, daß es sich hier nicht mehr um ein homogenes magnetisches Material handelt. Schon 1920 wurden von Gumlich[1] an einem kombinierten magnetischen Kreis, bestehend aus einem magnetisch harten und einem parallel geschalteten weichen Material, ähnliche Verzerrungen der Hysteresisschleife festgestellt, die durch einfache Überlagerung zweier Schleifen zustandekommen. Die außerordentlich kleinen Hysteresisverluste bei kleinen Feldstärken lassen darauf schließen, daß die eine Komponente des Perminvar ein Material von extrem geringen Verlusten gegenüber allen heute bekannten Metallen sein muß. Auch die beobachtete Veränderung des elektrischen Widerstandes mit der Wärmebehandlung steht im Einklang mit der Theorie Elmens von der Entmischung der homogenen Lösung.

Von der Reihe eigenartiger Hysteresiskurven, die bei der Variierung der Zusammensetzung der Legierung zustandekommen, gibt Abb. 10 einen charakteristischen Ein-



Hysteresisschleife 918 für Perminvar mit 21% Ni, 68,5% Co, 10,5% Fe

Abb. 10.

Hysteresisschleife 857 für Perminvar mit 60% Ni, 15% Co, 25% Fe

druck. Kurve 918 stellt eine Legierung aus rd. 21 % Ni, 68,5 % Co und 10,5 % Fe dar; Kurve 857 eine solche aus rd. 60 % Ni, 15 % Co und 25 % Fe, beide Legierungen in normal vergütetem Zustand.

Nach Ansicht Elmens besitzen die Perminvarlegierungen große Bedeutung für die Kabeltechnik. Wenn sich auch der zu kleine elektrische Widerstand durch einen geringen Molybdänzusatz auf brauchbare Werte erhöhen läßt, so scheint dem Berichter doch fraglich zu sein, ob die größere Konstanz der Anfangspermeabilität für die Praxis von so großer Bedeutung ist, daß sie den Nachteil der relativ kleinen Werte dieser Anfangspermeabilität überwiegt. (G. W. Elmen, Bell syst. techn. Journ. Bd. 8, S. 21.) E. Kurz, Stuttgart.

Verschiedenes.

VdI-Hauptversammlung in Königsberg und die „Lehrschau Holz"[2]. — Seine diesjährige Hauptversammlung hielt der Verein deutscher Ingenieure vom 22. ... 24. VI. in Königsberg i. Pr. ab. Ihr war am 21. VI. ein Besuch der T. H. Danzig voraufgegangen, um diese in einem Festakt in Verbindung mit der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen zu ihrem 25jährigen Bestehen zu beglückwünschen. An den Festakt in Danzig schloß sich eine „Verkehrstagung" unter dem Vorsitz von Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. de Thierry und Obering. Dipl.-Ing. Wolff, Hamburg. Es ist das erstemal, daß der VdI die Erörterung von Verkehrsfragen in das Programm der Hauptversammlung aufgenommen hat, und nach den Ausführungen von Wolff dürfte die Bildung einer Fachgruppe „Verkehrswesen" beim VdI in Aussicht genommen sein. Das Verkehrswesen sei mit dem ganzen Wirtschaftsleben auf das engste verbunden, in dem die Ingenieurarbeit zunehmend an Bedeutung gewinnt. Bei den Verkehrsmitteln trete diese vornehmlich bei der Gestaltung der Fahrzeuge in Erscheinung, die heute im Hinblick auf Technik und Kosten wichtiger als der Verkehrsweg sind.

Auf die Gemeinschaftsarbeit zwischen Verkehrswissenschaftler und Ingenieur zu einer vorausschauenden Entwicklung des gesamten Verkehrswesens wies auch

[1] E. Gumlich, Arch. El. Bd. 9, S. 153.
[2] Bericht über die vorjährige Hauptversammlung: ETZ 1928, S. 1054. — Über die Verleihung der Grashof-Denkmünze gelegentlich der diesjährigen Hauptversammlung wurde bereits in der ETZ 1929, S. 1032 berichtet.



Prof. Dr.-Ing. Pirath, Stuttgart, in seinem Vortrage „Verkehrsprobleme der Gegenwart" hin. Diese haben sich allmählich aus dem Bedürfnis nach schnellerem Verkehr und durch die Zunahme des Verkehrs seit der Vorkriegszeit in allen Ländern entwickelt. Eine starke Dynamik haben im Verkehrswesen die Belebung der Landstraße durch den Kraftwagen, der Transport von Energiemengen in veredeltem Zustand mittels Leitungen und die Verwendung des Luftweges für den Weltluft- und den Nachrichtenverkehr erzeugt. Die alten Verkehrsmittel Schiffahrt und Eisenbahn wurden zum Teil ihrer vielfach vorhandenen Monopolstellung beraubt und sahen sich veranlaßt, ihre Betriebe zu rationalisieren, um den Verkehr für die Lebensfähigkeit ihrer Anlagen zu behalten. Die neuen Verkehrsmittel verursachten eine „Individualisierung" des Verkehrs, die wegen der zahlreichen am Verkehr beteiligten Verkehrsmittel vielfach mit Unrecht als Zersplitterung und demnach ungesunde Entwicklung angesehen wird. Zur Beurteilung dieses Prozesses, in dessen Entwicklung wir uns befinden, wurde auf die baulichen, verkehrs- und betriebswirtschaftlichen Grundlagen der einzelnen Verkehrsmittel, auf das Verkehrsaufkommen nach Art und Richtung des Verkehrsbedürfnisses, auf die Erfüllung des Verkehrsbedürfnisses durch das zweckmäßigste Verkehrsmittel, auf die Zusammenarbeit der Verkehrsmittel und auf die ständige Forschung über die im technischen Fortschritt und im Wandel des Verkehrsbedürfnisses liegende Dynamik in der Erledigung der Verkehrsarbeit eingegangen. Bei den neuen Verkehrsmitteln sind die Anlagekosten für den Weg gegenüber den alten auf hergerichteter Bahn gesenkt, die für die Fahrzeuge erheblich gestiegen. Früher war für das erforderliche Kapital der Weg maßgebend, heute sind es die Fahrzeuge. So sei die Mitwirkung des Maschineningenieurs bei den neuen Verkehrsmitteln sehr wichtig. Beim Kraftbedarf der Verkehrsmittel ist der Kraftbedarf bei den Flugzeugen bezogen auf 1 Brutto-tkm, gegenüber dem bei den anderen Verkehrsmitteln sehr groß. In der Reisezeit und Reisezeitersparnis folgen sich Schiffahrt — Eisenbahn — Flugzeug. Die Zeitersparnis der schnelleren Verkehrsmittel wirkt sich erst bei großen Entfernungen günstig aus. Die Ausnutzung des Laderaums hängt bei allen Verkehrsmitteln von Angebot und Nachfrage ab. Verkehrsmittel mit hohem Anteil an veränderlichen Kosten sind wirtschaftlich besonders anpassungsfähig. Die festen Kostenanteile betragen bei den Eisenbahnen 61 %, bei der Schiffahrt 44 %, beim Kraftwagen 43 %, beim Flugzeug 50 %. Bei dem Bestreben nach Erhöhung der Schnelligkeit wird heute keine Absenkung der Betriebskosten erzielt. Die Vorzüge der neuen Verkehrsmittel sind nicht derart hervorstechend, daß die alten verdrängt werden. Doch bestehe ein zäher Kampf. Eine Planwirtschaft im Sinne der Zuweisung des Verkehrs an das geeignetste Verkehrsmittel komme nicht in Frage, da es eine ungesunde Zwangsbewirtschaftung von wirtschaftlichen Energien bedeuten würde. Wohl aber seien gesunde Wettbewerbsgrundlagen zu schaffen, die in weitgehender und gleichmäßiger Deckung der Ausgaben durch Einnahmen bestehen. Die Verkehrsaufteilung in Wertigkeitsgruppen werde weiter verfeinert werden müssen, um dann für jede das geeignetste Verkehrsmittel zu wählen. Die Abgrenzung der Gruppen sei noch nicht abzusehen, und für gleiche Verkehrszonen werden sich alte wie neue Verkehrsmittel interessieren. Hierin liege das Verkehrsproblem der Neuzeit. Grundsatz werde immer bleiben, daß stets das Verkehrsmittel mit dem größten Nutzen je nach dem Verkehrsbedürfnis zu wählen ist. Die Wahl der Verkehrsmittel müsse den Interessenten überlassen bleiben. In fast allen Ländern stelle der Protektionismus der öffentlichen Hand die Verkehrsmittel unter ungleiche betriebswirtschaftliche Bedingungen. Eine öffentliche Unterstützung hielt der Vortragende für erlaubt, doch solle kein Wettbewerb unterstützt werden, wie es beim Kraftwagen gegenüber der Eisenbahn immer noch erfolgt. Der Staat müsse dafür sorgen, daß im Verkehrswesen angelegtes Kapital soweit als möglich ausgenutzt wird. In den Jahren 1913 bis 1927 habe der Verkehr unter erheblicher Verschiebung in der Arbeitsverteilung auf die Verkehrsmittel zugenommen. In dieser Zeit seien die Fernleitungen zum Transport hochwertiger Güter entstanden, die im Jahre 1913 1,5 Mill t betrugen und 1927 auf 11,7 Mill t gestiegen waren. Von der Gesamtmenge im Güterverkehr der Eisenbahnen und der Seeschiffahrt entfallen 76 bzw. 80 % auf geringwertige, 19,5 bzw. 18,5 % auf mittelwertige und 4,5 bzw. 1,5 % auf hochwertige Güter. Eine weitere Spezialisierung der Verkehrsarbeit werde folgen, und regionale und wirtschaftliche Zusammenarbeit der Verkehrsmittel sei erforderlich. Bei Eisenbahn und Kraftwagen sei die Übernahme hochwertiger Güter technisch zu vervollkommnen und besser zu organisieren. Das Kraftwagenliniennetz und das Eisenbahnnetz seien heute schon in Amerika und Deutschland gleich. Scharfer Wettbewerb müsse im eigenen Interesse der Verkehrsunternehmen vermieden werden. Die Wirtschaftlichkeit der Eisenbahnen habe erheblich zugenommen, um höchste Leistung mit dem geringsten Aufwand zu erzielen. Wichtig sei eine möglichst vielseitige Ausnutzung des Personals. Hochwertige Güter mit 60 RM/kg und Postsendungen würden sich dem Luftverkehr zuwenden. Die sich für die Beförderung von Briefen, Gepäck und hochwertigem Gut ergebenden Verkehrsströme der Welt wurden im Bilde gezeigt. Der Hauptstrom wird über den Atlantischen Ozean zwischen Europa und Nordamerika erfolgen; er ist in beiden Richtungen wegen der gleichen Wirtschaftstruktur der Länder gleich. Wirtschaftliche und politische Verhältnisse werden den internationalen Luftverkehr vortreiben.

Den zweiten Vortrag auf dieser Tagung hielt Professor Dr.-Ing. Faßbender, Berlin, über „Die Hochfrequenztechnik im Dienste der Verkehrssicherung". Drahtlose Stationen kamen zunächst auf Schiffen zu ihrer Sicherheit und zur Übermittlung von Witterungsnachrichten in Frage. Dann kam das Flugzeug, dem die letzten Witterungsnachrichten zu seiner Sicherung drahtlos übermittelt werden müssen, wie seine Peilung, als Fremd- oder Eigenpeilung, je nachdem die Peilung von Fremden oder vom Flugzeug selbst vorgenommen wird. Heutige Peilempfänger lassen die Standortbestimmung zu. In den allerletzten Monaten ist mit der Einführung des Rahmen-Eigenpeilers mit Einknopf-Abstimmung ein großer Fortschritt erzielt worden. Dieser dient auch als Betriebsempfänger. Außerhalb der Flugzeugzelle befindet sich eine drehbare Rahmenantenne, im Innern derselben der Peilempfänger. Beim sog. Zielflug befindet sich im anzufliegenden Hafen ein drahtloser Sender, die sog. Funkbake, die in bestimmten Zeitabständen oder auf Anforderung die Peilzeichen sendet. Der Rahmen wird senkrecht zur Längsachse des Flugzeuges eingestellt und der Kurs so gewählt, daß das Empfangsminimum stets in die Flugzeuglängsachse fällt. Mit der Einführung der drahtlosen Peilung in der Luftfahrt können jetzt auch Flüge bei schlechtem Wetter ohne Bodensicht ausgeführt werden.

Um auf dem Gebiet der Schiffahrt dem Schiff bei unsichtigem Wetter einen sicheren Weg zu ermöglichen, sind verschiedene Verfahren ausgebildet worden. Eine letzte Methode benutzt die ultraroten Strahlen, die eine sehr viel bessere Durchleuchtungsfähigkeit für Nebel als die dem menschlichen Auge sichtbaren Strahlen besitzen. Es ist möglich, Scheinwerfer zu konstruieren, die solche Wellenlängen aussenden und ein Signalisieren durch den Nebel gestatten. Mit derartigen, besonders konstruierten Scheinwerfern läßt sich der Horizont ableuchten; treffen hierbei die Strahlen auf einen Gegenstand, so werden sie zum Teil reflektiert und lassen sich trotz verminderter Intensität mit den vom Bildfunk her bekannten photoelektrischen Zellen noch nachweisen. Mit der Photozelle wird ein Summer verbunden, so daß die Strahlen auch akustisch wahrnehmbar sind. In dieser Art kann ein Zusammenstoß zweier Schiffe im dichten Nebel verhindert werden. Im Kriege wären die Strahlen geeignet, die Vernebelung von Kampfeinheiten unwirksam zu machen.

Auf dem Gebiet der Verkehrssicherung im Eisenbahnwesen wurde auf die Fortschritte hingewiesen, die in den Verfahren zur selbsttätigen Bremsung von Zügen beim Überfahren von Haltesignalen erzielt werden. In der Aussprache wurden Versuche von Telefunken zur Anwendung der Hochfrequenz in der Rangiertechnik erwähnt. Um die Befehle des Rangiermeisters vom festen Standort an das Personal zu übermitteln, wurde Hochfrequenz-Telephonie auf einer Leitung von 2 km Länge, unter der die mit Antenne und Empfänger ausgestatteten Lokomotiven fahren, verwendet. Durch Pfeifen gibt der Lokomotivführer bekannt, daß er die Befehle richtig verstanden hat. Bei zwei Lokomotiven im Rangierbetrieb können indessen Irrtümer auftreten, auch macht die Anlage der Leitung Schwierigkeit. Man hat neuerdings Versuche mit kurzen Wellen von 3 m Länge aufgenommen, bei denen gegenseitig gesprochen werden kann.

Auf der Fachsitzung „Wärmetechnik" gab Dr.-Ing. von Laßberg, München, einen Überblick über die „Wärmewirtschaft in der Zellstoffindustrie". Mehrere neue Einrichtungen zur weiteren Verringerung des Verbrauchs an Fabrikationsdampf, wie die Vertikaltrockenpartien, das Fidalgo-Trockensystem, die Thorne-Schälmaschine, die Verwertung der in den Schwaden enthaltenen Wärme, wurden beschrieben und betont, daß mit der Verringerung des Dampfverbrauchs der auf die Einheit der erzeugten Ware bezogene Kraftbedarf steige, was beim Entwurf der Kessel- und Maschinenanlagen wohl zu berück-

sichtigen sei, um spätere Betriebsschwierigkeiten zu vermeiden. Den 2. Vortrag hielt Prof. Dr.-Ing. E. Schmidt, Danzig, mit dem Thema „Versuche über den Wasserumlauf in Dampfkesseln", die auch in den hierzu geschaffenen Einrichtungen gezeigt wurden. Auf Grund dieser entwickelte er seine Theorie des Wasserumlaufs, welche die Relativgeschwindigkeit des Dampfes gegen das Wasser in der Gemischsäule und die Selbstverdampfung berücksichtigt, was bei bisherigen Theorien nicht erfolgte. In der Aussprache wurden Mitteilungen zu Versuchen der SSW zur Selbstverdampfung und Wasserumlauf in stehenden Ruths-Speichern gemacht, wie solche im Charlottenburger Werk der BEWAG zur Aufstellung gelangen. Diese Versuche wurden in gläsernen Gefäßen ausgeführt und im Film festgehalten. Durch die Selbstverdampfung bei der Entladung treten derartige Erschütterungen auf, daß Trichter in die Behälter eingehängt werden mußten, um den Wasserumlauf zu regeln.

In der von Oberbaurat Füchsel, Berlin, geleiteten Fachsitzung „Schweißtechnik" berichtete Dr. Wuppermann, Schlebusch, über die zunehmende Bedeutung der „Stumpfschweißung im Abschmelzverfahren und ihre Anwendungsmöglichkeiten im Schiffbau", die aber auch für den allgemeinen Maschinenbau an Stelle der Feuerschweißung vorliegen. Versuche an Querschnitten bis zu 10 000 mm² sind ausgeführt worden, in denen bei richtiger Ausführung und Behandlung der Schweißung 100 % der Ursprungsfestigkeit und ein hoher Prozentsatz der Kontraktion und Dehnung der ursprünglichen Werte erreicht wurden. Reparaturen lassen sich mit elektrischer Schweißung billiger, sicherer und schneller ausführen als mit der Feuerschweißung. Durch eingehende metallurgische Forschung ist es nach dem Vortrag Dr. Sommers, Düsseldorf, „Fortschritte in der Verwendung hochwertiger Schweißdrähte", gelungen, für jedes Spezialgebiet die geeignetsten Schweißdrähte zur Verfügung zu stellen. Vom Stahlwerk Böhler wird unter der Bezeichnung „B Elite" ein Draht erzeugt, der die nicht metallischen Einschlüsse in der Mitte des Drahtes konzentriert. Die aus ihm hergestellte Schweiße ist warm schmiedbar und warm verwindbar. Der Draht kann wie ein umhüllter Draht für Wechselstrom benutzt werden. Auch für mit Chrom und Kupfer legierte Hochbaustähle sind Schweißelektroden geschaffen worden, die sich der höheren Streckgrenze und Festigkeit dieser Werkstoffe anpassen und am Minuspol angeschlossen werden können. Ein hochprozentiger Manganstahldraht („Böhler BM") ohne Ummantelung läßt sich autogen und elektrisch für Verbindungs- und Auftragschweißungen verwenden. Nach Ausführungen von Prof. Dr.-Ing. Hilpert, Charlottenburg, sind „neueste Untersuchungen des Werkstoffüberganges im Schweißlichtbogen" mit einem von Thun erfundenen Aufnahmeverfahren ausgeführt worden. Dies erfaßt den Materialübergang als Schattenriß, wobei etwa 2400 Bilder in der Sekunde festgehalten werden konnten, und gleichzeitig die zugehörigen Oszillogramme der Schweißspannung und -stromstärke aufgenommen wurden. Der Werkstoffübergang erfolgt vornehmlich als faden- oder pilzförmiger Tropfen; die Übergangsdauer beträgt $^1/_7 \ldots ^1/_{2000}$ s. Untersuchungen über das Zeitverhältnis von Lichtbogendauer und Tropfendauer ergaben einen günstigsten Wert von 2,22 bei 18 V und 180 A. Bei diesen Strom- und Spannungswerten wurde zugleich eine höchste sekundliche Tropfenzahl von 31 erreicht.

Die Vorträge auf den Fachsitzungen in Königsberg waren auf den Werkstoff „Holz" eingestellt, der auf der Werkstoffschau 1926 nicht behandelt werden konnte. Hiermit war eine „Lehrschau Holz"[1] im Hause der Technik auf der Ostmesse verbunden, die vom VdI zusammen mit dem Deutschen Forstverein und anderen führenden Fachverbänden veranstaltet war. Holzforschung und Holzverwendung waren hier in ausgezeichneter Weise zur Schau gestellt. Unter Beteiligung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft wurden zur Verwendung von Holz im Eisenbahn-Oberbau Holzschwellen für verschiedene Bauarten in verschiedenen Ausführungen, Sicherungen gegen Reißen, Geräte usw. gezeigt. Von den Dübelwerken, Berlin, wurden Schwellen mit Dübeln, Hohlpflöcken, Pappelholzplatten, Aufsattelungsplatten, Maschinen und Werkzeuge vorgeführt. Wirtschaftliche Angaben zur Verwendung mit Steinkohlenteeröl nach Reichsbahnvorschrift (System Rüping) imprägnierter Holzschwellen ließen erkennen, daß für den Kilometer normalspuriges Gleis 1044 RM jährlich erspart werden können. Zur Konservierung von Holzmasten durch Sublimat mittels Kyanisierung ist neuerdings die Druckkyanisierung und die Diakyanisierung getreten. Bei diesen Verfahren dringt das Sublimat tiefer in das Holz ein. Muffenholzrohre und kontinuierliche Holzrohre, die an der Verwendungstelle aus einzelnen Dauben, Spannringen und Kleinmaterial zusammengebaut werden, finden zunehmende Verwendung als Holzrohr-Druckleitungen bei Wasserkraftanlagen. Gezeigt wurde die Förchenbachleitung des Kraftwerks der Wendelsteinbahn (Bayr. Alpen) von 800 mm Dmr., 1050 m Länge und 8 atü. Das Speicherkraftwerk Mittweida hat eine Leitung von 1250 mm Dmr. und max. 3,5 atü. Die Leitungen schmiegen sich allen Gelände-Unebenheiten leicht an. Des weiteren wurde die Eignung des Holzes für den Bau von Antennenmasten gezeigt. In Königsberg stehen 80 m hohe, in Holzfachwerk erbaute Funktürme. In München wurden zwei in Eisen erbaute Antennentürme von 70 m Höhe durch gleichhohe Holztürme ersetzt. Der Wirkungsgrad der Antenne wuchs von etwa 20 % auf 62 %. Die vielseitige Verwendung im Personenwagenbau wurde von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft an einem zweiachsigen Einheits-Personenwagen II. Kl. eiserner Bauart in verschiedenen Arbeitstadien gezeigt. Beachtenswert ist hierbei die weitgehende Verwendung von Sperrholzplatten. In der Abteilung „Holz im Apparatebau" hatte die Siemens & Halske A.-G. Einzelteile zum Holzgehäuse eines Apparates, ein aus holzhaltigem Preßstoff hergestelltes Apparategehäuse u. dgl. zur Schau gestellt.

Der Lehrschau Holz hatte der Fachausschuß „Vertrieb" beim VdI seine Wanderschau „Der Vertriebsingenieur" angereiht, die vornehmlich auf einschlägige Fragen in den verschiedenen Zweigen der Holzindustrie eingestellt war. In der von Dr.-Ing. Litz geleiteten Sitzung „Vertriebstechnik" berichtete Ziviling. Bader über die Arbeiten im verflossenen Jahre, Dr.-Ing. Reitinger, Berlin, sprach über Saisonschwankungen und Vertriebsplanung, Dr.-Ing. Weiken, Berlin, über Verpackungs- und Versandkosten und deren Anteil am Warenpreis. Dieser beträgt heute 3 ... 5 % des Verkaufspreises und läßt sich durch zweckmäßige Wahl der Verpackung senken. Der Einfluß der Beförderungstarife ist hierbei weitgehend zu berücksichtigen. Aus der Erkenntnis, daß ein Einblick in die rechnungsmäßigen Vorgänge der Herstellung und des Vertriebs für den Ingenieur um so weniger entbehrlich ist, je bedeutender die Werte sind, die täglich zu und aus den Betrieben der Industrie fließen, hatte der VdI zum ersten Male im Rahmen seiner Tagung eine besondere Fachsitzung „Industrielles Rechnungswesen" unter dem Vorsitz von Prof. Meyenberg, Braunschweig, angesetzt. Dr.-Ing. Sommer, Köln, sprach über „Grundzüge der Plankostenrechnung", Dr. Schnutenhaus, Berlin, über „Analyse der Vertriebskosten". Die Plankostenrechnung ist eine Verbindung der Arbeitsplatzkostenberechnung mit der Jahresstundenrechnung und ermöglicht, Störungen durch plötzliche Wertanforderungen und die Einflüsse des wechselnden Beschäftigungsgrades in der Rechnung zu berücksichtigen, um einen Gleichklang der sachlichen und wertrechnerischen Vorgänge zu erzielen. Hierbei werden die Erfahrungen und Ergebnisse zurückliegender Perioden verwendet, um für den kommenden Zeitraum Betriebs- und Wertverlauf im voraus festzulegen. Aus dem 2. Vortrag ging hervor, daß eine durch genauere Gliederung ermöglichte Kostenzurechnung dann besonders wichtig ist, wenn in einem Unternehmen mehrere unterschiedliche Erzeugnisse hergestellt werden.

A. Przygode.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 656.

Neue Normblätter des DNA. — Eisenbahnwagenbau: DIN WAN 511 Blatt 2, Sonder-Formstahl, gewalzt, Abmessungen, Gewichte.

Fleischereimaschinen: DIN VDF 1 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Messerzapfen, Anschlußmaße. — VDF 2 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Gehäusekopfbohrung. — VDF 3 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Messer, doppelschneidig mit Bund. — VDF 4 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Messer, einschneidig mit Bund. — VDF 5 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Lochscheiben für Messer mit Bund. — VDF 6 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Messer, doppelschneidig ohne Bund. — VDF 7 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Messer, einschneidig ohne Bund. — VDF 8 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Lochscheiben für Messer ohne Bund. — VDF 9 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Einlegringe. — VDF 10 Fleisch-Schneidmaschinen 82 ... 300, Zusammenstellung der Schneidsätze, Beispiele.

Landwirtschaft: DIN LAND 302 Mähmaschinen, Finger für Grasmäher, Normalschnitt. — LAND 303 Mähmaschinen, Fingerplatte für Finger nach DIN LAND 302 und 352. — LAND 306 Mähmaschinen, Reibeplatte für Grasmäher, Normalschnitt.

Luftfahrt: DIN Vornorm L 12 Metrische Gewinde, Auswahl.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Unser kurzer Bericht über die Kapitalserhöhung der Preußischen Elektrizitäts-A.G. und ihre Gründe findet eine wichtige Ergänzung in folgenden Ausführungen des Amtl. Preuß. Pressedienstes: „Verfolgt man den stürmischen Entwicklungsgang der deutschen Elektrowirtschaft in seinen einzelnen Etappen, so findet man folgende Stufenreihe: Versorgungsanlagen für einzelne Häuser — für Häuserblöcke — für Gemeinden — technische Lösung der Fernübertragung und Bau von Überlandzentralen — schließlich Großkraftwerke, die unmittelbar auf der Energiequelle errichtet sind und den höchsten Typ wirtschaftlicher Stromproduktion darstellen. Großkraftwerke sind in der Lage, in einem weitgespannten Versorgungsgebiet die Grundbelastung an Strom zu liefern und mittels der modernen Hochspannungsleitungen zu verteilen. Ihre Funktionen finden eine Ergänzung in den Spitzenkraftwerken, die in den Zeiten des stärksten Strombedarfes mit eingreifen.

So stellt sich das elektrowirtschaftliche Schema dar. Die Wirklichkeit sieht allerdings anders aus. Wohl finden wir die modernsten Typen von Großkraftwerken, aber das Stromnetz als Ganzes erreicht durchaus nicht ein Niveau, das technisch diesen Großkraftwerken entspricht. Wie bei allem historisch Gewordenen finden wir in der Stromwirtschaft nebeneinander Entwicklungstypen, die ganz verschiedenen Epochen angehören. Vielfach halten Produktionsanlagen und Verteilungsnetze von Kommunen oder kommunalen Verbänden, die zur Zeit ihres Baues einen sehr rationellen Typ darstellten, inzwischen aber mit der technischen Entwicklung nicht Schritt gehalten haben, die Versorgungsgebiete, für die sie geschaffen wurden, weiter besetzt. So finden wir in den meisten Gegenden Deutschlands eine Zersplitterung der Stromversorgung in eine Unzahl kleinerer Netze, von denen jedes nach eigenem Ermessen sich weiter entwickelt. Bemühungen zur Zusammenfassung der Versorgungsgebiete zu Einheiten von einer solchen Größe, die dem technischen Fortschritt der Stromproduktion und -verteilung entspricht, stoßen vielfach auf keine geringeren Schwierigkeiten wie die Versuche einer Verwaltungsreform.

Der Plan, das deutsche Versorgungsnetz in Übereinstimmung mit dem elektrotechnischen Fortschritt zu bringen — jener Plan, den Klingenberg schon vor dem Kriege verwirklichen wollte, ist infolge der wirtschaftlichen Entwicklung der Nachkriegszeit heute in großem Stile nicht mehr durchzuführen. An seine Stelle muß das Bemühen treten, eine Rationalisierung von innen heraus zu schaffen, indem man kleinere, unwirtschaftliche Betriebe mit größeren zusammenfaßt, benachbarte Betriebe miteinander kuppelt und so allmählich zu größeren Einheiten kommt. Diese Frage der elektrowirtschaftlichen Verwaltungsreform nicht durch äußere Vorschriften, sondern als Selbstverwaltungsakt zu lösen, ist der Sinn der Maßnahmen, die der Preußische Staat innerhalb seines wichtigsten elektrowirtschaftlichen Arbeitsgebietes jetzt durch sein Organ, die Preußische Elektrizitäts-A.G. eingeleitet hat. Die genannte Gesellschaft hat durch den Landtag die Genehmigung erhalten, einen Teil ihres Aktienkapitals, und zwar bis zu 26 %, an Kommunalverbände im Austausch gegen deren Elektro-Versorgungsnetze zu überlassen. Es bietet sich hierdurch für die Kommunen bzw. kommunalen Verbände die Möglichkeit, in eine Gemeinschaftsarbeit mit dem Preußischen Staat einzutreten, der in seinem großen Hauptversorgungsgebiet, das von der Nordsee bis zum Main reicht, leistungsfähige Großkraftwerke auf eigener Kohlen- und Wasserkraftbasis ausgebaut hat. Solche Gemeinschaftsarbeit ist geeignet, zu der im allgemein-wirtschaftlichen Interesse dringend erforderlichen Vereinheitlichung und Vergrößerung der Versorgungsgebiete zu führen, ferner die Investitionspolitik, die bisher in den vielen kleinen Netzen zersplittert wird, nach einheitlichen Grundsätzen für das Gesamtgebiet zu disponieren. Für die Sicherung der Stromverbraucherinteressen sind besondere Kautelen vorgesehen worden. Es besteht nicht nur die Möglichkeit, eine qualifizierte Minorität des Aktienkapitals der Preußischen Elektrizitäts-A.G. in kommunalen Besitz zu überführen, sonderns es sollen weiter innerhalb der preußischen Interessensphäre regionale Unter-Gesellschaften gebildet werden, deren Aufsichtsratsmajorität aus Vertretern kommunaler Verbände bestehen wird. Für die kommunale Wirtschaft im Arbeitsgebiet der Preußischen Elektrizitäts-A.G. bietet sich also die Möglichkeit, eigene neue Investitionen für den Bau oder die Erweiterung von Kraftwerken zu vermeiden, damit dem schwierigen kommunalen Kreditproblem auszuweichen und ohne finanzielles Risiko den Anschluß an die Energie-Großwirtschaft zu finden. Die Überlandwerk Braunschweig G. m. b. H., die die Verteilungsnetze in den braunschweigischen Kreisen verwaltet, hat von dieser Möglichkeit bereits Gebrauch gemacht."

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1097.

Dipl.-Ing. G. Lesch erläutert in einer Abhandlung über den Neubau des Umspannwerks Ludwigshafen der Pfalzwerke A.G.[1] dessen wichtige Lage durch eine in Abb. 11 wiedergegebene Skizze, die sehr anschaulich das Entstehen einer Hauptaustauschstelle elektrischer Arbeit bei Mannheim-Ludwigshafen und ihre Verbindungen zeigt. Hier treffen sich die Interessengebiete der badischen Landesversorgung und des RWE, hier erfolgt die wirtschaftliche Kopplung der Wasserkräfte des Oberrheins, des Schwarzwaldes und der bayerischen Werke, demnächst auch der Vorarlberger Alpen mit der thermischen Energie des rheinischen Braunkohlenbeckens, über den Wasserweg des Rheins greift durch die Anlagen des Großkraftwerks Mannheim die Steinkohle des Ruhrgebiets ein, und nunmehr soll auch die bayerische Rheinpfalz von dem neuen Umspannwerk aus elektrische Arbeit erhalten.

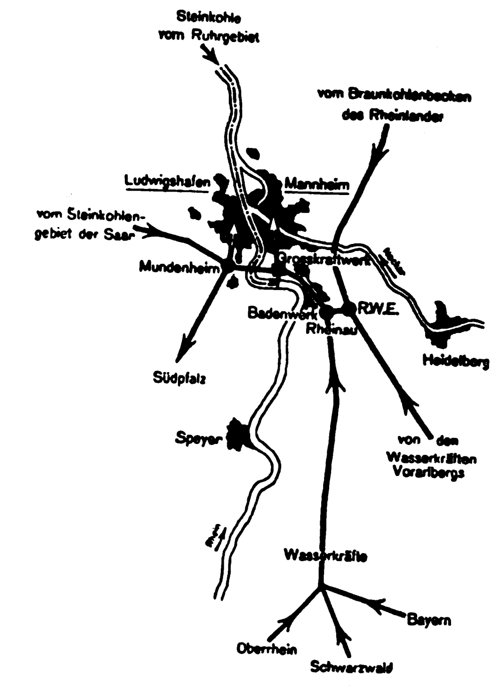


Abb. 11. Die Energieaustausch- und Übergabestelle am Zusammenfluß von Rhein und Neckar.

Über die Erweiterung des von den Vereinigten Elektrizitätswerken Westfalen G. m. b. H., Dortmund, versorgten Gebiets ist in letzter Zeit an dieser Stelle mehrfach referiert worden. Der Geschäftsbericht für 1928 weist zusammenfassend auf den Erwerb des Kreiselektrizitätswerks Arnsberg und der Geschäftsanteile der G. m. b. H. Elektrizitätswerk Bestwig, Meschede, Finnentrop, des Elektrizitätsverbandes Büren-Brilon G. m. b. H. und des Kommunalen Überlandwerks Wittgenstein G. m. b. H. hin. Außerdem haben die Städte Winterberg und Niedermarsberg ihre Werke sowie neuerdings die Gemeinden Datteln, Südlohn und Heiden ihre Stromnetze auf die Berichterstatterin übertragen. Innerhalb des alten Arbeitsbereichs ist bekanntlich die unmittelbare Versorgung der Stadt Recklinghausen an die VEW übergegangen, die auch die Eigenregie in verschiedenen Bezirken des früheren Landkreises Dortmund sowie in den Städten Arnsberg, Neheim, Brilon, Werne a. d. Lippe usw. erwarben. Mit der Preußischen Elektrizitäts-A. G. wurde, wie schon früher im Westen mit dem RWE und der Kemag, nunmehr gegen Osten ein Demarkationsabkommen getroffen. Hinsichtlich der Westdeutschen Elektrizitätswirtschaft A. G. bzw. der A. G. für deutsche Elektrizitätswirtschaft vgl. man die in der ETZ 1929, S. 725, schon wiedergegebenen Äußerungen der Verwaltung. Das Gersteinwerk wurde auf 92 800 kW gebracht, und die Erweiterung des mit der Stadt Barmen betriebenen Gemeinschaftswerks Hattingen auf 100 500 kW steht bevor. Ferner hat die Gesellschaft eine Reihe von Wasserkräften im Sauerland übernommen und außer der Ruhrwasserkraft am Hohenstein in Witten (jährlich rd. 7 Mill kWh) noch mehrere Wasserkräfte und -berechtigungen an diesem Fluß erworben, so daß ihr

[1] BBC-Nachr. Bd. 16, 1929, S. 67.



z. Z. 18 Wasserkraftwerke mit insgesamt 15 430 kW zur Verfügung stehen. Mit dem Bau der Hochspannungsleitung vom Gersteinwerk nach Hannover, die künftig eine erhebliche Bedeutung für eine einheitliche deutsche Verbundwirtschaft gewinnen wird und daher gleich als 220 kV-Doppelleitung angelegt werden soll, wurde begonnen. Nach einer Verständigung mit dem RWE will man sie gemeinsam zum Zweck des Anschlusses nach Westen über die jetzigen und künftigen Wasserspeicher an der Ruhr bis zu dem schon bestehenden Anschluß an das RWE-Hochspannungsnetz beim Gemeinschaftswerk Hattingen weiterführen. Am Ende des Berichtsjahres standen den VEW in den vier Kraftwerken Dortmund, Kruckel, Gersteinwerk und Gemeinschaftswerk 233 100 kW Generatorenleistung zur Verfügung, die, wenn die Leistung des letzteren zur Hälfte gerechnet wird, mit 15 430 kW der Wasserkraftwerke und 35 000 kW fremder Kraftquellen insgesamt 245 780 kW ergeben (188 580 i. V.). Erzeugt und bezogen wurden 1928 im ganzen 528,353 Mill kWh (431,129 i. V.), wovon 31,238 auf die Wasserkraftwerke und 85,589 Mill kWh auf Bezug aus den eigenen Zechenanlagen und von fremden Werken entfielen. Bei 238 543 kW Anschlußwert der Kleinabnehmer (155 860 i. V.) und 215 327 kW für Großabnehmer bereitzuhaltender Leistung (190 010 i. V.) hat die Gesellschaft an Kleinabnehmer 43,697, an Großabnehmer 388,513 Mill kWh, d. s. 432,210 Mill kWh im Versorgungsgebiet, und außerdem 18,349 Mill kWh an benachbarte Elektrizitätswerke abgegeben; die nutzbare Gesamtlieferung betrug mithin 450,559 Mill kWh, d. s. rd. 23 % mehr als im Vorjahr (367,114 Mill kWh). Die Einnahmen daraus sind auf 47 093 417 RM (einschl. der Zählergebühren 39 849 499 i. V.), der Reingewinn auf 7 818 785 RM (6 804 719 i. V.) gestiegen. Bei 60 Mill RM Stammkapital, das auf 75 Mill RM erhöht wird, kamen als Dividende 8 % zur Verteilung (7 % i. V.).

RECHTSPFLEGE.

Zur Frage des Rechts auf Lichtreklame. — Ein Berliner Geschäftsinhaber ließ an seinem in der Leipziger Straße gelegenen Geschäftshause mit polizeilicher Genehmigung eine Lichtreklameanlage anbringen. Sie steht senkrecht zur Hausseite und ragt in einer Breite von ungefähr 1,20 m über den Bürgersteig der im Eigentum der Stadt Berlin stehenden Straße hin. Die Anlage beginnt über der Decke des zweiten Stockwerkes in einer Höhe von etwa 10 m über der Straße und steigt etwa bis zur Decke des vierten Stockwerkes auf.

Die Stadt Berlin erachtete sich nun als Eigentümerin des Straßenlandes zur Untersagung dieser sich über ihr Eigentum erstreckenden Anlage für befugt und wollte sie nur gegen Erlegung einer jährlich zu zahlenden Gebühr gestatten. Der Geschäftsinhaber beantragte Feststellung, daß die Stadt Berlin nicht berechtigt sei, eine Beseitigung der Lichtreklameanlage zu verlangen oder die Gestattung von der Bezahlung einer Gebühr abhängig zu machen.

Das LG. entsprach der Feststellungsklage, das KG. wies sie ab, jedoch stellte das RG. mit Urteil vom 16. II. 1929 — V. 40/28 — das erstinstanzliche Urteil wieder her.

Wenn auch die Gründe, die zu dieser grundsätzlichen Entscheidung des RG. geführt haben, sich im wesentlichen aus einer Auslegung der in Betracht kommenden wegerechtlichen Bestimmungen herleiten, also über die Berechtigung des Anliegers an einer öffentlichen Straße zur Unterhaltung von Lichtreklameanlagen im Luftraum über dem Bürgersteig Auskunft geben, so ist doch das Ergebnis des Rechtsstreites für die Elektrotechnik von keineswegs minderer Bedeutung. Es ist einleuchtend, daß eine Bestätigung des Urteils des KG., das dem Straßeneigentümer im vorliegenden Falle ein Verbietungsrecht zugesteht, in der Folge Anlaß zu Einschränkungen und technischen Umgestaltungen auf dem Gebiete der Lichtreklame überhaupt gegeben haben würde. Aus den umfangreichen Entscheidungsgründen ist folgendes mitteilenswert und hier von Belang.

Das Recht des Eigentümers eines Grundstücks (Stadt Berlin) erstreckt sich gemäß § 905 BGB. auch auf den Raum über der Oberfläche, doch kann der Eigentümer Einwirkungen nicht verbieten, die in solcher Höhe vorgenommen werden, daß er an ihrer Ausschließung kein Interesse hat. Während das LG. das Vorliegen eines solchen Interesses verneinte, damit der Feststellungsklage stattgeben konnte, war das KG. der Auffassung, daß die ganze Anlage sehr wohl in die Interessensphäre der Eigentümerin eingreife und daß ein Interesse an der Verbietung dieses Eingriffs sich schon daraus ergebe, daß sie, die Eigentümerin, den Luftraum durch Vermietung (Erlegung einer Gebühr) ausnutzen wolle. Letzteres Interesse genügt nach Auffassung des RG. allerdings nicht, um ein Verbietungsrecht zu begründen, aber die ganze Lichtreklameanlage sei doch in ihren Größenverhältnissen keineswegs unbeachtlich und die Entfernung der Anlage von der Straßenoberfläche keineswegs so groß, daß aus diesem Grunde die Straßeneigentümerin sie ohne weiteres gestatten müßte. Wohl aber müsse die Betrachtung der Sache aus dem Gesichtspunkt der sich gegen den Straßeneigentümer aus der Widmung der Straße für den öffentlichen Verkehr ergebenden Beschränkung zu einem für den klagenden Geschäftsinhaber günstigem Ergebnis führen.

Die Straße hat auch den aus dem geschäftlichen Verkehr der Anlieger erwachsenen Bedürfnissen zu genügen. Dazu gehören Ankündigungen an das Publikum. Solche haben stets in den Luftraum der Straße hinein stattgefunden, in ihrer Art wechselnd je nach den Zeitverhältnissen. Verkehr und Technik haben sie auf die Lichtreklame hin entwickelt. Ein Eingriff in den Straßenkörper, wie z. Z. beim Legen von Straßenbahnschienen und Kabeln, findet dabei nicht statt. Die von dem klagenden Geschäftsinhaber ausgeübte Lichtreklame entspricht auch, ihrer Art und ihrem Umfang nach, der neuzeitlichen Entwicklung des geschäftlichen Verkehrs, wie er sich in der Öffentlichkeit auf der Straße abspielt, sie ist insbesondere auch dem Verkehr nicht hinderlich und steht mit den sonstigen Zwecken der Straße nicht in Widerstreit. Der Straßeneigentümer muß deswegen die sich aus der Ausübung solcher Befugnis ergebende Beschränkung seines Privateigentums als Ausfluß des Gemeingebrauchs dulden. Ein Eigentumsfreiheitsanspruch steht folglich der beklagten Straßeneigentümerin gegenüber der Lichtreklameanlage nicht zu.

Bewertung der Konzession, Abschreibungen auf Konzessionskonto. — Einer Elektrizitätsgesellschaft ist eine bis 1973 laufende Alleinberechtigung der Stromlieferung für den Bezirk eines Kommunalverbandes verliehen worden. Da die Gesellschaft für den Erwerb dieser Berechtigung Aufwendungen gemacht hatte, wurden diese auf Konzessionskonto gebucht und auf dieses Konto im folgenden Steuerjahre 2 % abgeschrieben. Die Berechtigung einer solchen Abschreibung überhaupt bestritt das Finanzamt und versagte die Absetzung, weil eine Absetzung wegen Abnutzung nach § 16 Abs. 3 EinkStG. nicht zulässig und der gemeine Wert der Berechtigung im Steuerabschnitt nicht gesunken sei.

Das Finanzgericht hat die Absetzung zugelassen, weil der gemeine Wert der Berechtigung sich im Laufe der Jahre bis 1973 verzehren werde. Die alljährliche Neufeststellung des gemeinen Wertes würde alljährlich die sehr schwierige Arbeit der Neubewertung der Konzession erfordern, eine Arbeit, die überaus unsichere Schätzungen bedinge und die Quelle endloser Rechtsstreitigkeiten sein würde. Die Berücksichtigung der praktischen wirtschaftlichen Gesichtspunkte verlange eine gleichmäßig auf die ganze Konzessionsdauer verteilte Abschreibung. Der eingesetzte Betrag könne als der nach den Aufwendungen zutreffende Wert, berechnet nach dem Stande des Tages der Konzessionserteilung, angesehen werden.

Der RFH. nahm zu dieser vom Finanzgericht entschiedenen Frage keine Stellung, da er rechtliche Bedenken gegen die Berechnung des Konzessionswertes hatte. Beide Vorinstanzen gehen nämlich davon aus, daß die in den Bilanzen erscheinenden Werte den gemeinen Wert der Konzession enthalten. Auch die streitige Absetzung von 2 % ist berechnet von dem Betrage, mit dem die Konzession in die Goldmarkeröffnungsbilanz eingestellt wurde und der den „gemeinen Wert" nach Ansicht der Parteien darstellt. Nach Auffassung des RFH. widerspricht eine derartige Bewertung den zwingenden Vorschriften des § 107 Abs. 2 S. 2 EinkStG. Nach diesen Vorschriften ist nicht von dem in die Goldmarkeröffnungsbilanz eingestellten Werte auszugehen, sondern von ⅔ des für den Stichtag dieser Bilanz errechneten fiktiven Anschaffungs- oder Herstellungspreises. Die Vorschriften enthalten also nicht Regeln über die Berechnung des gemeinen Wertes, sondern des als Anschaffungspreis zu behandelnden Wertes. Damit sind aber auch die dem Zeitlauf bis zur Erledigung der Konzession entsprechenden Absetzungen als solche für Abnutzung vom Anschaffungspreis ohne weiteres zulässig. (Entsch. d. RFH. v. 5. III. 1929 — I A 454/28.)

Dr. jur. C. v. dem Busch.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Übersicht über die Beschlüsse der XXXIV. Jahresversammlung in Aachen 1929.

Nachstehend sind die von der Jahresversammlung in Aachen gefaßten Beschlüsse zusammengestellt:

Ehrenmitgliedschaft.

Dem langjährigen Vorsitzenden der Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften und verdienten Herausgeber der Erläuterungen zu diesen Vorschriften, Herrn Geh. Regierungsrat Dr. C. L. Weber, Berlin, wurde die Ehrenmitgliedschaft des VDE verliehen.

Vorstand.

Wiedergewählt wurden, und zwar auf zwei Jahre, die Herren Brauns, Dettmar, Köttgen, Krone, Mayer, Montanus, Petersen, de Thierry und Wechmann sowie auf ein Jahr Herr Sarfert.

Die Wiederwahl des Herrn Krone erfolgte unter besonderer Begründung.

Zum Vorsitzenden wurde auf zwei Jahre wiedergewählt Herr Krone.

Zum 1. stellvertretenden Vorstandsvorsitzenden wurde Herr Petersen auf die Dauer von zwei Jahren wiedergewählt.

Ausschuß.

Die ausscheidenden Herren Craemer, Hissink, Orlich, Roos, Ruppel, Schering, Sieg, Vogelsang, Voigt Werner und Wölcke wurden auf zwei Jahre wiedergewählt.

Zum Revisor der Kassenführung des VDE wurde an Stelle des ausscheidenden Herrn Dr. Max Levy Herr Dir. Froese, Berlin, gewählt.

Ort der nächsten Jahresversammlung.

Beschlossen wurde mit Rücksicht auf die 1930 in Berlin stattfindende Weltkraftkonferenz sowie die zeitlich daran anschließende IEC-Tagung in Skandinavien im Jahre 1930 lediglich eine Vorstands- und Ausschußsitzung in Berlin abzuhalten.

Als Ort für die Abhaltung der nächsten Jahresversammlung im Jahre 1931 wurde die Stadt Frankfurt a. M. bestimmt mit Rücksicht auf das 50jährige Bestehen der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt. Sie soll in der zweiten Junihälfte stattfinden.

Beitragsfestsetzung.

Für das Jahr 1930 bleiben die für 1929 festgesetzten Bestimmungen bezüglich der Mitgliederbeiträge unverändert bestehen.

Satzungsänderungen.

Es wurden folgende Änderungen beschlossen:

II. Zweck.

§ 3.

Dieser Paragraph erhält folgenden Zusatz:

„Ausgeschlossen sind Erwerbs- oder sonstige eigenwirtschaftliche Zwecke, vielmehr soll der Verband lediglich dem gemeinen Besten auf dem Gebiete der elektrotechnischen Wissenschaften dienen."

III. Mitgliedschaft.

§ 6.

Dieser Paragraph erhält folgenden Zusatz:

„Kein Mitglied hat während seiner Zugehörigkeit zum Verband oder nach seinem Ausscheiden Ansprüche an das Verbandsvermögen oder auf Auszahlung von Gewinnen oder auf ähnliche Vermögensvorteile, auch nicht auf Rückzahlung von Einlagen oder sonstigen Beiträgen."

X. Jahresversammlung.

§ 33.

Dieser Paragraph erhält folgenden Zusatz:

„Bei Auflösung des Verbandes muß das vorhandene Vermögen ausschließlich gemeinnützigen Zwecken auf elektrotechnisch-wissenschaftlichem Gebiete zugeführt werden, insbesondere auch durch Überweisung an gemeinnützige Körperschaften; jede Zuwendung von Vermögen oder Vermögensvorteilen an Mitglieder des Verbandes ist ausgeschlossen."

Bevollmächtigungen des Vorstandes.

A. Der Vorstand wird ermächtigt, mit dem 1. Januar 1930 folgende nochmal zu überprüfende sowie z. Zt. noch nicht endgültig fertiggestellte Kommissionsarbeiten in Kraft bzw. die hierdurch ersetzten Arbeiten mit dem 1. Januar außer Kraft zu setzen:

1. Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften.

   Genehmigung des Ergebnisses der Überarbeitung der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.S.E. 1./1930" und der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber V. E. S. 2./1930".

2. Kommission für Freileitungen.

   Genehmigung des Ergebnisses der Überarbeitung der „Vorschriften für Stark-strom-Freileitungen V.S.F./1930".

   Hierzu gilt das gleiche wie das vorstehend zu Absatz 1 Gesagte.

3. Kommission für Bahnwesen.

   a) Neufassung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahnmotoren und sonstigen Maschinen und Transformatoren auf Triebfahrzeugen R.E.B./1930.

   Eine Veröffentlichung über den Entwurf erscheint in Kürze in der ETZ.

   b) Außerkraftsetzung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahnmotoren und sonstigen Maschinen und Transformatoren auf Triebfahrzeugen R.E.B./1925". Gültig ab 1. Januar 1925, angenommen durch die Jahresversammlung 1924, mit dem 1. Januar 1930, Sonderdruck VDE 296.

4. Kommission für Koch- und Heizgeräte.

   a) Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug.

   b) Sonderbestimmungen für Heizgeräte für Haarbehandlung (Anhang 2 zu den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen V.E.Hz./1925"):

   Die Entwürfe werden in Kürze in der ETZ veröffentlicht.

5. Großer Steckerausschuß.

   Leitsätze für zweipolige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Wohnungssteckvorrichtungen 250 V 10 A) für Erdung, Nullung und Schutzschaltung.

   Der Entwurf wird in Kürze in der ETZ veröffentlicht.

6. DIN VDE-Normblätter.

   Ferner wird der Vorstand ermächtigt, bis zur Jahresversammlung 1930 die endgültig fertiggestellten Normblätter für die Drucklegung freizugeben.

B. Vorstand und Ausschuß werden mit Rücksicht darauf, daß 1930 keine Jahresversammlung stattfindet, ermächtigt, die der Jahresversammlung satzungsgemäß zustehenden Entscheidungen über Verabschiedung und Außerkraftsetzung von Verbandsarbeiten, über Festsetzung des Jahresbeitrages, über evtl. Satzungsänderungen, die durch die Satzungskommission vorgelegt werden, 1930 selbst zu treffen.



Kommissionsarbeiten.

Die nachstehend aufgeführten Bestimmungen sind von der Jahresversammlung mit der Maßgabe angenommen, daß bei einigen dieser Arbeiten geringfügige Änderungen auf Grund nachträglich eingegangener Einsprüche vorgenommen werden dürfen, die in die von diesen Arbeiten herauszugebenden Sonderdrucke aufgenommen werden sollen:

1. Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften.

a) Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V., V. E. S. 1./1930[1]. Gültig ab 1. Januar 1930.

Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1928, S. 1379 und 1417; 1929, S. 541 und 872.

b) Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber V. E. S. 2./1930[1]. Gültig ab 1. Januar 1930.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1928, S. 1344; 1929, S. 581, 692 und 950.

c) Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V. B. S./1929. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1928, S. 1379 und 1417; 1929, S. 512 und 873.

d) Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1928, S. 1760; 1929, S. 473 und 873.

e) Regeln für die Errichtung von Leuchtröhrenanlagen. Gültig ab 1. Januar 1930.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 138 und 624.

f) Vorschriften für den Hochspannungschutz in medizinischen Röntgenanlagen. Gültig ab 1. Januar 1930.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1928, S. 990 und 1056; 1929, S. 31 und 626.

g) Änderung von § 15 der „Leitsätze für Spannungsucher bis 750 V" vom 1. April 1927. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 874.

h) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten:

Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln. Gültig ab 1. Juli 1924, angenommen durch die außerordentliche Ausschußsitzung vom 30. August 1923, und zwar:

Abschnitt I. Errichtungsvorschriften mit dem 1. Januar 1930 (einschließlich der ab 1. Juli 1928 gültigen Änderungen), Sonderdruck VDE 370;

Abschnitt II. Betriebsvorschriften mit dem 1. Juli 1929, Sonderdruck VDE 370;

Leitsätze für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft. Gültig ab 1. Januar 1926, angenommen durch den Vorstand im November 1925, mit dem 1. Januar 1930, Sonderdruck VDE 346, Abschnitt A;

Vorschriften für die Ausführung von Schlagwetter-Schutzvorrichtungen an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten. Gültig ab 1. Januar 1926, angenommen durch den Vorstand im Oktober 1925, mit dem 1. Juli 1929, Sonderdruck VDE 370.

2. Kommission für Maschinen und Transformatoren.

a) Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R. E. M./1930. Gültig ab 1. Januar 1930.

Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1928, S. 591 und 630; 1929, S. 829 und 951.

b) Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R. E. T./1930. Gültig ab 1. Januar 1930.

Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1928, S. 591 und 630; 1929, S. 794 und 952.

c) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten:

Regeln für die Bewertung und Prüfung elektrischer Maschinen R. E. M. 1923. Gültig ab 1. Januar 1923, angenommen durch die Jahresversammlung 1922, mit dem 1. Januar 1930, Sonderdruck VDE 288;

Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R. E. T./1923. Gültig ab 1. Januar 1923, angenommen durch die Jahresversammlung 1922, mit dem 1. Januar 1930, Sonderdruck VDE 319.

3. Kommission für Elektrowerkzeuge.

a) Änderung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Handbohrmaschinen" vom 1. Juli 1927. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 398 und 793.

b) Änderung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Poliermaschinen" vom 1. Juli 1927. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 398 und 793.

c) Änderung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Hand- und Supportschleifmaschinen" vom 1. Januar 1926. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 398 und 793.

4. Kommission für Freileitungen.

a) Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930[2]. Gültig ab 1. Januar 1930.

Der Wortlaut war angekündigt bzw. veröffentlicht in ETZ 1928, S. 1056, 1090 und 1132; 1929, S. 434, 726 und 947.

b) Außerkraftsetzung der „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen". Gültig ab 1. Oktober 1923, angenommen durch die Jahresversammlungen 1921 und 1922 sowie durch die außerordentliche Ausschußsitzung vom 30. August 1923, mit dem 1. Januar 1930 (einschließlich der nach dem 1. Oktober 1923 in Kraft gesetzten Änderungen), Sonderdrucke VDE 368 und 368 a bis c.

5. Kommission für Drähte und Kabel.

a) Änderungen der ab 1. Januar 1928 gültigen „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V. I. L./1930". Gültig ab. 1. Januar 1930.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 248 und 766.

b) Vorschriften für umhüllte Leitungen. Gültig ab 1. Juli 1930.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 251.

c) Außerkraftsetzung der „Normen für umhüllte Leitungen". Gültig ab 1. Oktober 1924, angenommen durch die Jahresversammlung 1924, mit dem 1. Juli 1930, Sonderdruck VDE 308.

6. Kommission für Installationsmaterial. Leitsätze für Installations-Selbstschalter. Gültig ab 1. Juli 1930.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 405 und 731.

7. Kommission für Hochfrequenztechnik.

a) Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1928, S. 1795; 1929, S. 403.

[1] Siehe die Bevollmächtigungen für den Vorstand.

[2] Siehe Fußnote 1.



b) Änderungen der „Regeln für den Bau und Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten" vom 1. Juli 1928. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 658 und 949.

c) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten: Vorschriften für Wechselstrom-Netzanschlußgeräte. Gültig ab 1. April 1927, angenommen durch den Vorstand im Februar 1927, mit dem 1. Juli 1929, Sonderdruck VDE 383; Vorschriften für Gleichstrom-Netzanschlußgeräte. Gültig ab 1. Juli 1927, angenommen durch die Jahresversammlung 1927, mit dem 1. Juli 1929, Sonderdruck VDE 394;

Vorschriften für Gleichstrom-Netzanschluß-Empfänger. Gültig ab 1. Juli 1927, angenommen durch die Jahresversammlung 1927, mit dem 1. Juli 1929, Sonderdruck VDE 395; Vorschriften für Verbindungsgeräte. Gültig ab 1. Oktober 1925, angenommen durch die Jahresversammlung 1925, mit dem 1. Juli 1929, Sonderdruck VDE 410.

8. Kommission für Isolierstoffe.

a) Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Preßspan. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 360, und 726.

b) Leitsätze für die Prüfung der Stoffeigenschaften keramischer Isolierteile für Nennspannungen unter 1000 V. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1928, S. 630; 1929, S. 362 und 766.

c) Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber als Isolierstoff. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 363 und 765.

d) Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 364 und 912.

e) Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 368 und 946.

f) Leitsätze für die Prüfung von Elektrolackpappe. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 368 und 911.

g) Leitsätze für die Prüfung von Vergußmassen für Geräte unter 1000 V Nennspannung. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 369 und 911.

h) Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Holz als Isolierstoff. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 246 und 728.

i) Leitsätze für die Prüfung von Glimmererzeugnissen. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 586 und 912.

k) Leitsätze für die Prüfung von natürlichen Gesteinen. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 728 und 946.

9. Kommission für Handgeräte.

a) Änderung der ab 1. Januar 1927 gültigen „Vorschriften für Handgeräte mit Kleinstmotoren V.G.K.M./1930". Gültig ab 1. Januar 1930.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 399, 472 und 793.

b) Vorschriften für Geräte-Einbauschalter für Spannungen bis 250 V. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 399 und 794.

c) Zusatz zu den ab 1. Juli 1930 gültigen „Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen" betr. Rauchverzehrer u. dgl. Gültig ab 1. Juli 1930.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 400.

d) Außerkraftsetzung der „Vorschriften für Handgeräte-Einbauschalter". Gültig ab 1. Juli 1926, angenommen durch die Jahresversammlung 1925, mit dem 1. Juli 1929, Sonderdruck VDE 339.

10. Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad.

a) Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an. Gültig ab 1. Juli 1929.

Der Wortlaut war veröffentlicht in ETZ 1929, S. 400.

b) Außerkraftsetzung der „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an". Gültig ab 1. Juli 1928, angenommen durch die Jahresversammlung 1928, mit dem 1. Juli 1929 (Sonderdruck VDE 419).

Neue VDE-Bestimmungen.

Am 1. Juli 1929 traten folgende Bestimmungen in Kraft:

Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen, VBS/1929.

Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte. (Diese Vorschriften gelten für Maschinen, Transformatoren und Geräte, deren Herstellung nach dem 1. Juli 1929 begonnen wird.)

Änderung des § 15 der „Leitsätze für Spannungsucher bis 750 V".

§§ 2 und 8 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Handbohrmaschinen".

§§ 2 und 14 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Poliermaschinen".

§§ 2, 6 und 10 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Hand- und Supportschleifmaschinen".

Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen. (Mit Rücksicht auf die Verarbeitung vorhandener Werkstoffvorräte und die Räumung von Lagervorräten wird eine Übergangsfrist bis zum 1. Juli 1930 eingeräumt.)

Änderungen der „Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten" (§§ 14 und 17).

Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Tafelpreßspan.

Leitsätze für die Prüfung der Stoffeigenschaften keramischer Isolierteile für Nennspannungen unter 1000 V.

Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber aus Isolierstoff.

Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen.

Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe.

Leitsätze für die Prüfung von Elektrolackpappe.

Leitsätze für die Prüfung von Vergußmassen für Geräte unter 1000 V Nennspannung.

Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Holz als Isolierstoff.

Leitsätze für die Prüfung von Glimmererzeugnissen.

Leitsätze für die Prüfung von natürlichen Gesteinen.

Vorschriften für Geräte-Einbauschalter für Spannungen bis 250 V.

Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an.

Leitsätze für Fassungen zu Röhrenlampen mit beiderseitigem Sockel nach DIN VDE 9650 (Soffittenlampen).

Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen, R.E.H./1929.



Außerdem tritt § 35 der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K.P.I.", der die Ausführung der Zugentlastung an Steckern behandelt, am 1. Juli 1929 in Kraft.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.

Der Generalsekretär:

P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Betr.: Unberechtigte Verwendung des VDE-Zeichens.

In der Privatklagesache

des Verbandes Deutscher Elektrotechniker e. V., Berlin,

gegen

den Ingenieur Christian Drees zu Hannover-Vinnhorst wegen Verletzung des § 14 Abs. 2 des Warenzeichengesetzes hat die III. kleine Strafkammer des Landgerichts in Hannover am 12. Februar 1929 für Recht erkannt:

Das angefochtene Urteil wird aufgehoben. — Der Angeklagte wird wegen Vergehens gegen § 14 Abs. 2 des Warenzeichengesetzes zu 50.— (fünfzig) RM, ersatzweise 5 Tagen Gefängnis und in die Kosten des Verfahrens verurteilt.

An den im Besitz des Angeklagten befindlichen Sicherungspatronen über 6 A mit dem Fabrikzeichen des Angeklagten ist das Warenzeichen VDE zu beseitigen oder die Patronen sind zu vernichten.

Ferner wird dem Privatkläger die Befugnis zuerkannt, diese Verurteilung auf Kosten des Angeklagten binnen 4 Wochen nach Rechtskraft dieses Urteils in der „Elektrotechnischen Zeitschrift" (Verlag J. Springer, Berlin) und in dem „Elektrotechnischen Anzeiger", Berlin, einmal zu veröffentlichen.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Zimmermann.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Durch Erlaß des preußischen Staatsministeriums vom 19. VI. d. J. ist der o. Prof. für Wasserbau an der T. H. Berlin, Dr.-Ing. Dr. techn. h. c. Adolf Ludin zum ordentlichen Mitglied der Akademie des Bauwesens ernannt worden. — Von der T.H. München wurde Dr. Heinrich von Buol, Direktor der Siemens & Halske A. G., in Anerkennung seiner Verdienste um die Entwicklung der elektrischen Meßinstrumente zum Dr.-Ing. E. h. ernannt.

Jubiläum. — Herr Richard Wernicke, Vorstand der Berliner Geschäftstelle der Hartmann & Braun A. G., konnte am 1. VIII. auf eine fünfundzwanzigjährige Tätigkeit im Dienste der genannten Firma zurückblicken.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Gleich- oder Wechselstrom-Schweißbogen?

Zu den Äußerungen des Herrn Dr. ROSENBERG (ETZ 1929, S. 210) möchte ich folgendes ausführen:

Als Schweißfachmann, der sich seit 15 Jahren mit der Gleichstrom- und seit ihrer Entstehung auch mit der Wechselstromschweißung befaßt, habe ich gefunden, daß ein Schweißer, der mit einem guten Wechselstromgerät zu arbeiten versteht, im allgemeinen ebenso gute Arbeit leistet, was Festigkeit der Naht anlangt, wie sein Kollege mit einer guten Gleichstromquelle. Hinsichtlich der Dichte ist die Gleichstromnaht vielfach überlegen. Ich weiß aus Erfahrung, wie schwierig es ist, Gleichstromschweißer auf Wechselstrom umzustellen. Ich gebe zu, daß es für Anfänger im allgemeinen leichter ist, mit Gleichstrom gute Schweißungen zu erzielen, aber nicht mit billigen Blankdrähten, sondern er so gut wie der geübte Schweißer erzielen dieses nur mit guten blanken Elektroden, deren Preis nicht viel geringer ist als der umhüllter Elektroden, die ja bei Wechselstrom gebräuchlich, aber nicht unbedingt notwendig sind. Es gibt namhafte Firmen, die Gleichstromschweißgerät verkaufen, dabei aber auch Elektroden, und die selbst sehr gut geleitete Schweißereien unterhalten. Diese empfehlen gleichfalls bei Gleichstrom zur Erzielung von Qualitätschweißungen nur umhüllte Elektroden (nicht zu verwechseln mit den teuren ummantelten Elektroden für Sonderzwecke). Die bei Wechselstrom gebräuchlichen Zündspannungen schwanken zwischen 60 und 80 V, die Bogenspannungen zwischen 18 und 20 V (nicht 14 V). Daraus ergibt sich für den Einphasentransformator ein durchschnittlicher Leistungsfaktor von 0,3. Dieser einen schlechten elektrischen Eigenschaft stehen aber so viel gute gegenüber beim Vergleich mit einem Gleichstrommaschinensatz (Motorgenerator), daß ich dem Transformator, wenn ich nicht aus einem besonderen Grunde den Gleichstrom haben muß, den Vorzug gebe. Es gibt Fälle, wo die Gleichstromdynamo unbedingt erforderlich ist, z. B. bei den Schweißautomaten oder bei der Kohlebogenschweißung oder wenn man die Wärmeunterschiede der verschiedenen Pole verwerten will; es gibt aber andererseits auch Fälle, wo man den Wechselstrombogen bevorzugt, z. B. bei der atomaren Wasserstoffschweißung, bei der Verwendung gewisser ummantelter Elektroden, oder bei der Verschweißung von Nickellegierungen. In Amerika baut man aus diesem Grunde Maschinen, die sowohl Gleichstrom- wie Wechselstromschweißbogen liefern (Dualarc). Als besondere Vorzüge des Transformators gegenüber dem Motorgenerator möchte ich folgende nennen:

1. Elektrische: Der Wirkungsgrad des Transformators liegt meist an oder über 0,9, der des Umformers bei 0,5 (es gibt solche mit $\eta = 0{,}33$). Der Leerlaufverlust des Transformators ist meist etwa $^1/_{10}$ des eines Umformers gleicher Größe (150 ... 200 W gegenüber 1,5 ... 2,5 kW für ein 200 A-Gerät); dieser Vorteil ist wichtig, da bis zu 50 % Leerlauf in Schweißbetrieben vorkommen.

2. Mechanische: Der Transformator ist ruhend, von einfachster Bauweise und Schaltung, er kann ölgekühlt und wasserdicht, ohne bewegliche, dem Verschleiß unterworfene Teile, gebaut werden und ist dann dem rauhesten Betrieb gewachsen und bedarf keinerlei Wartung.

3. Wirtschaftliche: Preis Raumbedarf und Gewicht sind etwa ein Drittel so groß als bei einem Umformer gleicher Leistung. Dies gilt alles für eine Schweißstelle; handelt es sich aber um mehr- oder vielstellige Schweißausrüstungen, so verschieben sich die Vorteile noch viel mehr zugunsten des Wechselstromes, da man nur einen Haupttransformator und für jeden Schweißplatz eine regelbare Drossel benötigt (siehe Techn. Zentralbl., Fachheft der Schweißtechnik, Frühjahrsausgabe 1928, Technologischer Verlag, Berlin-Halensee, mein Aufsatz: „Mehrstellige Schweißanlagen").

Um nun den schlechten Leistungsfaktor zu beheben, bedient man sich des Phasenschiebers, u. zw. bei Einzelschweißstellen des Kleinkondensators (siehe ETZ, H. 10 vom 8. III. 1928, mein Aufsatz: „Der Kleinkondensator in der Schweißtechnik", S. 398/99, und „Schmelzschweißung", Hanseatische Verlagsanstalt Hamburg, H. 1 u. 4, 1927), bei vielstelligen Anlagen des rotierenden Phasenkompensators. Durch Parallelschaltung z. B. eines 150 A-Schweißtransformators mit einem etwa 8 BKW-Kleinkondensator hat man ein Gerät, das man bequem an jeden Hausanschluß von etwa 3,5 ... 4 kW anschließen kann (es sind nur zwei Leiter nötig, zur Not zwischen Null- und Außenleiter), während ein Umformer gleicher Leistung einen Drehstromanschluß (drei Leiter nötig) von 6 ... 8 kVA benötigt, der das Vorhandensein eines Kraftanschlusses zur Voraussetzung hat, der aber bei vielen Außenmontageschweißungen nicht vorhanden ist. In solchen Fällen müßte man bei Gleichstrom zum benzinelektrischen Maschinensatz greifen, wodurch die Schweißarbeit sofort das 3- bis 4fache kosten würde. Die durch den Anschluß eines solchen kompensierten Wechselstromgerätes hervorgerufene unsymmetrische Belastung des Drehstromniederspannungsnetzes kann geduldet werden, da solche Unsymmetrien in jedem Netz auch durch Lichtbetrieb vorkommen. Ein Einphasentransformator mit Kondensator stellt sich aber hinsichtlich Preis, Raumbedarf und Gewicht noch immer viel günstiger als ein gleich großer Umformer, dabei hat der Kondensator, z. B. Bauart der Firma Meirowsky & Co., A. G., Porz a. Rh. bei Köln, ebenfalls die vorhin erwähnten mechanischen Vorzüge, ist also dem rauhesten Betrieb gewachsen.

Köln-Kalk, 23. IV. 1929. J. C. Fritz.



Erwiderung.

Herr FRITZ führt einige Punkte an, die für Wechselstromschweißung sprechen. Es sind darüber recht verschiedene Standpunkte geltend gemacht worden. Es sei zugestanden, daß ein sehr guter Schweißer bei Verwendung von ummantelten Elektroden mit Wechselstrom manche Arbeiten ebensogut ausführen kann wie ein Dutzendschweißer, der mit gewöhnlichen, blanken Drähten von einer Gleichstromquelle aus schweißt. Bei Gleichstromschweißung ist ein Mann in wenigen Tagen so weit abgerichtet, daß er verwendbare Arbeit leistet, und dies ist von der größten Wichtigkeit, weil Werke, die sich die Vorteile der Schweißung zunutze machen, ständig neue Schweißer brauchen. Für gewisse Arbeiten ist Gleichstrom, auch nach Meinung von Herrn FRITZ, unbedingt erforderlich.

Beim Wirkungsgrad ist es von Wichtigkeit, wieviel Wattstunden und wieviel Arbeitszeit für 1 kg gleich tief verschweißten Materials gebraucht werden, und da stellen sich die Ziffern anders als die von Herrn FRITZ angeführten Wirkungsgradziffern. Im übrigen ist der Wirkungsgrad des Elin-Umformers für 200 A höher als 0,55 und der Leerlaufverbrauch nur 1 kW.

Nicht einverstanden erklären kann ich mich mit dem Vorschlag von Herrn FRITZ, einen 150 A-Schweißtransformator mit einem Kleinkondensator für 8 BkW an einen Hausanschluß von etwa 3,5 kW bis 4 kW anzuschließen. Eine solche Anordnung wäre nur verwendbar mit einem zuverlässigen, selbsttätigen Schalter, der den Kondensatorkreis jedesmal im selben Moment unterbricht, als der Lichtbogen abreißt und den Kondensatorkreis sofort wieder schließt, wenn Strom durch die Elektroden fließt. Eine Schweißwerkstatt wird sich nicht leicht einen solchen Schalter aufbürden lassen. Läßt man ihn weg, so ist bei jedem Abreißen des Lichtbogens eine Belastung des Netzes mit 8 BkW vorhanden, also die doppelte zulässige Belastung. Die Spannungsstörungen sind genau so groß, wie wenn der Kondensator nicht vorhanden wäre, denn beim Abreißen des Lichtbogens ruft der Kondensatorstrom eine Steigerung der Spannung in seiner Phase hervor, und die jetzt entstehende Spannung wird durch die induktiven 10 kVA, die im Momente der Berührung der Elektroden fließen, um ebensoviel Volt herabgedrückt, als die normale Spannung, wenn kein Kondensator vorhanden ist.

Ein rotierender Phasenkondensator wird gewiß nicht billiger kommen als ein Umformer, und es wird wohl niemand, der eine rotierende Maschine aufstellen muß, anstatt der Gleichstrom-Schweißmaschine einen Phasenkompensator wählen.

Weiz, 16. IV. 1929. E. Rosenberg.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Verwertung der freien Elektronen (Elektronentechnik). Von Prof. Dr. H. Greinacher. Mit 35 Textabb. u. 38 S. in 8°. Verlag von Paul Haupt. Bern u. Leipzig 1927. Preis geh. 1,80 RM.

Das Heft ist eine Erweiterung einer akademischen Rede. Wie die glüh- und lichtelektrisch ausgelösten und in den Kathodenstrahlen vorhandenen freien Elektronen technisch benutzt werden, ist systematisch dargestellt. Einige Stichworte genügen zur Kennzeichnung des Umfangs: Zweielektrodenröhre, Dreielektrode, Kathodenstrahloszillographen und -ofen, Ionen- und Elektronen-Röntgenröhren, Photozelle. Das Heft gibt schnell einen guten Überblick über das Gebiet in gut populärer Form.

Lübcke.

The electronic theory of valency. Von N. V. Sidgwick. Mit XI u. 310 S. in gr. 8°. Verlag Oxford University Press, London 1927. Preis geb. 15 sh.

Das Buch behandelt in zusammenfassender Darstellung die Lehre von der Molekülbildung, wie sie sich aus der modernen Atomphysik entwickelt hat. Die Darstellung folgt den Theorien, die besonders die amerikanische Schule, von G. N. Lewis inauguriert, entwickelt hat und zu deren Ausbau der Verfasser wesentlich beitrug. Ob diese Theorie nicht durch die jüngste Entwicklung der Quantentheorie in wesentlichen Grundzügen überholt worden ist, kann hier nicht erörtert werden. Aber innerhalb dieses Rahmens hat uns Sidgwick mit dem Werk eine meisterhafte Darstellung geschenkt, die wohl geeignet ist, der neuen Disziplin der Atomchemie auch dort Eingang zu verschaffen, wo man ihrer Entwicklung nur widerstrebend folgt. Vornehmlich ist die umfassende und breite Darstellung zu rühmen, die nicht nur das Verständnis auch schwieriger Prozesse erzwingt, sondern die auch die atomphysikalische Betrachtungsweise auf Vorgänge anzuwenden lehrt, die bereits über den Rahmen der Atomchemie hinaus tief in das Gebiet der ursprünglichen physikalischen Chemie hineinführen. So werden nicht nur die Probleme der modernen Valenzlehre behandelt, die polare, die unpolare und die koordinative Bindung, sondern auch Problemen, wie der Lösung und Hydratation, dem Magnetismus der Moleküle, der Stereochemie und den komplizierten organischen Molekülen sind besondere Kapitel gewidmet, deren Darstellung stets auf den Ergebnissen der Quantentheorie des Atombaus fußt. So kann das Werk mit als eines der besten allen denen empfohlen werden, die sich mit den Problemen dieser jüngsten Wissenschaft, sei es lernend, sei es sich weiter bildend, zu beschäftigen wünschen. Erfreulich ist der verhältnismäßig geringe Preis des 310 Seiten starken Werkes.

R. Samuel.

Schmiermittel und ihre richtige Verwendung. Ein Hilfsbuch bei der Auswahl u. Beurteilung eines geeign. Schmiermittels f. Maschinenbesitzer, Betriebsleiter, Einkäufer und Ölhändler. Von Dr. C. Ehlers. Mit 4 Diagr. im Text, VI u. 112 S. in gr. 8°. Verlag von Otto Spamer, Leipzig 1928. Preis geh. 8 RM, geb. 10 RM.

Wie aus der Vorrede ersichtlich, wendet sich die Schrift an einen Leserkreis, der sich zum größten Teil vom Standpunkt der Öltechnik aus Nichtfachleuten zusammensetzt. In einem solchen Kreis praktisch verwertbare Kenntnisse über Schmiermittel und deren Verwendung zu verbreiten, ist eine schwierige, volkswirtschaftlich bedeutsame Aufgabe, der sich der Verfasser mit Erfolg hingegeben hat, wenn auch einige seiner Ausführungen eine Revision vertragen.

Ein Verdienst des Verfassers ist es, daß er bei dem Kapitel „Öleinkauf" die Frage nach der Herkunft des Öles in den Vordergrund stellt. Eine Rangordnung nach der Provenienz zu schaffen, dürfte jedoch für die hochwertigen Qualitäten der russischen und pennsylvanischen Öle nicht möglich sein, selbst bei weitgehender Spezialisierung des Verwendungszweckes. (Die auf S. 38 gegebene Rangordnung ist bei Nr. 5 u. 6 nicht im Einklang mit der Tabelle S. 39.) Die Frage nach der Provenienz hat jedoch ihre Berechtigung, insbesondere heutzutage, wo der Ölhandel durch die Ölpolitik des einen oder anderen Ölmagnaten, die nicht immer auf sachlichen Gründen beruht, beeinflußt wird[1].

Ein anderes wichtiges Kriterium, das von dem Verfasser bei Ölen für Verbrennungsmotoren gefordert wird, ist die Teerzahl, da man sich hierdurch ein Bild machen kann, ob das Öl der hohen Wärmebeanspruchung auf die Dauer standhält.

Das Kapitel „Viskosität" muß bei einer Neuauflage revidiert werden. Eine kleine Tabelle, wie z. B. in den „Richtlinien für den Einkauf und Prüfung von Schmiermitteln" S. 72, ist sicher für den Laien zweckmäßiger als die vier Diagramme. Auch das Kapitel „Schmiervorgang" kann einige Verbesserungen vertragen.

Daß alle Ölprüfmaschinen zu verwerfen sind, dürfte wohl zu viel gesagt sein. Es kommt darauf an, welchen Versuchen sie dienen sollen und wie sie konstruiert sind. Vergleichsversuche lassen sich vielfach leichter und billiger an einer zweckmäßig konstruierten Prüfmaschine durchführen als im Betrieb selbst.

Sehr beherzigenswert ist der Hinweis S. 45, daß eine einzige Betriebstörung die durch Verwendung billigen Öls erzielten Ersparnisse illusorisch macht. Die Bemerkung S. 47, daß Dampfzylinderöle nicht nach der Viskosität bei 100° beurteilt werden dürfen, ist richtig; daß aber aus der Viskosität bei 150° nichts anderes zu ersehen ist, als bei 100°, muß erst auf Grund von Versuchen erwiesen werden. Man sollte bei Zylinderölen die Meßtemperatur so hoch wie möglich treiben.

[1] So hat der englische Ölmagnat Sir Henry Deterding sogar den Vertrieb der im Bestand seines Konzerns befindlichen russischen Öle auf längere Zeit unterbunden, als „Repressalie" gegen die Sowjet-Regierung, die seine unberechtigte Forderung auf Entschädigung enteigneter Besitzer von Ölfeldern abgelehnt hat. Geschäftstüchtige Verkaufsorgane des Konzerns lieferten dann an eine Reederei statt des an dieser Stelle bewährten russischen Öles ein Öl anderer Provenienz, das Betriebstörungen verursachte, die beinahe eine Katastrophe herbeigeführt hätten. Die Frage der Besteller nach der Provenienz hätte dieses Geschäft von vornherein unmöglich gemacht



Alles in allem stellt die Arbeit ein für den eingangs genannten Leserkreis nützliches Buch dar, dessen praktischen Wert die obigen Ausstellungen kaum mindern dürften. Sie wurden gemacht, um bei weiteren Auflagen, die dem Buch zu wünschen sind, berücksichtigt zu werden.

Georg Duffing.

Handbuch der Physik. Herausg. v. H. Geiger und K. Scheel. Bd. 18: Geometrische Optik, optische Konstante, optische Instrumente. Bearb. v. mehr. Fachgen., redigiert v. H. Konen. Mit 688 Textabb., XX u. 865 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1927. Preis geh. 72 RM, geb. 74,40 RM.

Der umfangreiche, von den Fachleuten des Zeißwerks bearbeitete Band umfaßt die ganze geometrische Optik, einschließlich eines Kapitels (H. Keßler) über optische Konstanten (d. h. Bestimmung des Brechungsindex) und eines Kapitels (F. Jentzsch) über das Verhältnis von geometrischer Strahlenoptik zu physikalischer Wellenoptik. — Wie es bei der Erfahrung und Sachkenntnis der Bearbeiter nicht anders zu erwarten ist, birgt das Buch eine Fülle wertvollen Materials, auf das im einzelnen hier einzugehen nicht möglich ist. Daß aber der Gegenstand vielleicht doch nicht ganz gleichmäßig nach allen wünschenswerten Richtungen hin behandelt worden ist, zeigt sich an der sehr untergeordneten Rolle, die die auf den optischen Potentialen (Eikonalen) beruhenden Methoden in dieser Darstellung spielen. Vielleicht wäre durch stärkere Berücksichtigung dieser Methoden die von Jentzsch bedauerte „etwas isolierte Stellung der geometrischen Optik im Gesamtgebäude der Optik" zu vermeiden gewesen. Alles in allem wird man aber Bd. 18 des Handbuchs als imposantes Werk anerkennen und begrüßen. P. P. Ewald, Stuttgart.

Die Chemie der Bau- und Betriebsstoffe des Dampfkesselwesens. Von Dipl.-Ing. R. Stumper. Mit 101 Textabb., XI u. 309 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 24 RM.

Der Verfasser hat in dem vorliegenden Werk in zusammenfassender Darstellung das gesamte Gebiet der Dampfkesselchemie in eingehender Weise behandelt. Das Buch erschien gerade in der Zeit des Überganges der Energiewirtschaft zum Höchstdruckdampf, wo sich der Chemiker, der Konstrukteur und der Betriebsmann völlig veränderten Verhältnissen im Dampfkesselwesen gegenüber sahen. Stumper hat diesen beteiligten Personen in seinem Werk nicht nur ein Handbuch, sondern wegen seiner gemeinfaßlichen Darstellung auch ein Nachschlagewerk geschenkt, das seine Bestimmung in Dampfkesselkreisen nicht verfehlen wird.

In der Einleitung streift der Verfasser kurz die Grundbegriffe des Dampfkesselbetriebes, die verschiedenen Kesselbauarten sowie die für Leistungsversuche gebräuchlichen Kennworte. Der 1. Teil umfaßt die verschiedenen Bau- und Werkstoffe, deren chemische, metallographische und Festigkeitseigenschaften. Der 2. Teil behandelt die verschiedenen Brennstoffe und das Speisewasser sowie seine Verunreinigungen. Im 3. Teil wird das Verhalten der Betriebstoffe im Dampfkessel und im 4. Teil das Verhalten der Kesselbaustoffe im Betrieb erörtert. Der letzte Teil gibt über die so überaus wichtige Frage der Kesselspeisewasseraufbereitung Aufschluß.

Zusammenfassend ist zu bemerken, daß das von Stumper herausgegebene Buch eine wertvolle Neuerscheinung auf dem Gebiete des Dampfkesselwesens bedeute, das sicher in den beteiligten Kreisen weitgehende Beachtung finden wird. Dr.-Ing. Lauber.

Leitfaden der Technischen Wärmemechanik. Kurzes Lehrb. d. Mechanik d. Gase u. Dämpfe u. d. mechan. Wärmelehre. Von Prof. Dipl.-Ing. W. Schüle. 5., verm. u. verb. Aufl. mit 132 Textfig., 6 Taf., VIII u. 323 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 7,50 RM, geb. 9 RM.

Dieses kurze Lehrbuch der Thermodynamik, hauptsächlich für den Selbstunterricht bestimmt und nur bescheidene mathematische Vorkenntnisse erfordernd, hat sich offenbar gut eingeführt und verdient seine Beliebtheit. Denn der Anfänger und nicht nur dieser findet hier fast alles Wichtige über das Verhalten der Gase und Dämpfe im Ruhezustand, bei der Bewegung und in der Maschine.

Die neue Auflage ist durch einen Hauptteil über Dampfbetrieb und Dampfwirtschaft (28 Seiten) erweitert und bereichert worden. In der ihm eigenen klaren Darstellungsweise behandelt Schüle hier die einzelnen Teilwirkungsgrade der Dampfmaschine, die gleichzeitige Lieferung von mechanischer Energie und Wärme und die verschiedenen Arten der Dampfmaschine. Auch die Vorzüge des Hochdruckdampfes werden kurz auseinandergesetzt. Ein Satz des Vorwortes betont, daß nur das Wichtigste von den wichtigsten Verfahren gebracht werden konnte. Vielleicht findet sich in einer späteren Auflage auch noch Platz, um die eine oder andere Herstellungsart von Hochdruckdampf zu charakterisieren. Ein besonderer didaktischer Wert scheint mir in dem Bensonverfahren zu liegen; von dem geistreichen Umweg um den kritischen Punkt etwas zu erfahren, würde sicher auch viele Anfänger interessieren. Max Jakob.

Angewandte Differential- und Integralrechnung. Eine Einführung in die Grundgedanken neuzeitl. Math. m. bes. Berücks. techn.-physikal. Anwend. (Bd. 1 der „Studienbücher der Math., der Naturwiss. u. d. Technik", herausg. v. Dr. Georg Wolff.) Von Prof. Dr. A. Harnack. Mit 76 Fig. im Text, VII u. 265 S. in 8°. Verlag Otto Salle, Berlin 1928. Preis geb. 10 RM.

Das Buch geht bis zu den Differentialgleichungen erster und zweiter Ordnung. Es kommt den Bedürfnissen der Praxis entgegen, indem es Wert darauf legt, weniger systematische Strenge als Verständlichkeit zu beobachten und die Anwendbarkeit der Begriffe und Sätze darzutun. Die Grundbegriffe erfahren eine ausführliche und neuzeitliche Darstellung; sämtlichen prinzipiellen Erörterungen sind technisch-physikalische Anwendungsbeispiele, auch numerische, von mehr allgemeiner Bedeutung hinzugefügt. Bei der elementaren und anschaulichen Fassung, nur grundlegende Kenntnisse aus den Gebieten der Trigonometrie und analytischen Geometrie voraussetzend und von mäßigem Umfang, wird diese Einführung in die Infinitesimalrechnung dem angehenden Praktiker von Nutzen sein; aber auch den höheren Allgemeinschulen wird sie zu mancher Anregung für die Zwecke der Übung und Anwendung verhelfen. Fender.

25 Jahre AEG-Dampfturbinen. Herausg. v. d. Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Mit 191 Abb., IV u. 132 S. in 4°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis kart. 5 RM.

Die Tatsache, daß die AEG im Jahre 1903 den Bau von Dampfturbinen aufgenommen hatte, gab Veranlassung zur Herausgabe der vorliegenden Festschrift, die einen Überblick über die Entwicklung und den gegenwärtigen Stand des Dampfturbinenbaues der AEG gestattet. Der Leser erhält daneben einen Begriff vom Umfang der Werkstätten, Arbeitsmaschinen und Prüfeinrichtungen sowie von der Forschungsarbeit und den Versuchseinrichtungen, soweit sie für den Dampfturbinenbau in Frage kommen. Endlich wird auch ein Einblick in die von Klingenberg geschaffene Organisation für den Bau von Kraftwerken gegeben. Dem Forscher, Konstrukteur, Werkstattstechniker und Betriebsmann wird das Studium der Schrift nützlich sein und für sein Tätigkeitsgebiet manche Anregung bieten. W. Kraska.

Mechanische Technologie für Maschinentechniker (Spanlose Formung). Von Dr.-Ing. W. Pockrandt. Mit 263 Textabb., VII u. 292 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 13 RM, geb. 14,50 RM.

Das Buch soll ausschließlich für den Maschinentechniker bestimmt sein; demzufolge ist, wie der Verfasser selbst angibt, nur das Wichtigste aus dem ganzen Gebiete der mechanischen Technologie berücksichtigt. Gleichzeitig sollte mit dieser weisen Beschränkung der Umfang und Preis des Buches in mäßigen Grenzen gehalten werden. Im großen und ganzen ist es dem Verfasser auch gelungen, das Wesentlichste für den Maschineningenieur zusammenzutragen. Die Gliederung des Inhaltes in Stoffkunde, in Formen und Gießen, in Schmieden und verwandte Arbeiten, in Nieten, Löten, Schweißen, Schneiden und in Warmbehandlung des Stahles ist zweckmäßig und erleichtert die Information. Es ist ganz selbstverständlich, daß bei dem gedrängten Inhalt manches nur angedeutet werden konnte; andernteils geben aber die Hinweise auf die entsprechende Literatur für denjenigen genügenden Aufschluß, der sich eingehender mit dem einen oder anderen Kapitel befassen will.

Ludwig.



GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die deutsche Elektroindustrie im 2. Vierteljahr 1929[1]. — Im Bericht der Industrie- und Handelskammer zu Berlin wird das 2. Quartal folgendermaßen charakterisiert: Die Beschäftigung wie auch der Eingang an neuen Bestellungen dürften sich etwa auf gleicher Höhe wie in den vorangegangenen Monaten gehalten haben. Es hätten noch zahlreichere und günstigere Geschäfte abgeschlossen werden können, wenn nicht die Kapitalknappheit ein Hindernis gebildet hätte, das aber noch stärker als bisher in Erscheinung getreten ist. Auch bei den zum Abschluß gekommenen Geschäften machte sich dies dadurch geltend, daß von den Abnehmern noch längere Zahlungsfristen verlangt wurden als bisher. Die Preise waren nach wie vor stark gedrückt, was um so empfindlicher empfunden wurde, als die in den letzten Monaten erfolgte Steigerung der Material-, insbesondere der Kupferpreise und auch eine weitere Erhöhung der Löhne das Geschäft noch mehr als bisher erschwerten. Daß sich die Lage der Wirtschaft i. a. noch nicht gebessert hat, spricht sich insbesondere auch darin aus, daß gerade mittlere und kleinere Anlagen immer noch in geringerem Umfang bestellt werden. Den Ausgleich brachten einzelne größere Aufträge des In- und Auslandes. Anderseits haben die Bestellungen aus der Privatkundschaft auf Haushaltsapparate und auf Erzeugnisse der Fernmeldetechnik eher etwas zugenommen. Der Eingang von Bestellungen aus den verschiedenen Zweigen der Industrie war nicht einheitlich. Die etwas gebesserten Verhältnisse bei der Steinkohlenindustrie im Westen haben noch nicht in erheblichem Maße zu größeren Aufträgen geführt. Immerhin schweben, wie auch auf den oberschlesischen Gruben, Projekte verschiedener Größe auf Förderanlagen, Kraftwerkserweiterungen usw., die für die kommende Zeit Abschlüsse erwarten lassen. Besser war der Bestellungseingang aus der Braunkohlen- und der Kaliindustrie, die ihre maschinellen Anlagen verschiedentlich erweitert haben. In der Maschinen- und der chemischen Industrie machte sich eine leichte Besserung des Geschäfts geltend. In der Metallwaren-, der Textil- und in der Lederwarenindustrie blieb die Lage unverändert. Das letztere gilt auch für das Geschäft auf dem gesamten Gebiet der elektrischen Bahnen. Der Einnahmerückgang bei der Reichsbahn legte dieser weitgehende Zurückhaltung auf. Die Reichspost hat eine Anzahl größerer Aufträge auf Selbstanschlußämter erteilt, und es ist zu hoffen, daß die z. Z. noch mäßigen Abrufungen demnächst entsprechende Erhöhungen erfahren werden. Auf dem Fernsprechgebiet hat auch im übrigen der Auftragseingang zugenommen. Das Ausland erteilte verschiedene größere Aufträge, und aus der Privatkundschaft kam lebhaftere Nachfrage nach kleinen Hand- und Selbstanschlußanlagen. Die Betriebe der Meßtechnik waren im allgemeinen befriedigend beschäftigt, sowohl in bezug auf Schalttafelinstrumente wie auf Laboratoriumsapparate. Natürlich haben die weiteren Steigerungen der Löhne die Lage hinsichtlich des Wettbewerbs auf dem Weltmarkt verschärft.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Die für Juni 1929 entworfene Zahlentafel zeigt, daß die Einfuhr gegen den Vormonat (618 685 £) um 3463 £ und im Vergleich zum Parallelmonat des Vorjahres um 147 544 £ (31 %) gewachsen, die Ausfuhr dagegen gegenüber dem Mai (1 850 244 £) um 466 492 £ (25 %) und, verglichen mit dem Juni 1928, um 191 199 £ (12 %) zurückgegangen ist. Für das abgelaufene Halbjahr ergibt ein Vergleich mit demselben Zeitabschnitt von 1928 bei der Einfuhr eine Zunahme um 497 601 £ (17 %) und beim Export eine

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1929	1928	1929	1928
		Juni		
Maschinen	136 905	134 794	496 898	613 263
Waren u. Apparate	485 243	339 810	886 854	961 688
	622 148	474 604	1 383 752	1 574 951
		Januar/Juni		
Maschinen	894 247	876 491	3 230 069	3 456 791
Waren u. Apparate	2 568 758	2 088 913	6 127 518	5 920 718
	3 463 005	2 965 404	9 357 587	9 377 509

Verringerung um 19 922 £. Der Ausfuhrüberschuß betrug am Ende der sechs Monate 5 894 582 £ (6 412 105 £ i. V.).

Nach El. Review entfielen von den 496 898 £ Maschinenexport im Juni 132 385 £ auf Europa (77 884 i. V.), 103 540 auf Britisch-Indien (155 755 i. V.), 71 954 £ auf Australien (96 554 i. V.) und 41 206 £ auf Südafrika (32 980 i. V.). Im 1. Halbjahr ist die Ausfuhr von Maschinen nach Südamerika gegen die gleiche Periode des Vorjahres um mehr als 50 % gefallen, die nach Europa aber um etwa 20 % und der Export nach Südafrika um über 16 % gewachsen.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 632.
[2] The Electrician Bd. 103, 1929, S. 83. Vgl. ETZ 1929, S. 1036.

Arbeitnehmer in der nordamerikanischen Elektrizitätsindustrie. — Die Zeitschriften El. World und El. Merchandising haben vor kurzem wieder einmal den Versuch gemacht, die Zahl der in der Elektrizitätsindustrie der V. S. Amerika Beschäftigten festzustellen, und sind bei, wie El. World sagt, vorsichtiger Schätzung, zu folgenden Ziffern gekommen:

Licht- und Kraftgesellschaften	290 000
Fabrizierende Elektroindustrie	250 000
Installateurgewerbe	200 000
Elektrotechnischer Kleinhandel	150 000
Desgl. Zwischen- und Großhandel	50 000
Verschiedene Betriebe	10 000
	950 000

Rechnet man dazu das mit elektrotechnischen Arbeiten im Bahnbetrieb befaßte und das Personal, welches mehr als 2,5 Mill Motoren (etwa 28 Mill PS) und die rd. 7 Mill kW leistenden Kraftwerke der Industrie sowie andere Privatanlagen zu bedienen hat, so dürfte die Gesamtzahl sicher eine Million überschreiten. Außerdem wären dann noch für das elektrische Nachrichtenwesen (Telegraphie und Telephonie) rd. 475 000 Arbeitnehmer und für den Rundfunk etwa 3000 bis 4000 Techniker anzusetzen.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — El. World hat für den April 1929 wieder Angaben mitgeteilt, denen zufolge die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile einen Wert von 12 221 805 $ hatte, d. s. 3 615 985 $ bzw. 42 % mehr als im gleichen Monat des Vorjahres (8 605 820 $). Die Zunahme betraf hauptsächlich Blinklampenbatterien, größere Schalter und Sicherungen, Blitzableiter, Drosselspulen u. dgl., stationäre Elektromotoren bis 200 PS und Teile von Motoren, ferner Ventilatoren, Blinklampen, Waschmaschinen für den Haushalt, Radiogeräte, Telegraphen- und Fernsprechapparate, Zündsysteme, nicht besonders genannte elektrische Vorrichtungen (+ 972 886 $) und isoliertes Leitungsmaterial aus Kupfer. Der Wert der exportierten Kühlsätze erreichte 1 365 492 $. Die Lieferungen der Union betrugen im Berichtsmonat nach Europa 2 810 617 $ (England: 1 082 304 $, Frankreich: 345 528 $, Deutschland: 247 589 $), nach der westlichen Halbkugel 6 568 875 $ (Kanada: 3 346 458 $, Argentinien: 782 266 $) und nach Asien, Afrika und Ozeanien 2 842 313 $ (Australien: 669 971 $, China: 337 832 $, Japan: 321 445 $).

Der Wert der von den V. S. Amerika im ersten Vierteljahr 1929 eingeführten elektrotechnischen Waren[2] stellte sich nach El. World[3] auf 570 131 $. Hieran waren die vorwiegend importierten Erzeugnisse wie folgt beteiligt:

Erzeugnisse	Einfuhrwert $
Maschinen und Teile solcher	81 270
Apparate und Teile solcher	183 787
Kohlefadenlampen	249 839
Funk- und Radioapparate	34 671
Elektromedizinische Vorrichtungen	10 588

Auf die wichtigsten Bezugsländer entfielen nachstehende Anteile: Japan 182 306, Schweden 144 803, Deutschland 126 916, Österreich 43 579, England 39 928 und Frankreich 15 067 $.

[1] El. World, Bd. 94, 1929, S. 40. Vgl. ETZ 1928, S. 1356; 1929, S. 848.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 920.
[3] Bd. 93, 1929, S. 1263.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 307: Wer fertigt für Zugkettenfassungen Ketten an, die lt. VDE-Vorschriften mit Isolierzwischenstück versehen sind?

Abschluß des Heftes: 27. Juli 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Anwendung von Schnellreglern (System Tirrill).*

Mitteilung der AEG.

Die Fortschritte im Bau von Großkraftwerken und auf dem Gebiete der automatischen Regelung sowie das Zusammenarbeiten der Schnellregler und verschiedener Kraftwerke untereinander bedingten einen eigenen Schnellregler für jeden Generator.

Da die Regler-Apparaturen zur Beobachtung einen bestimmten Platz erfordern, so vermehrt sich durch diese neue Forderung sowie durch die Notwendigkeit eines Parallelarbeitens der Regler untereinander die Anzahl der Schaltfelder. Dadurch wird ein größerer Kommandoraum oder Warte erforderlich, was wiederum eine Erhöhung der Anlagekosten nach sich zieht. Während man früher die Regler in unmittelbarer Nähe der Schalttafel und Meßinstrumente anordnen mußte, ist es heute möglich, die Regler an beliebiger Stelle in der Schaltanlage unterzubringen. Als Mittel dient die Anwendung einer der AEG vor Jahren unter DRP 295 957 geschützten Einrichtung. Diese ermöglicht nicht nur eine Verringerung der Anlagekosten, sondern auch eine bessere Ausnutzung des Kommandoraumes. Die in Frage kommende Einrichtung besteht aus einer zusätzlichen Vorrichtung, die über eine Stromquelle, eine Signallampe oder ein sonstiges Zeichen steuert, das zweckentsprechend an der Bedienungsschalttafel angebracht wird. (Abb. 1.)

Bei Neulieferung findet hierfür ein besonderes Relais-Kontaktpaar Verwendung. Bei älteren Ausführungen oder Reglern, bei denen ein besonderes Relais-Kontaktpaar nicht mehr verfügbar ist, kann ausnahmsweise eine Zusatz-Kontaktvorrichtung an einem der schwingenden Relaisanker angebracht werden (Abb. 2); sie führt die gleichen Bewegungen aus

B = Betätigungs-Stromquelle,
HSt = Hilfsstromwandler,
J = Meßinstrumente, Relais usw.,
NR = Nebenschlußregler,
Oe = Oelschalter,
RW = Regulierbarer Vorwiderstand,
SE = Steckeinrichtung,
St = Stromwandler,
Tr = Trennschalter,
U, V, W = Phasenbezeichnungen,
W_1 = Spannungsspule,
W_2 = Stromspule,
ZK = Zusatz-Kontaktvorrichtung,
xyz = Begrenzungsanschläge bzw. Kontaktvorrichtung.

Abb. 1. Prinzipielle Schaltung des Schnellreglers mit Zusatz-Kontaktvorrichtung.

wie die Arbeitsrelaiskontakte am Regler-Differentialrelais. Diese Eigenschaft wird ausgenutzt und für Betätigung der Signallampe verwendet. Es ist bekannt, daß der Nebenschlußregler der Erregermaschine von den Relaiskontakten periodisch beeinflußt wird. Die Leitungen vom Nebenschlußregler zum Schnellregler werden durch einen Schalter oder Stecker unterbrochen. Letztgenannte Einrichtung dient zum Ein- und Aus-

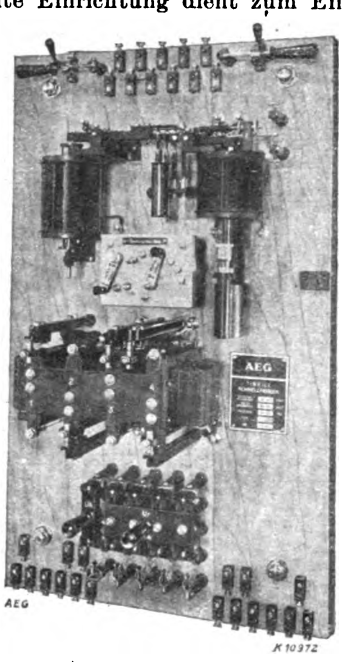


Abb. 2. Spannungsschnellregler der Form TAF 4 mit Zusatz-Kontaktvorrichtung, ausreichend für Turbogeneratoren bis zu einer Leistung von 85 000 kVA.

schalten des Schnellreglers gemäß der jedem Apparat beigefügten Bedienungsvorschrift nur mit dem Zusatz, daß hierbei die Signallampe beobachtet wird, welche die Bewegungen und Stellungen der Relaiskontakte erkennbar macht. Signallampe mit Schalter, Steckeinrichtung, und regulierbarer Vorwiderstand müssen zweckmäßig unmittelbar an der Bedienungsstelle des Nebenschlußregulators bzw. zugehörigen Schaltapparates des Generators angeordnet werden, damit die Bedienung des Reglers durch die gleiche Hilfskraft erfolgen kann, die auch die übrigen Wertungen in der Schaltanlage vorzunehmen hat.

Die beschriebene Zusatzeinrichtung ist in letzter Zeit in fast allen von der AEG errichteten Großkraftwerken zur Ausführung gekommen und hat sich als sehr vorteilhaft erwiesen.

Der Parallelbetrieb der Schnellregler untereinander bringt nicht nur den Vorteil einer durchgreifenden sicheren Spannungsreglung, sondern auch eine bessere Verteilung der Blindströme.

Es ist notwendig, zum Zweck der Stabilisierung die Stromspule am Wechselstromsystem jeden Schnellreglers hierfür nutzbar zu machen.

Der Anschluß erfolgt entweder über einen Hilfsstromwandler „HSt", der vom 5 A-Sekundärkreis des normalen Generator-Stromwandlers gespeist wird, oder über einen Generator-Spezial-Stromwandler.

Für die Fern-Einstellung der zu regelnden Grundspannung jeden Generators und damit auch des Leistungsfaktors dient ein feinstufig regulierbarer Vorwiderstand „RW".

Ferner besteht die Möglichkeit, durch Anordnung weiterer Behelfsmittel die Veränderung der Generatorspannung vom Generatorstrom abhängig zu machen. *)

Schnellregler nach dem Tirrill-System bewähren sich seit 30 Jahren mit besten Erfolgen in der Praxis. Die Einrichtungen sind auf Grund reicher Erfahrungen verbessert und das Anwendungsgebiet ist nicht nur in bezug auf die Regelung, sondern auch in bezug auf die Begrenzung verschiedener elektrischer Einheiten ausgedehnt worden.

*) s. AEG-Mitteilungen 1929 Heft 2, S. 60.

ETZ

50. JAHRGANG

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

...2. HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W...
(...141—1180) 8. AUGUST 1...

MAFFEI-SCHWARTZKOPFF

Blindleistungsmaschine mit cos φ Regulierung und automatischem Anlauf zur Verbesserung des Leistungsfaktors in einem Hüttenwerk



PHASENSCHIEBER

MAFFEI-SCHWARTZKOPFF WERKE BERLIN N 4

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang — Berlin, 8. August 1929 — Heft 32

Zentrale Kesselbetriebs-Überwachung.

Von Oberingenieur **Otto E. Vogt,** Altona-Bahrenfeld.

Übersicht. Ausgehend von früheren Versuchen, den Dampfkessel- und Feuerungsbetrieb wirtschaftlicher zu gestalten, wird nachgewiesen, wie man durch zentrale Anordnung einschlägiger Anzeigeinstrumente in einer Kesselwarte die Wirtschaftlichkeit des Dampfkessel- und Feuerungsbetriebes heben kann. Ferner wird gezeigt, daß zur Sicherung des Betriebes zweckmäßig auch von einer derartigen Kesselwarte aus die Abriegelung ganzer plötzlich defekt werdender Rohrstränge in wenigen Sekunden zu bewirken ist.

Es ist allgemein bekannt, daß in früheren, insbesondere in den Vorkriegsjahren, den Kesselbetrieben nicht die Aufmerksamkeit zugewendet wurde, die ihnen eigentlich gebührte. Man begnügte sich im allgemeinen damit, einmal die Kessel so in Ordnung zu halten, daß sie den behördlichen Vorschriften entsprachen, und zum andern danach zu trachten, unter Anwendung aller möglichen und unmöglichen Mittel den Kesselsteinansatz in Trommeln und Rohren zu vermindern bzw. zu vermeiden. Um die wirtschaftliche Seite kümmerte man sich weniger, Brennstoff stand vollauf zu verhältnismäßig billigen Preisen zur Verfügung; die Hauptsache war, daß man Dampf machen konnte, und wenn der Schornstein ordentlich qualmte, dann war das ein Beweis dafür, daß der Betrieb ging. Infolgedessen war ein Dampfkessel, abgesehen von den Speise- und Dampfentnahme-Einrichtungen, auch nur mit den Instrumenten und Apparaten ausgerüstet, die aus Gründen der Betriebsicherheit gesetzlich vorgeschrieben waren bzw. sind, u. zw. Manometer, Wasserstand und Sicherheitsventil.

Vereinzelte größere Betriebe haben selbstverständlich auch schon in den Vorkriegsjahren auf die Verbrennungsvorgänge in ihren Kesseln ihr Augenmerk gerichtet und mehr oder weniger oft und lange die Feuerungen beobachtet, Temperaturmessungen vorgenommen und die Abgase untersucht. Den Einbau von augenblicklich anzeigenden oder gar fortlaufend aufschreibenden Instrumenten kannte man nicht oder hielt man für überflüssig oder wegen zu hoher Anschaffungs- und Wartungskosten für nicht wirtschaftlich. Erst die Not: die Kohlenknappheit und die steigenden Kohlenpreise in den Kriegs- und Nachkriegsjahren führten zu der Erkenntnis, daß mit unserm Brennmaterial Raubwirtschaft getrieben wurde. Man erkannte die Notwendigkeit, auch den Feuerungsbetrieb mehr als früher auf seine Wirtschaftlichkeit hin zu studieren, und fand dann heraus, daß es nicht genügte, nur bei Abnahmeversuchen oder von Zeit zu Zeit Kontrollmessungen an Kesseln und ihren Feuerungen vorzunehmen, sondern daß es unbedingt notwendig sei, aus den Anzeigewerten fest eingebauter Instrumente jederzeit das Arbeiten eines Kessels oder einer Feuerung zu erkennen.

Diese Instrumente wurden anfangs an den einzelnen Meßstellen selbst oder in unmittelbarer Nähe derselben angebracht. Für den Heizer oder Kesselwärter, der nun nach den Anzeigewerten der Instrumente seinen Kessel bedienen bzw. seine Feuerführung danach einrichten sollte, hatte diese Instrumentenanordnung den Nachteil, daß er durch die Beobachtung der Instrumente viel zu oft von seinem eigentlichen Bedienungstand vor dem Kessel entfernt wurde, insbesondere bei der Bedienung mehrerer Kessel viele Wege machen mußte, die ihn ermüdeten und, wenn er sich nicht beobachtet wußte oder glaubte, ihn veranlaßten, die regelmäßige Beobachtung der Instrumente zu unterlassen.

Diesen offensichtlichen Mangel in der Anordnung der Instrumente behob man dadurch, daß man die Instrumente als Fernanzeigeinstrument ausbildete so, daß die eigentliche Meßeinrichtung an der örtlichen Meßstelle des Kessels eingebaut, dagegen das Anzeigeinstrument an geeigneter Stelle in der Nähe des Heizerstandes — sei es am Kessel selbst, sei es an einer Stütze oder Säule — angebracht wurde. So zeigen neuere Kesselanlagen vor jedem Kessel eine Instrumententafel, auf der übersichtlich für den Kesselwärter die von seiten des Betriebes für notwendig erachteten Instrumente angebracht sind, z. B. Manometer, Dampfmengenanzeiger, Speisewassermengen-Anzeiger, Dampftemperatur-Anzeiger, Rauchgastemperatur-Anzeiger, Zugmesser, CO_2-Anzeiger, $CO + H_2$-Anzeiger. Nun ist ein einigermaßen intelligenter Kesselwärter, vorausgesetzt, daß er von seinem Betriebsführer oder Betriebsleiter ordnungsgemäß belehrt worden ist, in der Lage, mit einem Blick auf die Instrumententafel zu sehen, ob sein Kessel — sei es hinsichtlich Dampfleistung, sei es hinsichtlich Verbrennungsvorgänge — richtig arbeitet. Die Praxis hat jedoch gezeigt, daß trotz einer solchen übersichtlichen Anordnung der Instrumente nicht das erreicht wird, was man erreichen will, nämlich einen dauernd den jeweiligen Belastungen entsprechenden gleichmäßigen, richtigen Kesselbetrieb. Dies liegt darin begründet, daß sich der Heizer oder Kesselwärter nur so lange bemüht, nach den Anzeigewerten der Instrumente richtig zu fahren, als er sich von dem auf seinem Kontrollgang befindlichen Betriebsleiter oder einem anderen Aufsichtsbeamten beobachtet glaubt. In der übrigen Zeit seines Dienstes läßt vielfach der Heizer sich gehen, und der Kessel arbeitet dann so, wie er früher auch ohne Anzeigeinstrumente gearbeitet hat, d. h. die Dampfleistung schwankt und damit auch der Dampfdruck, das Feuer brennt unregelmäßig, der CO_2-Gehalt der Abgase sinkt, der CO-Gehalt steigt, usw., die Verbrennung wird höchst unvollkommen, die Abgastemperaturen werden zu hoch; alles in allem: die wirtschaftliche Ausnutzung des Kessels und des Brennstoffes sinkt.

Der Unvollkommenheit dieses Zustandes glaubte man dadurch begegnen zu können, daß man neben augenblicklich anzeigenden Instrumenten auch noch Schreibinstrumente beschaffte, die fortlaufend auf einem Papierstreifen die Leistungswerte des Kessels und der Feuerung so aufzeichnen, daß aus den verschiedenen Kurven die einzelnen Arbeitsphasen des Kessels z. B. über einen Zeitraum von 24 h genau ersichtlich sind. Der Betriebsleiter ist somit in der Lage, sich ein vollkommenes Bild über das Arbeiten eines jeden Kessels seines Betriebes während einer beliebigen Betriebszeit zu machen. An Hand der Kurven kann der Betriebsleiter ferner den Heizer oder Kesselwärter auf Fehler oder Nachlässigkeiten in seiner Feuerführung oder Kesselbedienung aufmerksam machen und ihn zur Rede stellen. Allerdings meistens erst nach Ablauf von 24 h, sobald der Betriebsleiter die Schreibstreifen zu Gesicht bekommen und durchstudiert hat. Aber auch dann noch wird der zur Rede gestellte Heizer oder Kesselwärter, wie die Erfahrung lehrt, versuchen, ein Verschulden seinerseits in Abrede zu stellen; er wird sogar behaupten, der Schreibapparat habe nicht richtig gearbeitet oder versagt. Also auch in diesem Falle werden Differenzen zwischen dem Betriebsleiter und seinem Arbeitspersonal immer wieder vorkommen.

Wie wertvoll aber in anderer Hinsicht Schreibinstrumente werden können, zeigt folgender Fall:

In der hinteren Trommel eines Steilrohr-Dampfkessels war eine größere Anzahl Rohreinwalzstellen undicht

geworden. Da der Kessel noch in der Garantiezeit war, führte die Kessellieferantin das Undichtwerden der Einwalzstellen auf Wassermangel in der Obertrommel zurück. Dieser Wassermangel hätte aber nur eintreten können

1. infolge Aussetzens der Speisung und
2. durch Absenken des Wasserspiegels wegen Störungen im Wasserumlauf.

Dieses bestritt die Kessellieferantin, weil sie dann zu einem Umbau des Kessels und zur kostenlosen Ersatzlieferung und Instandsetzung der Rohreinwalzstellen als schuldiger Teil verpflichtet war.

Jenes aber bestritt die Betriebsleitung, da sie durch Vorlage der Schreibstreifen über die Kesselspeisung einwandfrei nachweisen konnte, daß die Speisung bei dem betr. Kessel niemals versagt hatte.

Man sieht, die Schreibapparate sind wohl wertvoll und auch erforderlich für die Betriebsüberwachung, insbesondere in der Richtung, daß man jederzeit feststellen kann, ob die einzelnen Kessel richtig gearbeitet haben oder wann und wo irgendein Fehler aufgetreten ist. Dagegen bilden sie noch keine vollkommene Handhabe, den Heizer augenblicklich in seiner Tätigkeit unmittelbar zu beeinflussen. Man hat mit mehr oder weniger Erfolg versucht, durch einen Oberheizer bzgl. richtiger Feuerführung usw. unmittelbar auf den Heizer einzuwirken. Dies mag gehen, solange die Kesselanlage aus nur einer geringen Anzahl Kessel kleiner oder mittlerer Größe besteht, die eine verhältnismäßig kleine Grundfläche einnimmt, so daß es dem Oberheizer möglich ist, von einer bestimmten Stelle aus die Instrumente auf den Instrumententafeln sämtlicher Kessel noch deutlich zu erkennen und seine Anweisungen an die Heizer zu geben.

Ein Erfolg wird aber auch in diesem Falle davon abhängen, daß der Oberheizer nicht noch solche Obliegenheiten zu erfüllen hat, die ihn zu oft seinen Beobachtungsstand zu verlassen zwingen. Es leuchtet jedoch ein, daß diese Art der Überwachung der einzelnen Heizer bei größeren Kesselanlagen nicht mehr ausreichend sein kann, auch wenn mehrere Oberheizer für den Überwachungsdienst herangezogen werden. In diesem Falle wird wiederum die Verständigung der Oberheizer untereinander unzureichend sein, und in vielen Fällen dürfte es an einer einheitlichen Befehlsübermittlung an die Oberheizer fehlen, insbesondere, wenn mehrere Kesselhäuser in Frage kommen. Geht man davon aus, daß z. B. bei einem Kraftwerk die jeweiligen Leistungen bei dem Betriebsleiter bzw. in der Haupt-Kommandozentrale (Schaltbühne, Schaltraum) angefordert und daß von hier aus die Leistungsanforderungen an den Maschinenbetrieb weitergegeben bzw. die Leistungen auf die einzelnen Primärmaschinen verteilt werden, so ist es doch folgerichtig, die Leistungsanforderungen — sei es in kW elektrischer Leistung, sei es in t Dampf — auch an eine zentrale Kommandostelle für den Dampfkesselbetrieb weiterzuleiten. Hierbei ist es ganz gleich, ob diese zentrale Kommandostelle für den Kesselbetrieb — im folgenden „Kesselwarte" genannt — für ein Kesselhaus oder mehrere Kesselhäuser eingerichtet wird. Die Kesselwarte muß und wird in der Lage sein, nicht nur die von der elektrischen Kommandozentrale (Schaltraum, Schaltbühne) angeforderten Dampfmengen auf die Kesselhäuser und die einzelnen Kessel zu verteilen sondern auch die einzelnen Kessel auf Leistung und richtiges Arbeiten zu überwachen und ohne irgendeine Zwischenperson durch unmittelbare Einwirkung auf den Heizer für ein wirtschaftliches Arbeiten der einzelnen Kessel zu sorgen.

Welche Einrichtungen sind nun erforderlich, damit die Kesselwarte diese Aufgabe erfüllen kann?

Um das augenblickliche Arbeiten eines jeden Kessels von der Kesselwarte aus beobachten zu können, sind im allgemeinen nur die augenblicklich anzeigenden Instrumente erforderlich, die auch für den Heizer zur Bedienung seines Kessels auf der Instrumententafel vor dem Kessel angebracht sind. Um ferner dem einzelnen Heizer von der Kesselwarte aus Anweisungen geben zu können, muß eine Verständigungsmöglichkeit zwischen Kesselwarte und dem einzelnen Heizer durch optische Signale, Telephon oder dgl. geschaffen werden.

Die Anordnung der augenblicklich anzeigenden Instrumente muß natürlich so getroffen werden, daß sie der den Kesselbetrieb leitende in der Kesselwarte postierte Beamte von seinem Platz oder Standort aus jederzeit leicht überblicken und die Anzeigewerte erkennen kann.

Das Wesen der elektrischen Fernmessung darf wohl im allgemeinen als bekannt vorausgesetzt werden[1]. Über den Aufbau und die Wirkungsweise der Meß-, Geber- und Empfangsapparate geben ja die Druckschriften der einschlägigen Fabrikationsfirmen ausführliche Auskunft.

Hervorgehoben sei jedoch, daß man die früher übliche Art der Fernmessung, d. i. die Vornahme der Messung an einer von dem Meßobjekt entfernten Stelle, aufgibt bzw. aufgegeben hat. Man ist dazu übergegangen, durch ein am Meßobjekt selbst eingebautes Instrument, das als Geberinstrument ausgebildet wird, die Messung vorzunehmen und den Wert der Messung auf eine beliebige Entfernung auf das Empfangsinstrument zu übertragen.

Selbstverständlich ist es unbedingtes Erfordernis, daß die jeweilig angezeigten Werte der korrespondierenden Instrumente auf der Instrumententafel vor dem Kessel und in der Kesselwarte genau übereinstimmen. Dies wird am besten dadurch erreicht, daß die beiden korrespondierenden Instrumente ihren Impuls von einer gemeinsamen Meßstelle erhalten, an den gleichen Geber angeschlossen und gleichzeitig gemeinsam geeicht sind.

Die Vorteile der Kesselwarte sind in erster Linie in folgendem zu erblicken:

Jeder Heizer weiß sich in der Bedienung und Feuerführung der ihm anvertrauten Kessel unter ständiger, augenblicklich sich auswirkender Aufsicht. Weicht irgendein Kessel in seinem Arbeiten von den vorgeschriebenen Richtlinien ab, so wird dies sofort in der Kesselwarte bemerkt und der Heizer umgehend direkt darauf aufmerksam gemacht. Es braucht nicht immer schlechter Wille von seiten des Heizers vorzuliegen, wenn bei aus irgendeinem Grunde sinkender Feuer- oder Dampfleistung usw. der Heizer nicht pünktlich eingreift. Ein Heizer kann naturgemäß, wenn er mehrere Kessel zu bedienen hat, nicht immer jedes Instrument eines jeden Kessels im Auge behalten, und wenn er von dem einen Kessel gerade in Anspruch genommen ist, kann er es nicht bemerken, wenn zu gleicher Zeit bei einem andern Kessel irgendwie Abweichungen vom Fahrplan auftreten. Er wird dies erst später merken, wenn der Arbeitsfehler schon größer geworden ist oder der verschlechterte Zustand schon länger gedauert hat. Wenn aber die Kesselwarte unmittelbar, nachdem sich die Abweichung vom Fahrplan zeigt, den Heizer direkt darauf aufmerksam macht, so kann sich der Fehler durch sofortiges Eingreifen des Heizers nicht nur nicht auswachsen sondern wird sofort behoben. Insofern bedeutet die Kesselwarte daher auch eine Unterstützung des Heizers, u. zw. in wesentlich wirksamerem Maße als z. B. durch einen Oberheizer.

Durch das schnelle unmittelbare Einwirken der Kesselwarte auf den Heizer wird erzielt:

1. daß die Dampferzeugung der einzelnen Kessel in den vorgeschriebenen Mengen gleichmäßiger gehalten wird; es kann also nicht vorkommen, daß bei einer Anzahl Kessel von gleicher Größe und Leistung bei gleichem Brennmaterial die einzelnen Kessel mit erheblich unterschiedlichen Anteilen zur Gesamtdampferzeugung herangezogen werden;

2. daß übermäßige Schwankungen im Dampfdruck vermieden werden; es wird möglich sein, gleichmäßige Belastungsverhältnisse vorausgesetzt, die Druckschwankungen in den Grenzen von 3% und weniger zu halten, während sonst gut geführte Betriebe mit Mindest-Dampfdruckschwankungen von 6 %, andere sogar mit Druckschwankungen bis zu 14 % arbeiten;

3. daß der Verbrennungsprozeß in den einzelnen Kesselfeuerungen gleichmäßig auf wirtschaftlicher Höhe gehalten wird; es wird nicht mehr vorkommen, daß Abgase des einzelnen Kessels, wie auch der Kessel untereinander, z. B. unterschiedlichen CO_2-Gehalt von 8... bis 12 % aufweisen und erhebliche Mengen an Unverbranntem enthalten.

Es muß ohne weiteres einleuchten, daß durch eine zentrale Kesselbetriebsführung (Kesselwarte) ein gleichmäßiger Betrieb und dadurch eine Verbesserung des mittleren Betriebswirkungsgrades einer Kesselanlage erzielt wird.

Man wird nun die Frage der Anlagekosten für eine derartige Einrichtung aufwerfen und daran die weitere Frage knüpfen, ob sich die Anlagekosten bezahlt machen.

Hier ist zunächst zu sagen, daß die Anlagekosten nicht zu der Größe der Kesselheizfläche in irgendeinem Verhältnis stehen. Ob ein Kessel z. B. 400 oder 800 oder 1200 m² Heizfläche hat, ist für die Anzahl der Instrumente gleichgültig, denn im allgemeinen werden für seine Betriebsüberwachung in dem einen wie in dem andern Falle dieselben Instrumente in Frage kommen, so daß man sagen kann, die Einrichtungskosten sind für jede Kesselgröße ziemlich gleich. Die Höhe der Anlagekosten richtet sich auch danach, ob man bei größeren Kesseln mit z. B.

[1] Vgl. z. B. ETZ 1928, S. 145, 282, 1226.

2 Wanderrostbahnen oder mit sehr breiten Feuerräumen den CO_2-Gehalt oder den Zug nur an einer Stelle oder an mehreren Stellen messen will, ob man sich damit begnügt, nur die Endtemperaturen der Rauchgase vor Augen zu haben und an den übrigen Stellen eines oder mehrerer Kessel die Rauchgastemperaturen nur auf einem Instrument durch eine Umschalttastatur anzeigen zu lassen. Die Höhe der Anlagekosten richtet sich ferner nach der Lage der Kesselwarte bzw. nach der Entfernung der einzelnen Kessel von ihr.

Im allgemeinen kann als Anhalt dienen, daß die Einrichtung einer zentralen Kesselbetriebsüberwachung, die z. B. für jeden Kessel aus CO_2-Anzeige, Dampfmengen-Anzeige, Dampftemperatur-Anzeige, Zug-Anzeige, Rauchgastemperatur-Anzeige, Speisewassertemperatur-Anzeige hinter den Rauchgasvorwärmern, Signalanlage besteht, einschließlich Leitungsmaterial und Montage sich auf etwa 2200 ... 2700 RM für einen Kessel stellen wird. Hierbei sind die Kosten für die Anlage und Herrichtung eines Raumes für die Kesselwarte außer acht gelassen, da, wie nachher noch gezeigt werden wird, dieser Raum auch noch zur Aufnahme anderer Instrumente und Einrichtungen dienen soll.

Was nun die zweite Frage nach dem Bezahltmachen der Anlagekosten anbelangt, so diene folgendes Beispiel als Antwort:

In einem Werk betrug innerhalb 24 h die Gesamt-Dampferzeugung 2 390 000 kg oder bei einer Speisewassertemperatur von 54° und einem Wärmeinhalt des erzeugten Dampfes von 770 WE/kg die gesamte von den Kesseln nutzbar abgegebene Wärmemenge 1 711 240 000 WE. Diese Wärmemenge verteilte sich mit etwa 101 861 000 WE/h auf 12 Tagesstunden und mit etwa 40 742 000 WE/h auf 12 Nachtstunden. Der Kohlenverbrauch betrug für die gesamte Zeit von 24 h 294,3 t bei einem Heizwert der Kohle von 7400 WE/kg. Hieraus berechnet sich ein mittlerer Kesselbetriebswirkungsgrad von 78,6 %. Dies ist bei Kesselgrößen von etwa 8000 m² Heizfläche mit Wanderrostfeuerung bei jeweils über 12 h laufender absolut konstanter Dampfmengenanforderung zu wenig, zumal sonst bei normalen Betriebsversuchen bei Normallast von etwa 37 ... 40 kg Dampf/m² Heizfläche mit denselben Kesseln Wirkungsgrade von 85 % und mehr erzielt wurden. Bei richtiger Feuerführung muß der mittlere Betriebswirkungsgrad um mindestens 2 ... 3 % höher liegen, was unbedingt durch eine zentrale Kesselbetriebsüberwachung erzielt werden kann. Das bedeutet aber eine Kohlenersparnis von 7,4 ... 10,7 t oder bei einem Kohlenpreis von 21,50 RM/t 159 ... 230 RM in 24 h oder bei 330 Arbeitstagen 52 400 ... 75 900 RM im Jahr. Für diese Dampfmengenerzeugung standen 4 Betriebskessel und 1 Reservekessel zur Verfügung. Hierfür würde also die Instrumenteneinrichtung der Kesselwarte bei den vorgenannten Anlagekosten insgesamt 11 000 ... 13 500 RM kosten, denen eine jährliche Kohlenersparnis von 52 000 ... 75 000 RM gegenübersteht. Die Verhältnisse können natürlich auch anders liegen; erzielt man aber auch nur eine Verbesserung des mittleren Kesselbetriebs-Wirkungsgrades von 1 %, so wird im vorerwähnten Falle immer noch eine Kohlenersparnis von 3,9 t/Tag oder 27 670 RM/Jahr als Gewinn zu buchen sein.

Diese überschlägliche Rechnung zeigt, daß aller Wahrscheinlichkeit nach in den meisten mittleren und sicher in allen Großbetrieben eine zentrale Kesselbetriebsüberwachung sich nicht nur bezahlt machen sondern auch wesentliche Ersparnisse an Kohle einbringen wird. Immerhin muß jeder einzelne Fall untersucht werden, auch darauf hin, ob nicht unter Umständen die Besetzung einer Kesselwarte eine Erhöhung der Personalausgaben bedingt, ohne an anderer Stelle eine entsprechende Verminderung zu erzielen. Auf keinen Fall sollte man aber bei Neuanlagen den Gedanken der zentralen Kesselbetriebs-Überwachung außer acht lassen.

Wenn nun auch für die zentrale Kesselbetriebsführung nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Instrumenten mit erschwinglichen Anlagekosten vollkommen ausreicht, so will und kann der Betriebsleiter oder die Betriebskontrolle nicht auf gewisse Schreibinstrumente verzichten, die jederzeit für einen beliebigen abgelaufenen Zeitabschnitt eine Nachprüfung der Leistungen des Kesselbetriebs gestatten. Es ist bereits vorher darauf hingewiesen worden, wie erwünscht und wertvoll eine derartige Nachprüfung ist und werden kann. Daher findet man auch in jedem einigermaßen neuzeitlichen Betriebe derartige Instrumente. Hat man in jeder elektrischen Schaltanlage oder jedem Schaltraum nicht auch die augenblicklich anzeigenden mit den Schreib- und Zählinstrumenten räumlich vereint? Was liegt näher, als in der gleichen Weise auch sämtliche für die Kesselbetriebs-Überwachung notwendigen oder gewünschten Instrumente in einem Raum: der Kesselwarte, unterzubringen, als da sind: Schreib- oder Zählinstrumente für Dampf-, Speisewasser- und selbst für Kohlemessungen, Schreibinstrumente für die Temperaturen des Dampfes, des Speisewassers und der Rauchgase, des Zuges und CO_2-Gehalte der Rauchgase usw. Es ist doch ohne Zweifel zweckmäßiger, diese Instrumente anstatt an jedem Kessel oder an irgendeiner Stelle des Kesselhauses in einem für sich abgeschlossenen Raum unterzubringen, wo sie vor dem Staub des Kesselhauses, Erschütterungen und unbefugten Eingriffen geschützt sind. Bei richtiger Durchbildung der Instrumente und zweckmäßiger Anordnung der Gesamtanlage sind für diese Schreib- und Zählinstrumente keine besonderen Meßstellen und Geberapparate notwendig, da sie an dieselben Meßstellen und Geberapparate angeschlossen werden können, die für die korrespondierenden, augenblicklich anzeigenden Instrumente auf den Kessel-Instrumententafeln bzw. der zentralen Kessel-Betriebsführung vorzusehen sind (vgl. S. 1142, r. Sp. 2. Abs.).

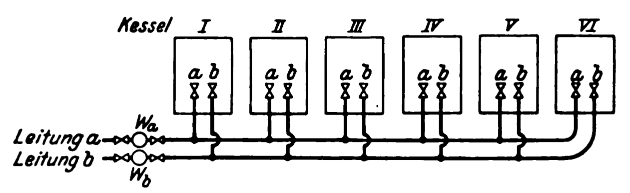


Abb. 1. Rohrstrang-Abriegelung.

In dem Raum der Kesselwarte läßt sich noch eine weitere Einrichtung unterbringen, die für die Sicherung des Dampfbetriebes von großer Bedeutung ist.

Solange es Dampfkesselbetriebe gibt, kennt man auch die Gefahren, die durch Rohrbrüche entstehen:

durch unglaublich schnelles Ausströmen des Kesselinhaltes Ausglühen und Verbrennen der Kesselrohre usw., sofern nicht sofort das Feuer entfernt werden kann;

durch Unterdampfsetzen des Kesselhauses Verwirrung und Verbrühen des Kesselhauspersonals;
unangenehme Betriebsunterbrechung usw.

Man hat diesen Gefahren dadurch zu begegnen versucht, daß man selbsttätig wirkende Rohrbruchventile hinter dem Dampfrohrnetz eingebaut hat, u. zw. je nachdem, wie die Rohrbruchventile gewartet und geprüft wurden und je nachdem, ob gleichmäßige Dampfentnahme erfolgte oder erhebliche plötzliche Dampfmengenschwankungen auftraten, mit mehr, weniger oder gar keinem Erfolg. Jedenfalls ist es vorgekommen und kommt trotz ganz vorzüglicher Ventilkonstruktionen noch heute vor, daß Rohrbruchventile nicht anspringen, wenn sie anspringen sollen und umgekehrt. In beiden Fällen sind aber Betriebsstörungen unausbleiblich. Inwieweit in solchen Fällen doch noch ein Konstruktionsfehler im Ventil oder ein Wartungsfehler vorliegt, oder ob das Fehlarbeiten in den betrieblichen Verhältnissen begründet liegt, soll hier nicht erörtert werden. Selbsttätig wirkende Rohrbruchventile können einem Betriebsleiter wohl ein gewisses Beruhigungsgefühl geben, aber unzureichend sind sie immerhin und in erhöhtem Maße bei den heute zur Anwendung kommenden hohen Drücken, Temperaturen und Geschwindigkeiten. Das Bestreben muß dahin gehen, bei auftretenden Rohrbrüchen den betr. Rohrstrang in möglichst kurzer Zeit zwangläufig abzuriegeln. Dies dürfte am zweckmäßigsten durch ferngesteuerte Ventile oder Schieber geschehen. Brüche im unter Druck stehenden Rohrnetz lassen sich leicht durch Inanspruchnahme des mehr oder weniger plötzlich auftretenden Druckabfalles als Impulsgeber akustisch oder optisch augenblicklich anzeigen. Sollte nicht die Kesselwarte der geeignetste Raum für Empfangnahme etwaiger Rohrbruchmeldungen und für die Bedienung der Fernsteuereinrichtung der bei Rohrbrüchen zu schließenden Ventile und Schieber sein?

In der Kesselwarte wird durch ein Bild das zu sichernde Dampfrohrnetz dargestellt, u. zw. wird dabei die Offen- oder Schlußstellung der deutlich gekennzeichneten Absperrorgane in ähnlicher Weise wie bei elektrischen Schaltern, angezeigt. Der Aufsichts- oder Bedienungsbeamte der Kesselwarte hat daher stets vor Augen, welche Rohrleitungen in oder außer Betrieb sind. Jede Leitung, für welche die Möglichkeit der Abriegelung durch Fernsteuerung vorgesehen wird, wird ferner durch

eine Lampe bezeichnet, die z. B. augenblicklich aufleuchtet, wenn die betr. Leitung durch Rohrbruch gestört worden ist. Durch Drehen eines einzigen Schalters ist es dann dem Bedienungsbeamten möglich, sämtliche Absperrorgane zur Abriegelung der betr. Rohrleitung zu schließen. Die Anzahl der Absperrorgane spielt hierbei keine Rolle. Nach Abb. 1 sind z. B. 6 Kessel *I* ... *VI* je an eine Doppelleitung angeschlossen (Leitung *a* und *b*). Zwischen den Kesseln (Überhitzern) und den Wasserabscheidern W_a und W_b befinden sich nur die Dampfentnahmeventile und das Ventil vor jedem Wasserabscheider. Im Falle eines Rohrbruches, sei es in Leitung *a*, sei es in Leitung *b*, sind demnach $6+1=7$ Absperrorgane zu schließen, was nach den bisherigen Feststellungen je nach der Größe des lichten Durchmessers der Absperrorgane in 4 ... 10 s zu bewerkstelligen ist.

Es braucht natürlich nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß auch Einrichtungen getroffen werden müssen, die es ermöglichen, nicht nur jedes einzelne Ventil für sich allein zum Abschluß zu bringen sondern auch die Anlage in allen ihren Teilen auf ihr Intaktsein zu prüfen.

Diese Art des Schutzes gegen die Gefahren von Dampfrohrbrüchen gewährt m. E. größere Sicherheit als selbsttätig wirkende Rohrbruchventile. Hierbei dürften die Anlagekosten entweder gar nicht oder nur unwesentlich höher sein, zumal die normalen Abschlußorgane hinter den Kesseln bzw. Überhitzern und vor den Wasserabscheidern für die geschilderte zwangläufige Abriegelung der Rohrstränge entsprechend ausgebildet werden können, so daß ein Mehr von Abschlußorganen nicht erforderlich wird.

Was nun die Kostenfrage einer derartigen in einer Kesselwarte vereinigten Gesamtanlage anbetrifft, so werden manchem Werksleiter nach Ausarbeitung eines Projektes die Anlagekosten anfänglich hoch erscheinen. Vergegenwärtigt man sich aber, daß in jedem Kesselbetrieb bestimmte Arten von Schreib- und Zählinstrumenten unbedingt nötig sind (vgl. S. 1143, r. Sp. oben) und daß zur Begegnung der aus Dampfrohrbrüchen entstehenden Gefahren ebenfalls Einrichtungen zu treffen sind, so bedeutet die Unterbringung dieser Schreib- und Zählinstrumente sowie Einrichtungen in der Kesselwarte tatsächlich nur eine anderweitige örtliche Anbringung, die auf die Anlagekosten an sich nur wenig Einfluß hat. An eigentlichen Mehrkosten würden für die zentrale Kesselbetriebsüberwachung nur die auf S. 1143, l. Sp., 2. Abs., angeführten Anlagekosten für die augenblicklich anzeigenden Instrumente und Einrichtungen der Kesselwarte anzusehen sein. Hinzu kommen noch gewisse Ausstattungskosten der Kesselwarte, die mehr oder weniger hoch sind, je nachdem der eine oder andere Werksleiter mehr oder weniger Wert auf innere Raumausbildung und Ausstattung legt.

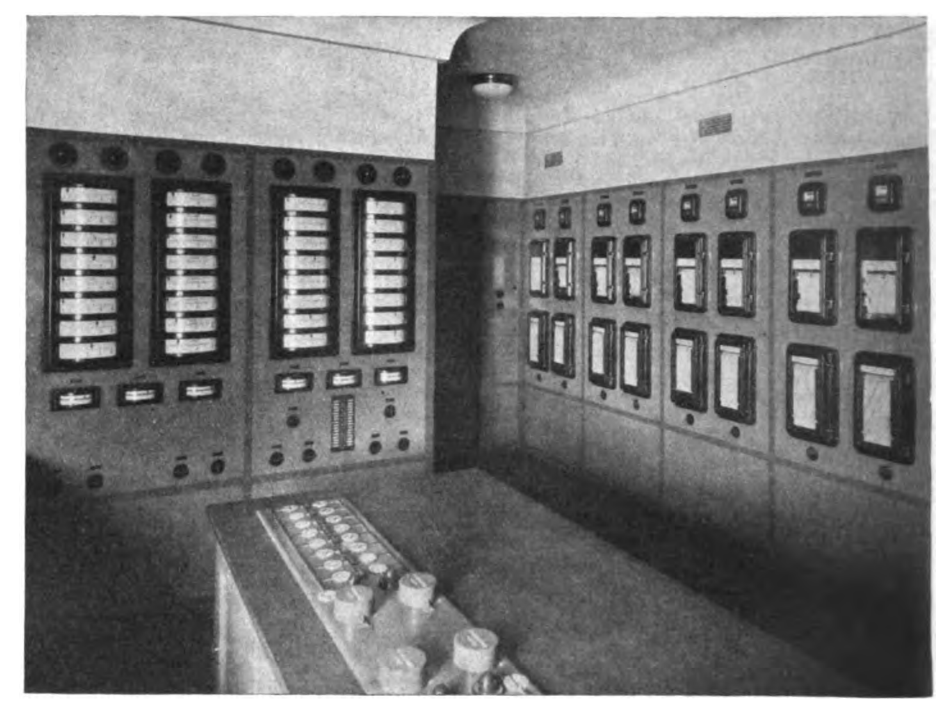


Abb. 2. Kesselwarte.

Abb. 2 zeigt eine Hälfte einer im vorstehenden gekennzeichneten Kesselwarte: im Vordergrund ein Schreibtisch für den Bedienungsbeamten, auf dem Schreibtisch das Dampfrohrleitungsschema mit Signallampen und verdeckten Drehschaltern für die Ventilfernsteuerung; geradeaus im Hintergrund die augenblicklich anzeigenden Instrumente für die Kesselbetriebsführung und rechts die Schreib- und Zählinstrumente.

Zum Schluß ein Wort über die Einstellung des Betriebspersonals gegenüber Neuerungen.

Jeder, der mit Einführung von Neuerungen im Betriebe, sei es auf dem Gebiete des Kesselbetriebes, sei es auf dem Gebiete des Maschinenbetriebes, zu tun gehabt hat, wird die Erfahrung gemacht haben, daß das Personal fast ausnahmslos mehr oder weniger den Neuerungen feindlich gegenübersteht, einmal aus Unkenntnis über den Wert und Zweck einer Neuerung und zum andern aus Furcht, der eine oder andere könne seine Stellung verlieren, weil die Neuerung eine Ersparnis an Personal bezwecken könne. Ja selbst die führenden oder Aufsichtsbeamten eines Betriebes stehen oft einer Neuerung ablehnend gegenüber, weil vielleicht die Neuerung nicht von ihnen selbst stammt oder weil sie sich nicht der Mühe unterziehen können oder wollen, eine Neuerung eingehend zu studieren und zu versuchen mit ihr zu arbeiten. Viele Kessel- und Maschinen-Betriebsleute lehnen eine Neuerung rundweg ab, weil irgendwie mit elektrischer Kraftübertragung gearbeitet wird. Sie sagen, das System der elektrischen Kraftübertragung weise so viele Versagerquellen auf, daß ihnen nur eine rein mechanische Kraftübertragung betriebsicher erscheine. Sie hängen am alten und können sich von dem erprobten Hergebrachten, trotzdem auch hier Versager auftreten, nicht trennen. Natürlich soll und kann man nicht auf jede Neuerung, die auf den Markt gebracht wird, schwören, aber man soll sie auch nicht von vornherein ohne triftige Gründe ablehnen. Warum soll man nicht eine Neuerung, die nach reiflicher Überlegung zweckmäßig und genügend betriebsicher erscheint, mal einbauen und ausprobieren? Erstklassige Lieferfirmen, die an sich schon in ihren Werkstätten soweit wie irgend möglich Neuerungen ausprobieren, ehe sie solche auf den Markt bringen, kommen dem Abnehmer soweit entgegen, daß sie sich zu einem probeweisen Einbau bereit erklären, so daß das Risiko auf seiten des Abnehmers nur sehr gering oder gleich Null ist. Es muß das Bestreben eines Werkleiters sein, sich sein Werks- und Arbeitspersonal so zu ziehen, daß sich jeder einzelne mit Interesse dem Ausprobieren einer Neuerung hingibt und irgendwie sich zeigende Fehler zu finden und durch Verbesserungen zu beheben versucht. Der Zweck der Einführung von Neuerungen in unsere Kraftwerke liegt weniger in der Ersparnis an Personal, denn da gibt es in unseren neuzeitlichen Großkraftwerken nicht mehr viel zu sparen, als vielmehr in der Ersparnis an Betriebsmitteln, wie Kohle, Öl u. dgl., und in der Vermeidung von Wärmeverlusten irgendwelcher Art.

Ermittlung der Kurzschlußströme in Netzen.

Von A. Schwaiger, München.

Übersicht. Es wird eine neue Methode zur Berechnung und Darstellung der Kurzschlußströme in Hochvoltnetzen angegeben, welche gestattet, die Charakteristiken der Maschinen und die Kapazität der Leitungen zu berücksichtigen.

1. Allgemeines.

Die Bedeutung der Kurzschlußströme für den Betrieb von Großkraftwerken ist bekannt. Zur Eindämmung ihrer schädlichen Wirkungen gibt es verschiedene Mittel, deren Anwendung eine möglichst genaue Kenntnis der Größe und Verteilung dieser Ströme im Netz und auf die Kraftwerke voraussetzt.

Bei der Berechnung der Kurzschlußströme in großen Anlagen sind bisher eine Reihe einschränkender Annahmen nötig gewesen. Arbeiten mehrere Kraftwerke mit Maschinen verschiedener Charakteristiken und Leistungen auf das Netz, dann hat man sich in der Weise beholfen, daß man für alle Kraftwerke eine gleiche mittlere Charakteristik annimmt, oder daß man das Netz an geeigneten Stellen so aufschneidet, daß jedes Kraftwerk nur einen gewissen Teil des Netzes speist. Ferner hat man bisher den Einfluß der Kapazitäten der Leitungen vernachlässigt. Das ist zulässig, wenn der Kurzschluß ganz in der Nähe des Kraftwerkes auftritt; denn in diesem Falle fällt die Spannung beim Kurzschluß meist so stark ab, daß die kapazitiven Ströme vernachlässigbar klein sind. Liegt aber der Kurzschluß an einer von den Kraftwerken weit entfernten Stelle, dann sinkt die Spannung meist nur wenig; hier können die kapazitiven Ströme nicht mehr vernachlässigt werden, sie ändern das Bild der Stromverteilung wesentlich, ganz besonders bei verkabelten Hochspannungsnetzen. Im folgenden soll gezeigt werden, wie man die Kurzschlußströme in vermaschten Netzen, auf welche beliebig viele Kraftwerke arbeiten, unter Berücksichtigung aller Maschinencharakteristiken mit und ohne Vernachlässigung der kapazitiven Ströme berechnen kann.

Es ist bekannt, daß solche Rechnungen mit Hilfe der Kirchhoffschen Gesetze durchgeführt werden müssen. Diese Rechnungen sind in der bisher bekannten Form jedoch für die Praxis wenig geeignet; bei stark vermaschten Netzen führt diese Methode zu fast uferlosen Rechnungen. Durch Anwendung der vom Verfasser angegebenen graphischen Methode kann man aber diese umständlichen Rechnungen umgehen; zudem liefert diese Methode sofort ein übersichtliches Bild über die Stromverteilung, da der Kurzschlußstrom in jedem Leitungsstrang im Diagramm dargestellt ist. Es handelt sich aber bei diesen Darlegungen nicht darum, die graphische Methode an sich zu erläutern und auseinanderzusetzen; dies ist bereits in früheren Veröffentlichungen des Verfassers geschehen, auf die hier verwiesen sei[1]. Was im folgenden neu ist, wird der kundige Leser leicht herausfinden.

Im folgenden soll nur der dreiphasige Dauerkurzschluß behandelt werden; der Ohmsche Widerstand der Leitungen wird, wie üblich, vernachlässigt. Auf bekannte Besonderheiten, wie Stoßkurzschlußstrom, Einschaltvorgänge, zwei- und einphasigen Kurzschluß, wird nicht eingegangen. Bestimmte numerische Werte sind den folgenden Diagrammen nicht zugrunde gelegt. Es können natürlich nicht alle Fälle vermaschter Netze hier besprochen werden; es werden vielmehr nur typische Fälle herausgegriffen. Im allgemeinen sind die Hochspannungsnetze, und um solche kann es sich hier nur handeln, nicht sehr stark vermascht, jedenfalls solche nicht, deren Entwurf auf sorgfältige Rechnungen gegründet ist.

2. Die Charakteristiken.

Bei der gewöhnlichen Leitungsnetzberechnung nimmt man an, daß die Spannung im Kraftwerk bei allen Belastungen konstant bleibt bzw. so eingestellt wird, daß alle Speisepunkte im Netz gleiche Spannungen besitzen. Diese Annahme erleichtert die Durchrechnung der Netze außerordentlich. Die Kurzschlußströme verursachen aber als reine Blindströme eine so große Ankerrückwirkung in den Generatoren, daß man die Spannungen der Kraftwerke nicht mehr als konstant annehmen kann. Bei der Kurzschlußstrom-Berechnung muß man also die Charakteristiken der Generatoren berücksichtigen.

Die Belastungscharakteristik des Generators bei reiner Blindlast ist in Abb. 1 durch die Kurve B dargestellt. Dürfte man die Eisensättigung vernachlässigen (Annahme konstanter synchroner Reaktanz), dann erhielte man für die Belastungscharakteristik die Gerade A. Mit dieser wollen wir uns zunächst beschäftigen. Wir können uns diese Charakteristik in folgender Weise entstanden denken. Der Generator möge eine vom Strom unabhängige, also eine starre Spannung U_0 erzeugen. Unmittelbar an die Klemmen des Generators sei eine Reaktanz I geschaltet, deren Größe so gewählt sei, daß ihr Spannungsabfall abhängig vom Strom durch die Gerade I (Abb. 1) dargestellt wird. Die Spannung hinter den Klemmen dieser Reaktanz abhängig vom Strom wird dann durch die Gerade A dargestellt. Dies ist aber die Belastungscharakteristik des Generators. Damit haben wir das Zustandekommen der Belastungscharakteristik A durch Annahme einer starren Generatorspannung U_0 und durch Einführung einer Reaktanz I ersetzt. Man sieht, daß die Geraden A und I die beiden Diagonalen eines Rechteckes bilden.

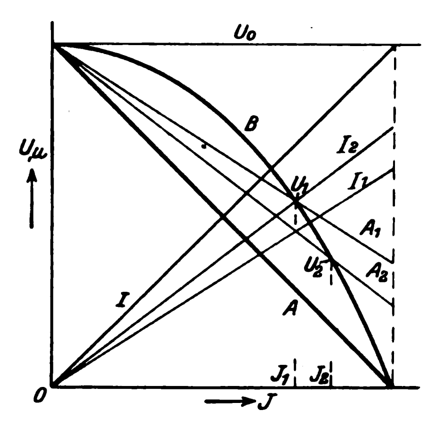


Abb. 1. Belastungscharakteristik des Generators bei rein induktiver Blindlast.

Soll der Einfluß der Eisensättigung auf die Belastungscharakteristik berücksichtigt werden (synchrone Reaktanz nicht konstant), dann geht man am besten so vor: Man schätzt zunächst den beim Kurzschluß an irgendeiner Stelle des Netzes zu erwartenden Kurzschlußstrom der Maschine, beispielsweise zu J_1 [A]. Durch den hierzu gehörenden Punkt U_1 der Belastungscharakteristik legt man die Gerade A_1, die man ebenso, wie vorher A, als die Belastungscharakteristik des Generators ansieht. Diese Charakteristik ersetzt man wie vorher durch die starre Maschinenspannung U_0 und eine der Maschine vorgeschaltete Reaktanz, deren Spannungsabfall durch die Gerade $I\,1$ dargestellt wird. Erhält man bei der noch zu beschreibenden Konstruktion des Kurzschlußdiagrammes einen Generatorstrom J_2, d. h. also, hat man das erstemal den Strom nicht richtig erraten, dann wiederholt man mit der Geraden $I\,2$ von neuem die Konstruktion des Kurzschlußdiagrammes. Man kann sich auf diese Weise immer mehr dem wahren Kurzschlußstrom nähern. Das Verfahren erscheint auf den ersten Blick langwierig; da aber, wie noch gezeigt werden wird, das Entwerfen der Diagramme für den Kurzschlußstrom eine einfache Sache ist, kommt man rasch zum Ziel. Am besten ist es, gleichzeitig mehrere Diagramme unter Annahme von Strömen J_1, J_2, J_3 zu entwerfen. Gewöhnlich muß die Berechnung der Kurzschlußströme unter verschiedenen Bedingungen erfolgen, beispielsweise unter Annahme des leerlaufenden oder vollbelasteten Generators; man hat dann eben die entsprechenden Charakteristiken B (Abb. 1) der Rechnung zugrunde zu legen.

Arbeiten mehrere Generatoren parallel auf die Sammelschienen, so denkt man sich diese ersetzt durch einen einzigen großen Generator, dem man eine solche Belastungscharakteristik zuerteilt, wie sie die parallel

[1] Schwaiger, ETZ 1920, S. 227. — Graphische Berechnung von Leitungen, als Manuskript gedruckt.

arbeitenden Generatoren besitzen. Man geht dabei so vor, daß man allen Generatoren eine starre Spannung U_0 zuschreibt und annimmt, vor jeden Generator sei eine Reaktanz geschaltet, deren Spannungsabfälle durch Gerade I', I'',... dargestellt sind. Alle diese Reaktanzen der Generatoren des Kraftwerkes sind dann parallel geschaltet und können durch eine einzige Reaktanz ersetzt werden. Dies ist in Abb. 2 für beispielsweise 2 Generatoren dar-

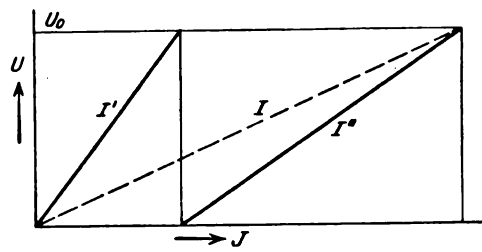


Abb. 2. Ersatzreaktanz von 2 Generatoren.

gestellt. I' und I'' stellen die Spannungsabfälle in den Reaktanzen dar, die man sich den beiden Generatoren vorgeschaltet denkt. Da sie als parallel geschaltet anzunehmen sind, addieren sich ihre Ströme; deshalb sind sie nebeneinander gezeichnet. Sie können ersetzt werden durch die Wirkung einer einzigen Reaktanz, deren Spannungsabfall abhängig vom Strom durch die Gerade I dargestellt ist. So kann man also für alle Generatoren eines Kraftwerkes eine einzige Charakteristik ermitteln, und wir werden in Zukunft nur mehr von den Charakteristiken ganzer Kraftwerke sprechen.

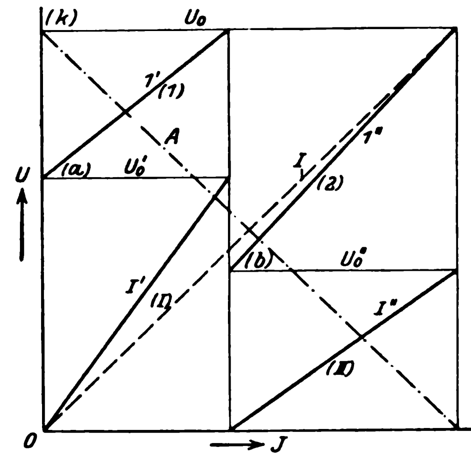


Abb. 3. Ersatzreaktanz von 2 Generatoren mit Transformatoren.

In neuzeitlichen Kraftwerken arbeiten die Generatoren nicht direkt auf die Sammelschienen sondern über Transformatoren, u. zw. gehört meist zu jeder Maschine ein Transformator. Man ersetzt bekanntlich die Wirkung des Transformators im Kurzschluß durch eine Reaktanz, deren Größe in bekannter Weise berechnet wird. In dem hier angenommenen Fall ist also in Reihe mit der Generatorreaktanz eine weitere Reaktanz geschaltet. Wie man in diesem Fall die Charakteristik des ganzen Kraftwerkes erhält, ist in Abb. 3 für ein Kraftwerk mit 2 Generatoren und 2 Transformatoren dargestellt; dabei ist der (allerdings seltenere) Fall angenommen, daß die Generatoren verschiedene Klemmenspannungen liefern, die Transformatoren also bei gleicher Sammelschienenspannung verschiedene Übersetzungsverhältnisse besitzen. I' und I'' stellen die Ersatzreaktanzen der beiden Generatoren mit den Spannungen U_0' und U_0'' dar. Hinter den Generator I' ist ein Transformator mit der Ersatzreaktanz $1'$ geschaltet; da diese Reaktanz vom gleichen Strome durchflossen wird wie die Generator-Ersatzreaktanz, ist im Diagramm das Rechteck zur Geraden $1'$ nicht neben sondern über I' mit derselben Basisbreite gezeichnet. Das gleiche gilt für den zweiten Generator und Transformator. Da beide Sätze parallel geschaltet sind, sind ihre Diagramme nebeneinander angeordnet. Die Gerade I (gestrichelt) stellt dann den Spannungsabfall der Ersatzreaktanz für das ganze Kraftwerk dar und die Gerade A (strichpunktiert) die Kraftwerkcharakteristik. Natürlich kann hierbei die synchrone Reaktanz als konstant oder als nicht konstant angenommen sein.

3. Kapazitätsfreie Netze.

Die Berechnung der Kurzschlußströme in offenen einfachen und in offenen verzweigten Netzen ist so einfach, daß auf deren Behandlung hier verzichtet werden kann. Wir wollen uns sogleich den geschlossenen Leitungsnetzen zuwenden. In Abb. 4 ist ein Leitungsring dargestellt; dieser kann in den Punkten a, b, c und d von den Kraftwerken A, B, C und D über die Leitungen 1, 2, 3 bzw. 4 gespeist werden. An der Stelle k liege der Kurzschluß. Die Reaktanzen der Maschinen und Leitungen sind gegeben. Es sollen nun verschiedene Fälle behandelt werden.

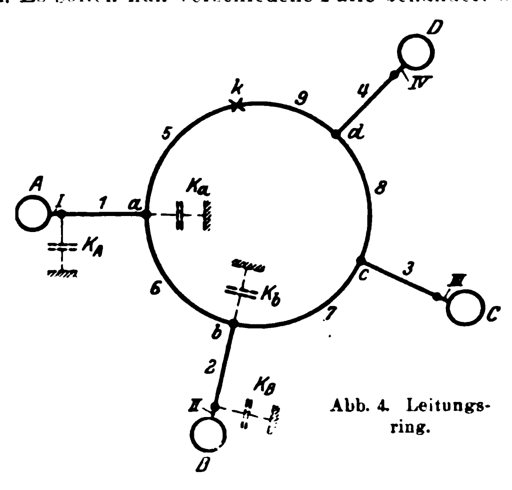


Abb. 4. Leitungsring.

1. Das Kraftwerk A speist allein den Ring, die übrigen seien abgeschaltet. Im Punkt a teilt sich dann der von A gelieferte Kurzschlußstrom in zwei Teile, der eine Teil fließt über die Leitung 5, der andere über die Leitungen $6 ... 9$ zu k. Beim Entwurf des Diagrammes geht man so vor. Man wählt für den noch unbekannten Strom des Kraftwerkes A eine beliebige Strecke AA' (Abb. 5) auf der Abszissenachse. Dieser Strom durchfließt die in Reihe geschalteten Reaktanzen I des Kraftwerkes und 1 der Speiseleitung. Für diese Reaktanzen kann man die Ersatzreaktanz $I1$ leicht berechnen. Man sucht nun den Spannungsabfall in dieser Ersatzreaktanz, wenn sie vom angenommenen Kurzschlußstrom durchflossen wird. Zu diesem Zweck trägt man von A aus die Gerade $I1$ unter einem der Reaktanz entsprechenden Winkel gegen die Abszissenachse auf und erhält den Spannungsabfall Aa. Dieser numerisch allerdings noch nicht bekannte Spannungsabfall herrscht vom Kraftwerk bis zum Knotenpunkt a.

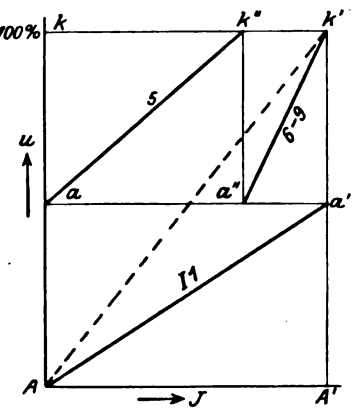


Abb. 5. Diagramm für Leitungsring mit 1 Kraftwerk.

Die beiden Ringteile führen verschiedene Ströme, ihre Summe muß aber gleich AA' sein. Diese Ströme müssen deshalb nebeneinander gezeichnet werden, sie sind in der Abb. 5 mit aa'' und $a''a'$ bezeichnet. Da in beiden Ringteilen derselbe Spannungsabfall herrscht, müssen die zu diesen Ringteilen gehörigen Rechtecke gleiche Höhen besitzen. Damit ist das Kurzschlußdiagramm gewonnen. Man sieht, zu jedem Leiter gehört im Diagramm ein Rechteck, und alle Rechtecke zusammen bilden wieder ein großes Rechteck. Die Diagonale dieses Rechteckes (gestrichelt) stellt die Ersatzreaktanz der ganzen Anlage dar.

Es sind nunmehr die numerischen Werte der Ströme zu bestimmen. Die Höhe Ak des großen resultierenden Rechteckes stellt den gesamten Spannungsabfall vom Generator bis zur Kurzschlußstelle dar, und dieser beträgt 100 %, ist also gleich der Spannung U_0. Die resultierende Reaktanz der ganzen Anlage ist ebenfalls bekannt, also kann man den gesamten Kurzschlußstrom sofort angeben und hat damit den Maßstab für die Strecke AA' gewonnen. Mit diesem Maßstab mißt man auch die Strecken aa'' und

$a''a'$; damit sind die Ströme in allen Leitern gewonnen. Da der Maßstab der Ordinatenachse auch bekannt ist, kann man die Spannung in jedem Punkt des Netzes angeben.

Will man berücksichtigen, daß die synchrone Reaktanz des Kraftwerkes nicht konstant ist, dann muß man jetzt vergleichen, ob der Strom AA' mit dem übereinstimmt, den man zur Bestimmung der Reaktanz *I* geschätzt hat. Ergibt die Konstruktion einen anderen Strom, dann wiederholt man das Diagramm mit einer anderen Neigung der Geraden *I*. Dies ist im vorliegenden Fall sehr einfach; die oberen beiden Rechtecke läßt man unverändert und verschiebt nur die Abszissenachse parallel zu sich selbst nach oben oder unten, je nachdem ob die Neigung der Geraden *I1* kleiner oder größer werden soll. Dann hat man von neuem den Maßstab des Diagrammes zu berechnen und damit ist die Aufgabe gelöst.

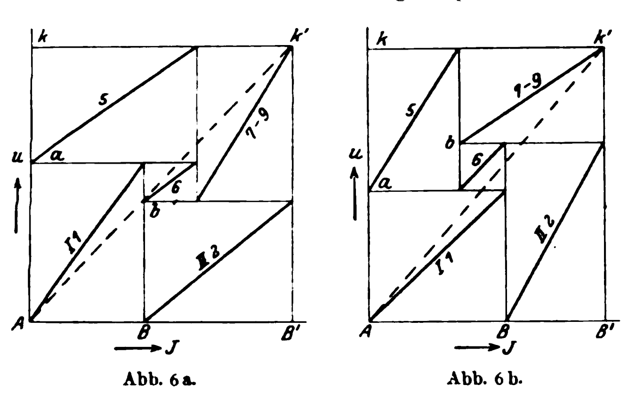


Abb. 6a. Abb. 6b.

Abb. 6. Diagramme für Leitungsring mit 2 Kraftwerken.

2. Die Kraftwerke *A* und *B* speisen den Ring. Je nach den numerischen Werten der Reaktanzen sind drei verschiedene Kurzschlußdiagramme möglich; zwei von diesen sind in den Abb. 6a und b dargestellt. Beim dritten möglichen Diagramm verschwindet das Rechteck 6, d. h. im Leiter *6* fließt bei Kurzschluß kein Strom. Das ist der Fall, wenn gewisse Symmetrien vorhanden sind. Beim Entwurf des Diagrammes stellt sich natürlich das für einen vorliegenden Fall geltende zwangläufig ein.

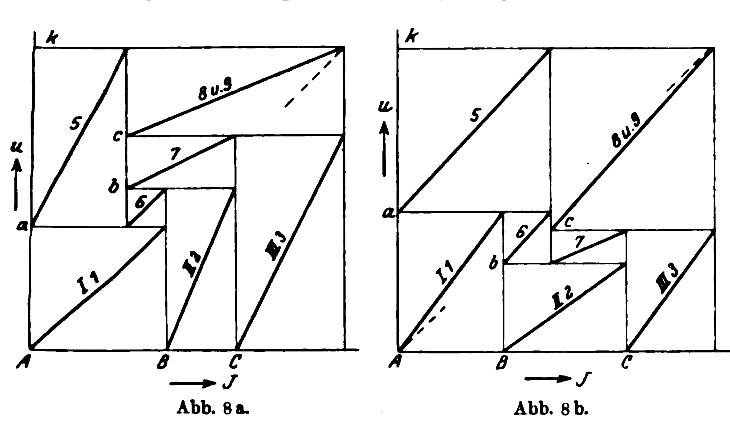


Abb. 8a. Abb. 8b.

Abb. 8. Diagramme für Leitungsring mit 3 Kraftwerken.

Die Kurzschlußstelle wird jetzt also von zwei Kraftwerken gespeist, und die Summe ihrer Ströme ist gleich dem gesamten Kurzschlußstrom in *k*. Für beide Kraftwerke wurden verschiedene Charakteristiken angenommen; man sieht also, daß bei diesem Verfahren der Kurzschlußstrom-Berechnung irgendwelche Schwierigkeiten dadurch nicht entstehen.

Im besonderen sei noch folgendes erwähnt. Ob das Kraftwerk *A* die Kurzschlußstelle *k* auch über die Leitungen *6* und *7...9* speist, oder ob das Kraftwerk *B* auch über die Leitungen *6* und *5* auf den Kurzschlußpunkt arbeitet, entscheidet die Lage des Rechteckes *6*. In Abb. 6a teilt sich der Strom des Kraftwerkes *B* offenbar in 2 Teile; der eine Teil fließt über *6* zur Kurzschlußstelle, nachdem er sich im Punkt *a* zuerst mit dem Strom des Kraftwerkes *A* vereinigt hat. Der andere Teil fließt über die Leitungen *7...9* zur Kurzschlußstelle. Im Falle der Gültigkeit des Diagrammes 6b ist es offenbar umgekehrt. Man wird zugeben, daß keine der bekannten Kurzschlußstrom-Berechnungen das Resultat in so übersichtlicher Form darstellt wie diese Diagramme. Je verwickelter das Netz ist, um so deutlicher tritt dieser Vorteil der graphischen Methode in Erscheinung.

Nach der Schaltung der Abb. 7 arbeiten zwei Generatoren *A* und *B* auf die Sammelschienen *a* und *b*, welche durch die Drosselspule *6* gekuppelt sind. Von den Sammelschienen gehen zwei Speiseleitungen zu einer Unterstation *US*; auf einer dieser Speiseleitungen liegt der Kurzschluß *k*. Diese Anordnung führt zu den gleichen Diagrammen, wie sie in Abb. 6a und b dargestellt sind. Um den Vergleich zu erleichtern, sind in Abb. 7 die Bezeichnungen entsprechend gewählt.

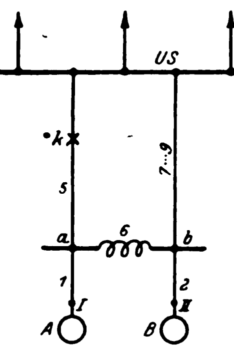


Abb. 7. Kraftwerk mit Unterstation.

3. Die Kraftwerke *A*, *B* und *C* speisen den Ring. Die Zahl der möglichen Diagramme ist hier noch größer; zwei hiervon sind in Abb. 8a und b dargestellt. Man sieht, daß durch die Lage der Rechtecke *6* und *7* die verschiedenen Fälle bedingt sind. Deren Lage entscheidet, ob ein Kraftwerk den Kurzschluß nur über einen Ringteil oder über beide Ringteile, d. h. von zwei Seiten speist. Es kann auch eines dieser Rechtecke verschwinden; dies besagt dann, daß die betreffende Leitung beim Kurzschluß stromlos ist.

4. Alle Kraftwerke speisen auf das Netz. Aus der großen Mannigfaltigkeit der möglichen Fälle ist in Abb. 9 nur ein Fall gezeichnet.

4. Kapazitive Netze.

Wie bereits erwähnt wurde, können die kapazitiven Ströme in Netzen mit langen Leitungen, besonders wenn sie verkabelt sind, beim Kurzschluß nicht mehr vernachlässigt werden. Durch sie wird die ganze Stromverteilung verzerrt. Für den Schutz der Netze ergeben sich wesentlich andere Forderungen; denn durch die kapazitiven Ströme tritt eine Verkleinerung der Ströme ein in

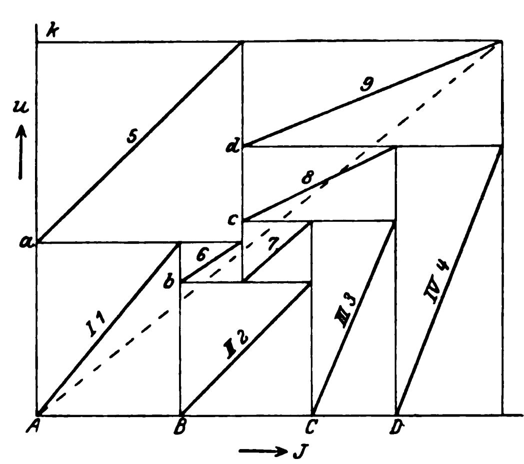


Abb. 9. Diagramm für Leitungsring mit 4 Kraftwerken.

Richtung von der Kurzschlußstelle nach den Kraftwerken. Bisher hat man den Einfluß der kapazitiven Ströme beim Kurzschluß vernachlässigt; die graphische Methode gestattet, sie genau zu berücksichtigen, ohne daß dadurch die Konstruktion der Diagramme wesentlich erschwert wird.

Der Verfasser hat bei einer anderen Gelegenheit gezeigt, daß man auch in rein kapazitiven Netzen die Strom- und Spannungsverteilung durch „Leitungsgitter", wie wir sie im 3. Teil kennen gelernt haben, darstellen kann. Das ist auch einleuchtend; denn auch für einen Kondensator wird der Zusammenhang zwischen Ladestrom und Spannung durch eine lineare Beziehung dargestellt. Da nun in einem Stromkreis mit Induktivitäten und hierzu parallel geschalteten Kapazitäten die zugehörigen Ströme in Opposition stehen, können sie algebraisch subtrahiert werden, und deshalb ist ihre Darstellung durch ein Leitungsgitter möglich.

Dies soll an einem einfachen Beispiel gezeigt werden. An die Klemmen *a* und a'' seien eine induktive und

eine kapazitive Reaktanz in Parallelschaltung angeschlossen. Nach Abb. 10 ist der Spannungsabfall in der Induktivität durch die Gerade *1'* in bekannter Weise dargestellt. Wäre hierzu eine Induktivität parallel geschaltet, so müßte sie im Diagramm eingetragen werden, wie die gestrichelte Gerade *2* zeigt; die Ströme in den beiden Reaktanzen würden sich addieren, zu den Klemmen *a* und *a''* seien eine induktive und eine kapazitive Reaktanz in Parallelschaltung angeschlossen. Nach Abb. 10 ist der

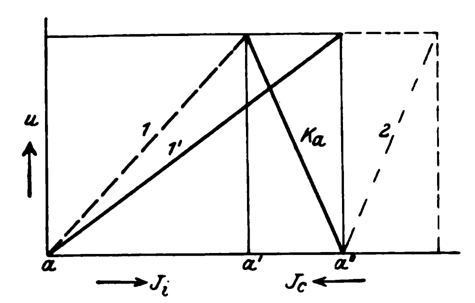


Abb. 10. Induktivität und Kapazität parallel.

Spannungsabfall in der Induktivität durch die Gerade *1'* in bekannter Weise dargestellt. Wäre hierzu eine Induktivität parallel geschaltet, so müßte sie im Diagramm eingetragen werden, wie die gestrichelte Gerade *2* zeigt; die Ströme in den beiden Reaktanzen würden sich addieren, zu den Klemmen *a* und *a''* müßte also ein Strom gleich der Summe dieser beiden Ströme zugeführt werden. Ist aber der Kondensator *K* parallel geschaltet, dann muß die Gerade K_a von *a''* aus nach links aufgetragen werden; der kapazitive Strom *a''a'* wird also von *aa''* subtrahiert. Zu den Klemmen der Parallelschaltung braucht nur mehr der Strom *aa'* zugeführt werden. Offenbar wirkt die ganze Anordnung wie eine resultierende Reaktanz *1*. Läßt man die Kapazität immer größer werden, dann wird schließlich der resultierende Strom gleich Null (Fall der Resonanz) oder gar negativ; dann geht die Neigung der Geraden *1* nach der anderen Seite, die ganze Anordnung wirkt kapazitiv. Man sieht, daß man durch dieses Diagramm zugleich Aufschluß über eine etwaige Resonanzgefahr bei Kurzschluß erhält.

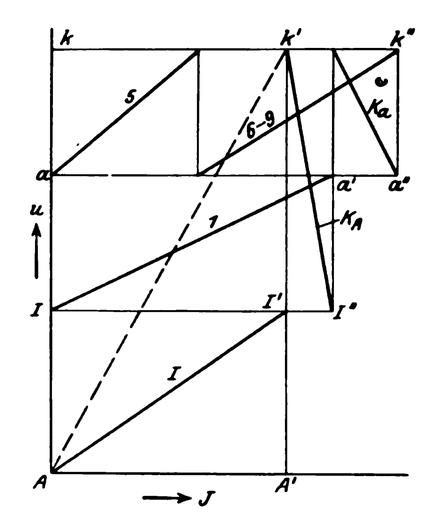


Abb. 11. Diagramm für kapazitiven Leitungsring mit 1 Kraftwerk.

Es soll nun zum praktischen Fall der Ringleitung übergegangen werden. Man berechnet die Kapazitäten der einzelnen Leitungen und nimmt diese entweder als in der Mitte eines Leitungstranges konzentriert an, oder man verteilt sie auf die beiden benachbarten Knotenpunkte. Im folgenden soll die letztgenannte Ersatzschaltung gewählt werden. Die Kapazitäten sind in Abb. 4 eingezeichnet.

1. Das Kraftwerk *A* arbeitet auf den Ring. Man kann die Konstruktion des Diagrammes wieder beim Kraftwerk beginnen. Es soll hier zur Abwechslung der andere Weg eingeschlagen werden, nämlich wir beginnen die Konstruktion mit der Kurzschlußstelle (Abb. 11). Die Leitungen *5* und *6 ... 9* sind parallel geschaltet, besitzen also den gleichen Spannungsabfall. Wir nehmen für beide Leitungen eine beliebige Strecke *kk''* als gemeinsamen Strom an und zeichnen die zu beiden Ringteilen gehörigen Rechtecke mit den Diagonalen *5* und *6 ... 9*. Es ergibt sich dann das Rechteck *akk''a''*. Die Kapazität K_a ist hierzu parallel geschaltet, da die Kurzschlußstelle entweder aus Symmetriegründen oder, weil der Kurzschluß zugleich Erdschluß ist, das Potential Null gegen Erde hat. Deshalb ist die Gerade K_a von *a''* aus nach links oben eingetragen.

Durch die Leitung *1* fließt jetzt also nicht mehr der ganze Kurzschlußstrom sondern nur mehr der Strom *aa'*. Man trägt nun von *a'* aus die Gerade *1* bis zum Schnittpunkt mit der Ordinatenachse ein und erhält den Punkt *I* und das zu *1* gehörige Rechteck. Durch die Reaktanz *I* fließt aber nicht der ganze Strom *II''*, sondern der um den Kapazitätsstrom *I'I''* verkleinerte Strom, der von der Kapazität K_A herrührt. Dabei ist zu beachten, daß an diesem Kondensator die Spannung *kI* liegt. Durch die Reaktanz des Kraftwerkes fließt also der Strom *I I'*. Vom Punkt *I'* trägt man die Gerade *I* nach links unten auf und erhält den Schnittpunkt *A* mit der Ordinatenachse. Durch diesen Punkt legt man die Abszissenachse für das ganze Kurzschlußstrom sondern nur mehr der Strom *aa'*. liefernde Strom, der kleiner ist als der Kurzschlußstrom an der Stelle *k*. Die gestrichelte Gerade stellt wieder die Ersatzreaktanz für den ganzen Stromkreis dar, mit deren Hilfe man die Maßstäbe gewinnt.

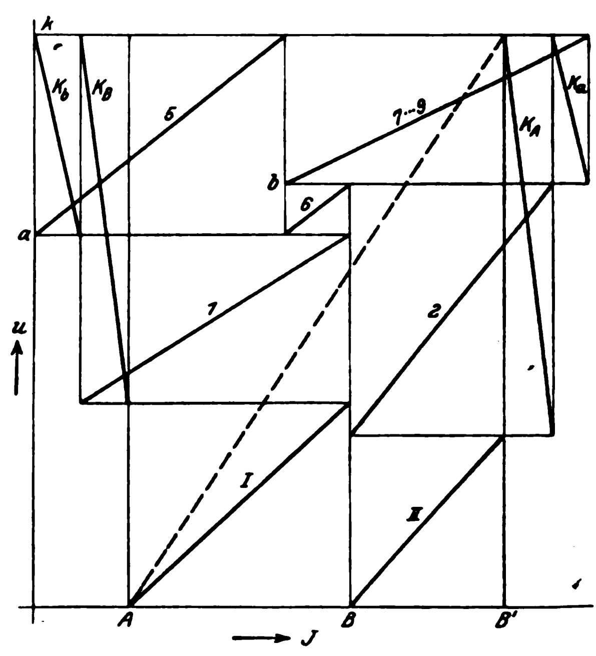


Abb. 12. Diagramm für kapazitiven Leitungsring mit 2 Kraftwerken.

2. Die Kraftwerke *A* und *B* speisen den Ring. Diesen Fall zeigt Abb. 12; eine weitere Erklärung hierzu ist wohl nicht mehr notwendig. Auf die Wiedergabe weiterer Diagramme wird verzichtet, da etwas Neues nicht mehr hinzukommt.

5. Schluß.

Die resultierende Reaktanz einer ganzen Anlage wurde in den Diagrammen durch die Diagonale des alle kleinen Rechtecke einschließenden großen Rechteckes dargestellt. Die andere Diagonale dieses Rechteckes können wir als die Belastungscharakteristik der ganzen Anlage bezogen auf den Kurzschlußpunkt *k* auffassen (Abb. 1, Gerade *A*), d. h. wenn ein Generator eine synchrone Reaktanz gleich der resultierenden Reaktanz der ganzen Anlage hätte, würde er eine Belastungscharakteristik aufweisen, welche durch die genannte Diagonale dargestellt ist.

Sind zwei große Überlandwerke miteinander gekuppelt und will man die Kurzschlußströme im eigenen Werk ermitteln, so muß die Charakteristik des fremden Werkes bezogen auf die Kupplungstelle bekannt sein. Diese Charakteristik kann man sich in folgender Weise verschaffen. Man entnimmt aus dem fremden Werk einen reinen Blindstrom und beobachtet Strom und Spannung an der Kupplungstelle. Auch aus dem Verhalten des Selektivschutzes und der Spannungsabfall-Anzeiger, die an der Kupplungstelle eingebaut sind, kann man Punkte der Belastungscharakteristiken gewinnen, wenn sie während eines Kurzschlusses im eigenen Netz beobachtet werden können.

Die oben angegebenen Kurzschlußdiagramme können natürlich beliebig vermehrt werden, die Anwendung der graphischen Methode ist nicht auf Ringnetze beschränkt. Freilich, je mehr verknotet und vermascht ein Netz ist, um so mehr Arbeit bereitet die Aufstellung der Diagramme. Man kann sich sogar Netze denken, welchen die graphische Methode, soweit sie bis jetzt ausgearbeitet ist, nicht mehr gewachsen ist. Solche Netze sind dann allerdings auch rechnerisch nicht mehr einfach zu erfassen. Stößt man in der Praxis auf ein solches Netz, dann kann man mit Sicherheit sagen, daß diese Anlage nur nach dem „Gefühl" entworfen, aber keinesfalls berechnet wurde. Aber nicht um die Frage, ob ein Netz berechenbar ist oder nicht, handelt es sich, sondern darum, daß der Betrieb solcher Anlagen unübersichtliche und unkontrollierbare Verhältnisse schafft und der Aufbau eines klaren Selektivschutzes unmöglich ist. Nur bei einfachen, übersichtlichen Anlagen können die Störungen bei Kurzschlüssen und Überlastungen auf ein Mindestmaß herabgedrückt werden; das ist der springende Punkt.

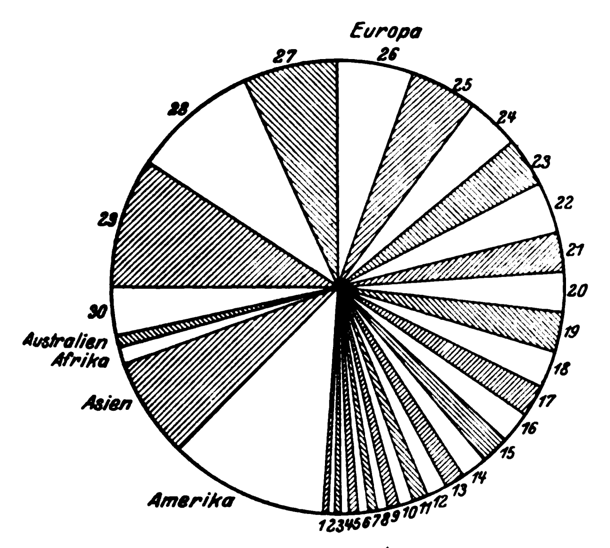
Es soll noch kurz angegeben werden, wie man die Kurzschlußdiagramme entwirft. Entweder kann man den Weg des Probierens gehen, der relativ rasch zum Ziele führt. Das richtige Diagramm liegt dann vor, wenn alle Rechtecke ein großes geschlossenes Rechteck ergeben. Ein anderer Weg ist der, daß man ein Modell mit Federn baut, ähnlich wie es der Verfasser für rein kapazitive Stromkreise vorgeschlagen hat[2]. Hier ergibt sich das Resultat auf rein mechanischem Wege, ohne jede Rechnung. Das Modell arbeitet also wie eine Rechenmaschine. Wer sich aber mit der Leitungsberechnung nach dem graphischen Verfahren vertraut gemacht hat, benutzt am besten die von Hering[3] angegebene Methode der geometrischen Örter, welche zwangläufig auf das richtige Diagramm führt. Diese Methode ist leicht zu erweitern auf Netze, die Induktivität und Kapazität gleichzeitig besitzen.

[2] Schwaiger, Elektrische Festigkeitslehre, Aufl. 2. Verlag Julius Springer, Berlin 1925.
[3] Hering, Elektro-Journ. Bd. 7, S. 17.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel.

Von Dr.-Ing. G. **Becker**, Berlin.

Seit dem letzten ausführlicheren Bericht[1] über die Entwicklung des deutschen elektrotechnischen Außenhandels sind vier Jahre verflossen. Daher dürfte eine Betrachtung des neuesten Standes am Platze sein.



1 Memel. 2 Litauen. 3 Estland. 4 Bulgarien. 5 Portugal. 6 Luxemburg. 7 Griechenland. 8 Irland. 9 Lettland. 10 Danzig. 11 Saargebiet. 12 Südslawien. 13 Ungarn. 14 Belgien. 15 Spanien. 16 Rumänien. 17 Norwegen. 18 Dänemark. 19 Schweiz. 20 Finnland. 21 Polen. 22 Frankreich. 23 Tschechoslowakai. 24 Österreich. 25 Schweden. 26 Italien. 27 Großbritannien. 28 Niederlande. 29 Rußland. 30 Sonstige.

Abb. 1. Deutschlands elektrotechnische Ausfuhr 1928 nach Ländern. Gesamtwert 536,1 Mill RM.

Während die gesamte elektrotechnische Ausfuhr der wichtigeren Ausfuhrländer von etwa 657 Mill RM im Jahre 1913 auf rd. 1750 Mill RM im Jahre 1928 gestiegen ist, sich also — unter Berücksichtigung der erhöhten Preislage — mindestens verdoppelt hat, liegt die Elektroausfuhr Deutschlands mit 536,1 Mill RM, ebenfalls bei Berücksichtigung der veränderten Preisverhältnisse, knapp 20 % höher als 1913. Gegenüber der Ausfuhr von 1924 von 290,6 Mill RM bedeutet der Wert des Jahres 1928 allerdings einen erfreulichen Fortschritt.

Einen Überblick über die Verteilung der Elektroausfuhr Deutschlands nach Bestimmungsländern und Warengruppen gewähren die Abb. 1 und 2. Sie sind auf Grund der Zahlen der amtlichen Statistik[2] zusammengestellt.

Was die Verteilung nach Ländern betrifft, so zeigt ein Blick auf die Abb. 1 die überragende Stellung Europas. Mehr als 75 % der Ausfuhr blieben in Europa, der Rest ging in außereuropäische Länder. An erster Stelle unter den Abnehmern deutscher Elektroerzeugnisse steht Rußland mit rd. 50 Mill RM Einfuhr. Rußland hatte auch vor dem Kriege den ersten Platz inne, fiel aber nach dem Kriege stark ab, um allmählich wieder die Führung zu übernehmen. Dicht hinter Rußland folgen die Niederlande, die mehrere Jahre hindurch die Führung hatten, und in ziemlich weitem Abstand Großbritannien, Italien und die übrigen europäischen Staaten.

Zwischen 1924 und 1928 liegen die Abschlüsse von Handelsverträgen Deutschlands mit einer größeren Anzahl von Staaten. Nach einigen dieser Staaten hat die Elektroausfuhr Deutschlands aus diesem Grunde zugenommen. Bei den übrigen ist eine solche Wirkung nicht recht feststellbar.

Außerordentlich unbefriedigend ist die Ausfuhr nach den meisten außereuropäischen Märkten. Dies wird besonders deutlich, wenn man den Wert der gelieferten Erzeugnisse auf die Einwohnerzahl bezieht, wie es in Abb. 3 geschehen ist. Es ist ersichtlich daß der Wert je Einwohner in den außereuropäischen Erdteilen weit unter 1 RM liegt. Auch die großen europäischen Staaten weisen Werte unter 1 RM auf. Die höchsten Werte zeigen Danzig und das Saargebiet, was bei dem ganz und gar deutschen Charakter dieser Gebiete natürlich ist.

Mill RM — 110, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 5

Vorrichtungen f. Beleuchtung und Kraftübertragung; Maschinen und Transformatoren; Kabel und isolierte Leitungen; Apparate für drahtlose Telephonie und Telegraphie; Meßinstrumente und Zähler; Glühlampen; Fernsprech- u. Telegraphenapparate; elektromedizinische Apparate und Röntgenröhren; Magnetzünder; elektrotechnische Kohlen; Elemente; Akkumulatoren; Elektrowärmeapparate; Sicherungs- u. Signalapparate; Porzellanisolatoren; Bogenlampen u. Scheinwerfer; Isolierrohre

Abb. 2. Deutschlands elektrotechnische Ausfuhr 1928 nach Erzeugnissen.

Die Betrachtung der Ausfuhr nach Warengruppen, s. Abb. 2, lehrt, daß die Gruppen: Vorrichtungen für Beleuchtung und Kraftübertragung (d. s. in der Haupt-

[1] ETZ 1925, S. 481.
[2] Monatliche Nachweise über den auswärtigen Handel Deutschlands, herausgegeb. vom Statistischen Reichsamt.



sache Schalter, Regler, Sicherungen usw.) sowie Maschinen und Transformatoren die Führung haben. Wichtige Posten sind ferner: Kabel und Leitungen sowie Vorrichtungen für drahtlose Nachrichtenübermittlung. Ihre Ausfuhr ist sprunghaft gestiegen. Wenig oder garnicht gestiegen ist die Ausfuhr von Kohlen, Elementen, Akkumulatoren und Isolatoren. Bei den übrigen Gruppen war die Entwicklung normal.

Die Werte der deutschen elektrotechnischen Ausfuhr in den ersten 6 Monaten des laufenden Jahres 1929 sind folgende: 54,8; 45,7; 43,6; 55; 49,5 und 47,1 Mill RM. Dies ergibt einen Monatsdurchschnitt von rd. 49,5 Mill RM, der etwas höher ist als derjenige des Vorjahres.

Wenn auch unsere Ausfuhr in den letzten Jahren erfreuliche Fortschritte gemacht hat, so ist sie doch im Vergleich mit dem gesamten elektrotechnischen Welthandel, wie eingangs bereits angedeutet, nicht befriedigend. Deutschland steht zwar, wie Zahlentafel 1 erkennen läßt, an der Spitze der Elektroexportländer, ist aber in seinem Anteil an der Gesamtelektroausfuhr der Welt gegenüber 1913 noch stark im Rückstand. Im Jahre 1913 betrug unser Anteil an der Gesamtausfuhr fast 50 %, im Jahre 1928 dagegen nur etwa 30 %.

Abb. 3. Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse aus Deutschland 1928 in RM/Einwohner.

Zahlentafel 1. Elektrotechnische Ausfuhr der wichtigsten Ausfuhrländer.

Land	1925		1926		1927		1928	
	Mill RM	% der gesamten	Mill RM	% der gesamten	Mill RM	% der gesamten	Mill RM	% der gesamten
Deutschland[1]	356,3	26,7	390,8	26,5	441,2	27,9	536,1	30,6
V. S. Amerika[2].	349,0	26,1	398,7	27,0	430,8	27,2	465,1	26,5
Großbritannien[3]	356,9	26,7	391,5	26,5	380,2	24,0	375,5	21,3
Frankreich[4] ...	82,0	6,1	96,2	6,5	62,0	3,9	69,0	3,9
Schweden[1]	40,2	3,0	45,1	3,1	60,8	3,9	?	etwa 3,4
Schweiz[5]	46,1	3,5	45,0	3,1	52,6	3,3	60,3	3,4
Österreich[1]	34,8	2,6	34,6	2,3	37,1	2,4	?	etwa 2,3
Niederlande[4] ..	52,5	3,9	49,2	3,3	69,1	4,4	102,6	5,8
Belgien[6]	18,0	1,4	24,7	1,7	47,8	3,0	?	etwa 2,8
Insgesamt ..	1335,8	100,0	1475,8	100,0	1581,6	100,0	etwa 1750,0	100,0

[1] Amtliche Statistik. — [2] El. Review. — [3] The Electrician. — [4] Rev. Gén. de l'El.. — [5] Elektroindustrie. — [6] El. Market.

Auch mit Rücksicht auf Deutschlands gesamte Handelsbilanz ist der Wert der Elektroausfuhr zurückgeblieben. Deutschland hat in den Nachkriegsjahren ein ungeheures Defizit in seiner Handelsbilanz aufzuweisen, das beispielsweise 1928 rd. 2 Mrd, 1927 sogar 3,4 Mrd RM betrug. Es muß unser Bestreben sein, dies Passivum nicht nur zum Verschwinden zu bringen, sondern darüber hinaus einen Ausfuhrüberschuß zu erzielen, um die Reparationen leisten zu können. Unter den Erzeugnissen, die für die Ausfuhr besonders geeignet sind, nehmen diejenigen der Elektrotechnik einen hervorragenden Platz ein, da diese eine Verfeinerungsindustrie höchsten Grades ist. In den Werten der elektrotechnischen Waren ist ein erheblicher Prozentsatz menschlicher Arbeit enthalten, und da wir Deutsche in der Hauptsache nur unsere Arbeitskraft zu vergeben haben, müßten die Verfeinerungsindustrien noch mehr als bisher zur Ausfuhrsteigerung herangezogen werden.

Anderseits stößt aber die Ausfuhr deutscher Fertigwaren in vielen Ländern auf die größten Hindernisse und Erschwerungen, teils in Form außerordentlich hoher Zölle, die die einzelnen Gegenstände unnötig verteuern und den Absatz erschweren, teils in Form verwaltungsprotektionistischer Maßnahmen, die die Verwendung deutscher Erzeugnisse manchmal geradezu ausschließen.

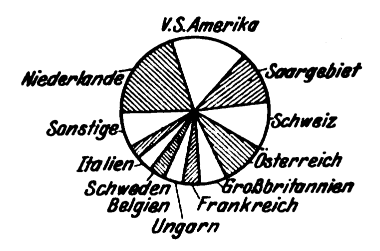


Abb. 4. Deutschlands elektrotechnische Einfuhr 1928 nach Ländern. Gesamtwert 49,2 Mill RM.

Deutschlands elektrotechnische Einfuhr ist seit 1924 außerordentlich stark gestiegen, u. zw. von etwa 9,5 Mill RM auf 49,2 Mill RM im Jahre 1928, d. i. unter Berücksichtigung der verschiedenen Preislage etwa das 3½-fache. Die hauptsächlichsten Herkunftsländer (vgl. Abb. 4) sind Holland und die V. S. Amerika, in größerem Abstand folgen das Saargebiet, die Schweiz und Österreich. Die bedeutendsten Warengruppen (vgl.

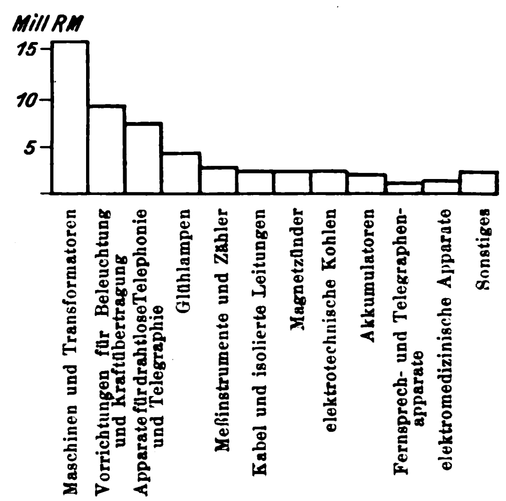


Abb. 5. Deutschlands elektrotechnische Einfuhr 1928 nach Erzeugnissen.

Abb. 5) sind Maschinen, Starkstromapparate und Vorrichtungen für drahtlose Fernmeldung (Rundfunk). Die starke Steigerung der Einfuhr, deren Wert im Jahre 1913 etwa 4 % desjenigen der Ausfuhr, 1928 dagegen 10 % betrug, dürfte zum großen Teil auf den mangelhaften Zollschutz zurückzuführen sein.

In Zahlentafel 2 sind die aus den jeweiligen Zollsätzen sich ergebenden Zollbelastungen in Prozent vom Preise für einige wichtige Länder und Elektroerzeug-

Zahlentafel 2. Zollbelastung elektrotechnischer Erzeugnisse in % vom Preise (Zollschutz) in Deutschland und im Ausland 1928.

Land	Maschinen und Transformatoren	Starkstromapparate	Kabel und isolierte Leitungen	Telephon- und Telegraphenmaterial
Deutschland	4 bis 8	6 bis 15	6 bis 12	4 bis 8
Belgien	7 „ 22	4 „ 35	7 „ 15	5 „ 13
Frankreich ...	10 „ 30	6 „ 31	10 „ 35	15 „ 22
Großbritannien	z.T. 33⅓% v.W.	z.T. 33⅓% v.W.	z.T. 33⅓% v.W.	z.T. 33⅓% v.W.
Italien	12 bis 55	3 bis 34	14 bis 44	4 bis 22
Polen	23 „ 120	55 „ 175	30 „ 80	5 „ 30
Schweiz.......	8 „ 10	5 „ 20	7 „ 27	3 „ 9
Spanien.......	9 „ 45	4 „ 48	55 „ 65	13 „ 53
Tschecho-slowakei	15 „ 60	8 „ 96	36 „ 65	10 „ 59
Ungarn	12 „ 70	40 „ 88	15 „ 60	11 „ 24
V. S. Amerika .	30% v. W.	40% v. W.	35% v. W.	40% v. W.

nisse zusammengestellt. Man ersieht ohne weiteres, daß die Zollbelastung bzw. der Zollschutz in Deutschland weitaus am geringsten und viel zu niedrig ist.

Wenn man versuchen will, sich ein ungefähres Bild von der weiteren Entwicklung des elektrotechnischen Außenhandels zu machen, so wird man die Möglichkeiten der Elektrisierung der Welt und damit des Bedarfs an Stark- und Schwachstromeinrichtungen aller Art zugrundelegen müssen. Hierbei möge der gegenwärtige Bedarf je Einwohner in Deutschland, das aber durchaus nicht an erster Stelle steht, als Norm dienen. Die elektrotechnische Produktion Deutschlands kann für das Jahr 1928 auf etwa 2,5 Mrd RM geschätzt werden. Wird hierzu der Wert der Einfuhr hinzugefügt und derjenige der Ausfuhr abgezogen, so ergibt sich ein Jahresbedarf von rd. 2 Mrd RM insgesamt oder von 32 RM je Einwohner.

Die gesamte Elektroproduktion der Welt betrug nach einer Schätzung des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie im Jahre 1925 rd. 12 Mrd RM, wobei zu berücksichtigen ist, daß hiervon mehr als die Hälfte auf die Vereinigten Staaten entfällt, in denen die Preislage viel höher als in Deutschland und den übrigen europäischen Ländern ist. Bei einer Bevölkerungszahl der Erde von etwa 2 Mrd Menschen ergibt sich also ein durchschnittlicher Verbrauch von 5 oder 6 RM je Kopf, ein Wert, der weit unter dem deutschen und noch viel weiter unter dem Durchschnittswert der V. S. Amerika und einiger anderer Länder liegt. Wenn es gelingt, das menschliche Bedürfnis nach elektrotechnischen Gütern zu mehren bzw. zu wecken, müßte sich die elektrotechnische Produktion in allen Ländern beträchtlich steigern lassen.

Beitrag zur Geometrie der kompensierten Asynchronmaschinen.

Von **Johannes Thieme,** Dresden.

Übersicht. Aus der Geometrie des Kreisdiagrammes werden die Beziehungen zwischen den Leerlaufdaten des kompensierten Motors und der bei einer gegebenen Last maximal erreichbaren voreilenden Phasenverschiebung in einer den praktischen Bedürfnissen des Projekteurs und Prüffeldingenieurs angepaßten Form entwickelt.

Die kompensierten Asynchronmotoren[1] haben seit ihrer Einführung im Jahre 1923 in einem Umfang Eingang in die Betriebe der stromerzeugenden Werke, der Industrie und der Landwirtschaft gefunden, den wohl auch die größten Optimisten nicht vermutet hatten. Trotz der in den ersten Jahren noch zu leistenden Entwicklungsarbeit und trotz heftiger Gegenwehr konkurrierender Firmen setzte eine lebhafte Nachfrage nach diesen Maschinen ein, die durch das starke Bedürfnis nach Herabsetzung der Betriebskosten und die ausgezeichneten Erfolge, die der kompensierte Motor als Mittel zur Befriedigung dieses Bedürfnisses hatte, wohl begründet war. Heute, wo fast überall Tarife in Kraft sind, die den Leistungsfaktor einer Anlage bei der Festsetzung des Strompreises berücksichtigen, steht die Frage nach Mitteln zur $\cos\varphi$-Verbesserung mehr als je im Vordergrund, und im gleichen Maße ist die Bedeutung des kompensierten Motors für die Wirtschaft gestiegen. Jeder Betriebsleiter ist heutzutage gezwungen, bei Veränderungen oder Erweiterungen seines Betriebes an den Leistungsfaktor zu denken und die Anwendung kompensierter Motoren in Erwägung zu ziehen.

Die Bedeutung dieses Motors beruht ja neben seinen guten Betriebseigenschaften gerade auf seiner vielseitigen Verwendbarkeit. Durch entsprechende Einstellung der Bürsten besteht die Möglichkeit, dieselbe Maschine entweder mit voller Last bei $\cos\varphi = 1$ zu benutzen oder bei Teillast mit jedem beliebigen voreilenden $\cos\varphi$ bis zum reinen Phasenschieberbetrieb. Diese vielseitige Verwendbarkeit schafft nun ein Bedürfnis nach Kenntnis der verschiedenen Ausnutzungsmöglichkeiten eines bestimmten Motors. Oft wird der Projekteur oder auch der Prüffeldingenieur vor die Frage gestellt, ob ein Motor, dessen Leerlaufdaten bekannt sind, bei einer vorgeschriebenen Belastung noch einen bestimmten $\cos\varphi$ erreichen kann, oder das Problem kann auch so liegen, daß es gilt, den voreilenden Leerstrom des Motors zu ermitteln, bei dem die Maschine noch eine bestimmte maximale Voreilung bei gegebener Wirklast erreicht. Besteht die Möglichkeit, die Maschine zu belasten, so kann man ihre Eigenschaften durch direkte Messungen ermitteln. Meist stehen aber nur die Leerlaufdaten zur Verfügung.

Es erleichtert unsere Aufgabe sehr, daß auch für den kompensierten Asynchronmotor[2] das Kreisdiagramm gilt. Betrachtet man freilich die sich aus der exakten Herleitung desselben[3] ergebenden Konstruktionen, so erscheint es zweifelhaft, zu für die Praxis genügend einfachen Beziehungen zu kommen. Nun hat aber schon lange vor den genannten Verfassern T. Schmitz[4] nachgewiesen, daß es bei Einführung einiger Vereinfachungen möglich ist, zu einer außerordentlich einfachen Konstruktion des Kreisdiagramms für den kompensierten Motor zu gelangen. Das Wesentlichste daran ist, daß der geometrische Ort des Mittelpunktes aller möglichen Kreise wieder auf einem Kreis liegt (im exakten Diagramm ist dieser Ort eine Ellipse), dessen Durchmesser $(J_0 + J_{max})$ ist, wobei J_0 den Magnetisierungsstrom und J_{max} den maximalen voreilenden Leerlaufstrom bedeuten (Abb. 1).

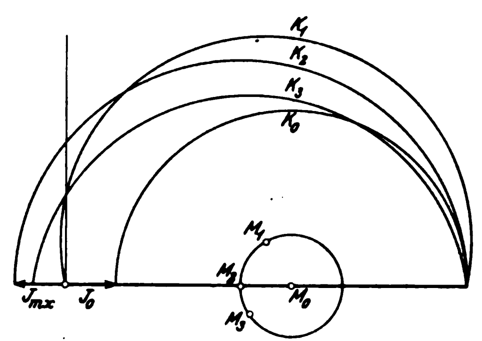


Abb 1. Kreisdiagramm eines kompensierten Motors bei verschiedenen Bürstenstellungen.

In Abb. 2 stellt der Kreis K_2 den geometrischen Ort des Primärstromes bei Einstellung der Bürsten auf maximale Voreilung dar. Bei P_2 soll die Maschine ihre Höchstleistung bei einer voreilenden Phasenverschiebung φ abgeben. Dieser Punkt sei immer dadurch gekennzeichnet,

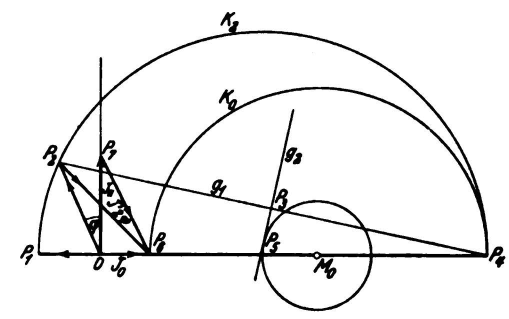


Abb. 2. Kreis- und Vektordiagramm bei $\cos\varphi = 1$ und bei maximaler voreilender Phasenverschiebung.

daß die Strecke P_2P_6, das ist der Sekundärstrom, nicht größer oder nur unwesentlich größer ist als die Strecke P_6P_7, wobei P_6 den Magnetisierungsstrom, P_7 die größtmögliche Wirklast bei $\cos\varphi = 1$ darstellt. Die eingezeichneten Strecken bedeuten also folgendes:

$OP_1 = J_{max}$ maximaler voreilender Leerlaufstrom,
$OP_2 = J_{1\varphi}$ Primärstrom bei einer voreilenden Phasenverschiebung φ,
$OP_4 = J_{ki}$ ideeller Kurzschlußstrom,
$OP_6 = J_0$ Magnetisierungsstrom,
$OP_7 = J_{11}$ Primärstrom bei $\cos\varphi = 1$,
$P_2P_6 = J_{2\varphi}'$ Sekundärstrom bei einer voreilenden Phasenverschiebung φ, bezogen auf primäre Windungszahl,
$P_6P_7 = J_{21}'$ Sekundärstrom bei $\cos\varphi = 1$, bezogen auf primäre Windungszahl.

[1] Vgl. ETZ Sonderheft 1923, S. 46; Hartwagner, ETZ 1928, S. 1253.
[2] Vgl. ETZ 1904, S. 801.
[3] Siegel u. Labus, El. u. Maschinenb. Bd. 43, S. 901 u 1205; Bd. 44, S. 293.
[4] El. u. Maschinenb. Bd. 41, S. 745.



Um zum Ziele zu gelangen, müssen wir nun die Frage so stellen: Wie groß muß die Strecke $OP_1 = J_{max}$ sein, damit bei gegebenem J_{ki} und gegebener Wirkleistung noch eine bestimmte voreilende Phasenverschiebung φ erreicht wird? Die Frage ist offenbar beantwortet, sobald die Koordinaten des Punktes P_5 als des Kreismittelpunktes für die gewünschte Charakteristik bestimmt sind. Zu diesem Zwecke stellen wir die Gleichungen der beiden Geraden g_1 und g_2 auf (Abb. 2). Der Schnittpunkt von g_2 mit der Abszissenachse ist der Mittelpunkt des Kreises, auf dem der gewünschte Lastpunkt P_2 liegen soll.

Die Gerade g_1 hat die Gleichung:

$$y - y_4 = \frac{y_4 - y_2}{x_4 - x_2}(x - x_4), \quad (1)$$

die Mittelsenkrechte darauf:

$$y - y_3 = \frac{x_2 - x_4}{y_4 - y_2}(x - x_3). \quad (2)$$

Die Koordinaten der benutzten Punkte heißen, in elektrischen Größen ausgedrückt:

$$P_1: \quad \left.\begin{aligned} x_1 &= -J_{max} \\ y_1 &= 0 \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

P_2: y_2 entspricht dem aufgenommenen Wirkstrom des Motors. Dieser ist, wenn $\frac{P_\varphi}{P_1}$ die vorgenommene Leistungsreduktion, verglichen mit der Leistung bei $\cos\varphi = 1$, und $\frac{\eta_1}{\eta_\varphi}$ die Verschlechterung des Wirkungsgrades, verglichen mit dem bei $\cos\varphi = 1$, darstellen:

$$\left.\begin{aligned} y_2 &= \frac{P_\varphi}{P_1}\,\frac{\eta_1}{\eta_\varphi}\,J_{11} = c\,J_{11} \\ x_2 &= -c\,J_{11}\,\mathrm{tg}\,\varphi \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

$$P_3: \quad \left.\begin{aligned} x_3 &= \frac{J_{ki} - c\,J_{11}\,\mathrm{tg}\,\varphi}{2} \\ y_3 &= \frac{c\,J_{11}}{2} \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

$$P_4: \quad \left.\begin{aligned} x_4 &= J_{ki} \\ y_4 &= 0 \end{aligned}\right\}. \quad (6)$$

Setzt man diese Werte in die Gleichungen der Geraden ein, so folgt für g_1:

$$y = \frac{-c\,J_{11}}{J_{ki} + c\,J_{11}\,\mathrm{tg}\,\varphi}(x - J_{ki}) \quad (7)$$

und für g_2:

$$y - \frac{c\,J_{11}}{2} = \frac{J_{ki} + c\,J_{11}\,\mathrm{tg}\,\varphi}{c\,J_{11}}\left(x - \frac{J_{ki} - c\,J_{11}\,\mathrm{tg}\,\varphi}{2}\right) \quad (8)$$

$$x\,\frac{J_{ki} + c\,J_{11}\,\mathrm{tg}\,\varphi}{c\,J_{11}} = y - \frac{c\,J_{11}}{2} + \frac{J_{ki}^2 - c^2\,J_{11}^2\,\mathrm{tg}^2\,\varphi}{2\,c\,J_{11}}. \quad (9)$$

Setzt man $y = 0$, so folgt:

$$x = \frac{J_{ki}^2 - c^2\,J_{11}^2 - c^2\,J_{11}^2\,\mathrm{tg}^2\,\varphi}{2\,(J_{ki} + c\,J_{11}\,\mathrm{tg}\,\varphi)} \quad (10)$$

Dieses ist also die Abszisse des Mittelpunktes für den Kreis größter Voreilung. Um daraus die Abszisse des Punktes P_1, also die maximale Kompensation zu finden, müssen wir setzen:

$$OP_1 = J_{max} = J_{ki} - 2\,x. \quad (11)$$

Ersetzen wir noch den Kurzschlußstrom J_{ki} durch

$$J_{ki} = k\,J_{11}, \quad (12)$$

so wird

$$J_{max} = \frac{J_{11}\,(c^2\,\mathrm{tg}^2\,\varphi + c\,k\,\mathrm{tg}\,\varphi + c^2)}{k + c\,\mathrm{tg}\,\varphi} \quad (13)$$

Diese Gleichung ist allgemein gültig für jeden beliebigen $\cos\varphi$. Betrachtet man den häufig vorkommenden Fall $\cos\varphi = 0{,}9$, so vereinfacht sich (13) mit $c = 0{,}86$ zu

$$J_{max} = J_{11}\,\frac{0{,}4\,k + 0{,}91}{k + 0{,}4}. \quad (14)$$

Für $\cos\varphi = 1$ erhält man weiterhin mit $c = 1$ die einfache Beziehung:

$$J_{max} = \frac{J_{11}}{k}. \quad (15)$$

Diese Gleichung kann auch in der Form

$$J_{11}^2 = J_{ki}\,J_{max} \quad (16)$$

geschrieben werden, in der sie besonders anschaulich ist, weil sie, wie man aus Abb. 2 leicht erkennt, der mathematische Ausdruck einer bekannten geometrischen Beziehung ist.

Für den praktischen Gebrauch wurde noch eine weitere Vereinfachung getroffen, indem J_{max} in Abhängigkeit von J_{11} durch die Beziehung

$$J_{max} = p\,J_{11} \quad (17)$$

ausgedrückt und p als Funktion von k dargestellt wurde (Abb. 3).

Es gibt noch eine andere Fragestellung, die in der Praxis häufig vorkommt, nämlich: Welche größte Wirk- und Blindkomponente kann man einem Motor von gegebener maximaler Kompensation J_{max} gleichzeitig entnehmen? Wie man aus dem Diagramm Abb. 2 ersieht, führt die Primärwicklung bei $\cos\varphi = 1$ den größten Strom (J_{11}). Bei zunehmender Phasenverschiebung im voreilenden Sinne ist man gezwungen, den Primärstrom ($J_{1\varphi}$) soweit zu verkleinern, daß der Sekundärstrom ($J_{2\varphi}'$) in zulässigen Grenzen bleibt. Aus diesem Grunde geht die Wirkleistung zurück. Es gilt also, den Belastungspunkt zu finden, bei dem die Sekundärwicklung bei größtmöglicher Blind- und Wirkleistung der Maschine gerade noch ihren Normalstrom führt bzw. den höchsten Strom, den man aus thermischen Gründen noch zulassen kann. Dieser Punkt ist offenbar der Schnittpunkt der beiden Kreise K_1 und K_2 (Abb. 4). Sind die Koordinaten dieses Punktes bekannt, so kann vorerwähnte Frage beantwortet werden.

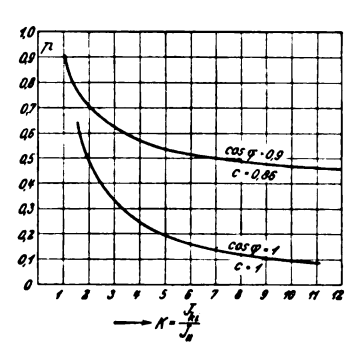


Abb. 3. Hat ein kompensierter Motor ein ideelles Kurzschlußverhältnis K, so muß der maximale voreilende Leerlaufstrom mindestens $p\,J_{11}$ Amp. betragen, damit noch der gewünschte $\cos\varphi$ erreicht wird.

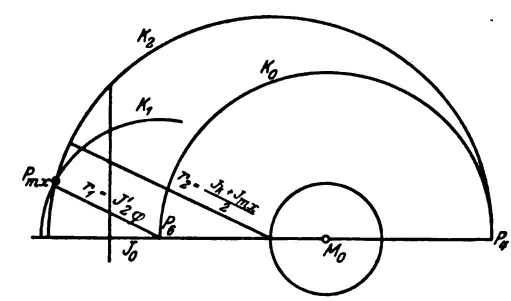


Abb. 4. Die maximale Phasenverschiebung ist durch den zulässigen Sekundärstrom $J_{2\varphi}$ begrenzt.

Der Radius des Kreises K_1 ist gleich dem Sekundärstrom $J_{2\varphi}'$. Die Kreisgleichung lautet also:

$$K_1: \quad (x - J_0)^2 + y^2 = J_{2\varphi}'^2. \quad (18)$$

Der Primärstrom $J_{1\varphi}$ verläuft auf dem Kreise

$$K_2: \quad \left(x - \frac{J_{ki} - J_{max}}{2}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{J_{ki} + J_{max}}{2}\right)^2. \quad (19)$$

Bringt man beide Kreise zum Schnitt, so ergeben sich als Koordinaten des Schnittpunktes:

$$x = \frac{J_{2\varphi}'^2 - J_0^2 - J_{ki}\,J_{max}}{J_{ki} - J_{max} - 2\,J_0} = \text{Blindkomponente}; \quad (20)$$

$$y = \sqrt{J_{2\varphi}'^2 - (x + J_0)^2} = \text{Wirkkomponente}; \quad (21)$$

$$\cos\varphi = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}}. \quad (22)$$

Zahlenbeispiele. Nunmehr soll die Anwendung der Ergebnisse an Hand einiger Zahlenbeispiele erläutert werden. Von einer Maschine seien folgende Daten bekannt:

Höchstzulässiger Primärstrom	J_{11}	=	100 A
„ Sekundärstrom	$J_{2\varphi}'$	=	125 „
Magnetisierungsstrom	J_0	=	40 „
maximale Kompensation im Leerlauf	J_{max}	=	80 „
Kurzschlußverhältnis	$\frac{J_{ki}}{J_{11}} = k$	=	4.

1. Reicht diese Maschine für $\cos\varphi = 0{,}9$ kap. aus?

Aus der Kurve Abb. 3 geht hervor, daß für $k = 4$ $p = 0{,}57$ wird, d. h. die Maschine muß mindestens $J_{max} = 0{,}57\, J_{11} = 57$ A voreilenden Leerlaufstrom haben. Da sie 80 A hat, reicht sie also aus.

2. Reicht die Maschine für $\cos\varphi = 0{,}75$ kap. bei 35 % Leistungsreduktion aus? ($c = 0{,}65$.)

Nach Gl. (13) gilt die Bedingung:

$$J_{max} = \frac{100\,(0{,}65^2 \,.\, 0{,}88^2 + 0{,}65 \,.\, 4 \,.\, 0{,}88 + 0{,}65^2)}{4 + 0{,}65 \,.\, 0{,}88} = 60 \text{ A}.$$

Die Maschine reicht also auch dafür aus.

3. Für welche größte Blind- und Wirkleistung reicht die Maschine überhaupt aus?

Nach Gl. (20) dürfen betragen:

Die Blindkomponente

$$x = \frac{125^2 - 40^2 - 400 \,.\, 80}{400 - 80 - 2 \,.\, 40} = (-)\, 75 \text{ A},$$

die Wirkkomponente $y = \sqrt{125^2 - (75 + 40)^2} = 49$ A,

der $\cos\varphi$ $= \dfrac{49}{\sqrt{49^2 + 75^2}} = 0{,}55.$

Die Gleichungen sagen zunächst nur aus, daß die Maschine höchstens mit $\sqrt{49^2 + 75^2}$ A bei $\cos\varphi = 0{,}55$ aus thermischen Gründen belastet werden darf. Ob sie aber elektrisch für eine so große Voreilung ausreicht, ist eine andere Frage, die mit Hilfe der Gl. (13) beantwortet werden muß. Voraussetzung ist nämlich, daß die Kompensationsspannung groß genug ist, um einen voreilenden Leerlaufstrom von mindestens

$$J_{max} = \frac{100\,(0{,}49^2 \,.\, 1{,}51^2 + 0{,}49 \,.\, 4 \,.\, 1{,}51 + 0{,}49^2)}{4 + 0{,}49 \,.\, 1{,}50} = (-)\, 79 \text{ A}$$

zu erzeugen. Da diese Maschine gerade maximal 80 A Blindstrom erzeugt, reicht sie also noch aus.

4. Welche Blindleistung darf die Maschine als leerlaufender Phasenschieber abgeben?

Wieviel die Maschine auf Grund ihrer Kompensationsspannung Blindleistung erzeugen kann, ist uns schon bekannt. Wir müssen aber noch fragen, ob dabei nicht die Sekundärwicklung thermisch überlastet wird. Ein Blick auf Abb. 4 zeigt, daß es sich darum handelt, den Schnittpunkt des Kreises K_1 mit der Abszissenachse zu finden. Das Resultat ist ohne weiteres abzulesen:

$$\left.\begin{aligned} x &= J_0 - J_{2\varphi}{}' \\ x &= 40 - 125 = (-)\, 85 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (23)$$

Bei diesem Primärstrome würde also für die Sekundärwicklung die Erwärmungsgrenze liegen; die Maschine ist aber gar nicht in der Lage, einen so hohen Strom ins Netz zu drücken.

Um zu diesen einfachen Beziehungen zu gelangen, waren natürlich eine Anzahl Vernachlässigungen nötig, ohne daß jedoch die Brauchbarkeit der Ergebnisse für die Praxis beeinträchtigt wurde. Es liegen alle Kreismittelpunkte auf der Abszissenachse, und die Phasenverschiebung der Leerlaufströme wurde zu 90° angenommen. Wo vom Kurzschlußstrom die Rede ist, ist immer der ideelle gemeint. Es ändert sich das Resultat aber sehr wenig, wenn man mit dem wirklichen Kurzschlußstrom rechnet. Bei größeren Maschinen, und nur um solche handelt es sich hier, ist ja der Unterschied zwischen ideellem und wirklichem Kurzschlußstrom sehr gering. Man kann auch die kleine Korrektur

$$J_k = J_{ki} \sin\varphi_k$$

einführen.

Bei der Anwendung der Gleichungen kann es ferner vorkommen, daß man gezwungen ist, den Faktor

$$c = \frac{P_\varphi\, \eta_1}{P_1\, \eta_\varphi}$$

zu schätzen. Dies geschieht unter der Annahme, daß die Verluste der Maschine bei allen Einstellungen der Bürstenbrücke konstant bleiben. Z. B. habe ein 300 kW-Motor einen Wirkungsgrad bei $\cos\varphi = 1$ von 93 %. Wie wird der Faktor c für eine 30prozentige Wirkleistungsverminderung bei gleichzeitiger Heraufsetzung der Blindleistung? Die Verluste des Motors betragen also 22,5 kW, womit

$$\eta_\varphi = \frac{210}{210 + 22{,}5} \,.\, 100 = 90{,}5\,\%$$

wird und

$$c = \frac{210 \,.\, 93}{300 \,.\, 90{,}5} = 0{,}72.$$

Die genauen Verluste für den betreffenden Belastungsfall, wie sie für die Rentabilitätsberechnung gebraucht werden, lassen sich, wie in einer früheren Arbeit des Verfassers[5] gezeigt wurde, durch eine einfache Messung an der leerlaufenden Maschine ermitteln.

Von einiger Wichtigkeit ist endlich noch, daß für J_{max} immer die der betriebswarmen Maschine entsprechenden Werte eingesetzt werden, da dieser Wert sich ziemlich stark mit der Temperatur der Sekundärwicklung ändert.

[5] ETZ 1928, S. 90.

Die Wirkung von Erdschluß- und Ausgleichspulen auf die gegenseitige Beeinflussung von Leitungen.

Von Privatdozent Dr. **G. Oberdorfer**, Wien.

Übersicht. Herr Dr. Boll[1] veröffentlichte in der ETZ unter obigem Titel eine Arbeit über die genannten Erscheinungen, wobei eine graphische, in kartesischen Koordinaten durchgeführte und eine rechnerische Behandlung des Problems vorgenommen wurden. Die bei den heute üblichen Netzen mit erheblichen Leitungslängen außerordentliche Wichtigkeit der einschlägigen Fragen läßt es wünschenswert erscheinen, die genaue Lösung auch in der Form eines Vektordiagrammes herbeizuführen, aus dem die bei Einstellung verschiedener Abstimmungen in der gesunden Leitung induzierten Spannungen der Größe und Richtung nach direkt abgelesen werden können. Ein derartiges Vektordiagramm wird abgeleitet und die Richtigkeit desselben an einem numerischen Beispiel überprüft.

I. Ableitung der Spannungsgleichung.

Die von Boll in der ETZ[1] veröffentlichte wertvolle Arbeit befaßt sich mit der Ermittlung der von einer erdgeschlossenen Leitung auf eine parallellaufende gesunde Leitung übertragenen Spannungsverlagerung, wenn die Abstimmung der Erdschluß- und Ausgleichspulen geändert wird. Die Lösung wird auf graphischem und rechnerischem Wege erhalten. Während die im kartesischen Koordinatensystem durchgeführte graphische Ermittlung nur für überschlägige Berechnungen bei Vernachlässigung der durch die Verluste hervorgerufenen Dämpfung verwendet wurde, sind bei der genauen rechnerischen Bestimmung diese Größen voll berücksichtigt worden. Es wäre nun von außerordentlichem Vorteil, wenn man auch die genaue Ermittlung graphisch, u. zw. mit Hilfe eines Vektordiagrammes durchführen würde. Benutzt man hierzu die von Bloch[2] eingeführte Ortskurventheorie, so wird man leicht zu einem Kreisdiagramm geführt, das im folgenden als Ergänzung zur eingangs erwähnten Arbeit besprochen werden soll.

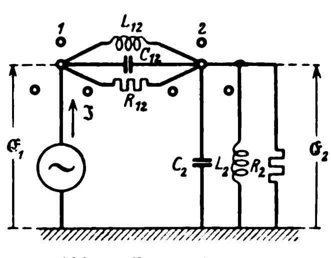


Abb. 1. Ersatzschaltbild.

Als Ausgangspunkt der Rechnung sei das von Boll gebrachte Ersatzschaltbild[3], das der Übersichtlichkeit halber nebenstehend nochmals gezeichnet ist (Abb. 1), gewählt. Um für die Ableitung der Spannungsgleichungen in der Vorzeichengebung festzuliegen, sind die positiven Spannungs- und Strompfeile eingetragen. Die Rechnung wird in der komplexen Form durchgeführt, wobei die gerichteten Größen entweder durch ihre reellen und imaginären Komponenten oder durch entsprechende deutsche

[1] Boll, ETZ 1928, S. 1640.

[2] O. Bloch, Die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik. Verlag Rascher & Cie., Zürich 1912.

[3] ETZ 1928, S. 1643, Abb. 11.

Buchstaben bezeichnet werden sollen. Man kann dann sofort die beiden Spannungsgleichungen

$$\mathfrak{E}_1 - \mathfrak{J}\,\frac{1}{\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{j\,\omega\,L_{12}} + j\,\omega\,C_{12}} - \mathfrak{E}_2 = 0$$

$$\mathfrak{E}_2 - \mathfrak{J}\,\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{j\,\omega\,L_2} + j\,\omega\,C_2} = 0\,.$$

ablesen, aus denen nach Eliminieren von $\mathfrak{J}$

$$\mathfrak{E}_2 = \mathfrak{E}_1\,\frac{\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{j\,\omega\,L_{12}} + j\,\omega\,C_{12}}{\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{j\,\omega\,L_{12}} + j\,\omega\,C_{12} + \frac{1}{j\,\omega\,L_2} + j\,\omega\,C_2} \qquad (1)$$

folgt. Führt man nun, dem Vorgange Bolls folgend, die Verstimmungsmaße

$$\varepsilon_{12} = \frac{\frac{1}{\omega\,L_{12}} - \omega\,C_{12}}{\omega\,C_{12}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\frac{1}{\omega\,L_2} - \omega\,C_2}{\omega\,C_2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

ein, so wird schließlich

$$\mathfrak{E}_2 = \mathfrak{E}_1\,\frac{\frac{1}{R_{12}} - \varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12}}{\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_2} - \varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12} - \varepsilon_2\,j\,\omega\,C_2} \quad \ldots \quad (4)$$

Diese Gleichung entspricht der Formel (8) im Aufsatz Bolls, mit dem Unterschied, daß hier der Vektorcharakter der Teilgrößen beibehalten ist.

II. Allgemeine Ableitung der Diagrammgrößen.

Setzt man in der Gl. (4) $\mathfrak{E}_1 = E_1$, d. h., legt man den Spannungsvektor $\mathfrak{E}_1$ in die reelle Achse, so entspricht sie der allgemeinen Form

$$\mathfrak{K} = \frac{\mathfrak{A} + p\,\mathfrak{B}}{\mathfrak{C} + p\,\mathfrak{D} + r\,\mathfrak{E}}\,.$$

mit den Parametern p und r. Dies ist die Gleichung einer Kreisschar, für deren Ermittlung am besten vom reziproken Wert

$$\frac{\mathfrak{C} + p\,\mathfrak{D} + r\,\mathfrak{E}}{\mathfrak{A} + \mathfrak{B}} = \frac{E_1}{\mathfrak{E}_2} = \frac{\left(\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_2}\right) - \varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12} - \varepsilon_2\,j\,\omega\,C_2}{\frac{1}{R_{12}} - \varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12}} \quad (5)$$

ausgegangen wird. Hierin bedeutet

$$\frac{1}{\frac{1}{R_{12}} - \varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

einen Kreis durch den Ursprung, der bekanntlich durch Inversion der Geraden

$$\frac{1}{R_{12}} - \varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6\text{a})$$

entsteht, derart, daß vorerst das Spiegelbild der Geraden bezüglich der reellen Achse gesucht und auf der Normalen zu diesem der reziproke Wert ihres Abstandes vom Ursprung als Kreisdurchmesser aufgetragen wird. Die Strahlen vom Ursprung an die einzelnen Punkte der gespiegelten Geraden (in der Folge Bezifferungsstrahlen genannt) liefern dann im Schnitt mit der Kreisperipherie die Bezifferung des Kreises. Die Normale der Geraden (6a) ist reell und hat die Größe $\frac{1}{R_{12}}$. Der Kreismittelpunkt liegt daher im Punkt $\frac{R_{12}}{2}$.

Um nun den Einfluß des Zählers in Gl. (5) festzustellen, führen wir die Division aus und erhalten nach erfolgter Ordnung:

$$\left(-\varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12} + \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_2} - \varepsilon_2\,j\,\omega\,C_2\right) : \left(-\varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12} + \frac{1}{R_{12}}\right)$$

$$= 1 + \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_{12}} - \varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12}} - \frac{\varepsilon_2\,j\,\omega\,C_2}{\frac{1}{R_{12}} - \varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12}} \quad \ldots \quad (7)$$

Hieraus ist sofort zu ersehen, daß alle Kreise durch den Punkt + 1 gehen müssen, da der zweite und dritte Summand für $\varepsilon_{12} = \infty$ verschwindet. Die Kreisschar $\mathfrak{K}$ muß daher ebenfalls einen Punkt gemeinsam haben, der wegen $\frac{1}{1} = 1$ mit dem vorher gekennzeichneten zusammenfällt. Der zweite Summand der Gl. (7) sagt aus, daß der Kreis nach (6) auf das $\frac{1}{R_2}$ fache zu vergrößern ist. Sein Mittelpunkt erhielte damit die Lage $\frac{R_{12}}{2}\,\frac{1}{R_2}$, welcher Wert gleichzeitig den Halbmesser dieses Kreises vorstellt. Wird der erste Summand der Gl. (7) berücksichtigt, so ist dieser Kreis noch um + 1 zu verschieben. Der Mittelpunkt kommt dann nach

$$1 + \frac{R_{12}}{2\,R_2} = \frac{2\,R_2 + R_{12}}{2\,R_2}$$

zu liegen.

Der dritte Summand der Gl. (7) fordert die Multiplikation des Kreises (6) mit $-\varepsilon_2\,j\,\omega\,C_2$. Da dieser Faktor mit ε_2 parametrisch veränderlich ist, entsteht für jeden Wert von ε_2 ein neuer Kreis, insgesamt also eine Kreisschar. Wo liegen nun die Mittelpunkte dieser Kreisschar? Offenbar auf einer Geraden parallel zur imaginären Achse, da der Faktor rein imaginär ist und daher den Mittelpunktsvektor des Kreises (6) für alle Werte von ε_2 um $-90°$ verdreht. Für $\varepsilon_2 = 0$ ist der früher gefundene Punkt $\frac{2\,R_2 + R_{12}}{2\,R_2}$ bereits ein Punkt der Mittelpunktsgeraden, so daß diese selbst durch diesen Punkt normal auf die reelle Achse gezogen werden könnte. Ihre Gleichung lautet also

$$\frac{2\,R_2 + R_{12}}{2\,R_2} - \varepsilon_2\,j\,\omega\,C_2\,\frac{R_{12}}{2}\,.$$

Die Mittelpunktsgerade ist dann die Symmetrale der Schar, und es entspricht dem vorhin erhaltenen gemeinsamen Punkt 1 noch ein zweiter symmetrisch gelegener, gemeinsamer Punkt

$$1 + 2\,\frac{R_{12}}{2\,R_2} = \frac{R_2 + R_{12}}{R_2}\,,$$

der also ebenfalls auf der reellen Achse liegt. Für die invertierte Kreisschar bleiben gemeinsame Kreispunkte wieder gemeinsam, so daß für diese bereits die zwei Punkte

$$1 \quad \text{und} \quad \frac{R_2}{R_2 + R_{12}}$$

vorliegen. Die Symmetrale dieser beiden Punkte ist dann die endgültige Mittelpunktsgerade. Sie ist natürlich wieder parallel zur imaginären Achse und geht durch den Punkt

$$\frac{1 + \frac{R_2}{R_2 + R_{12}}}{2} = \frac{2\,R_2 + R_{12}}{2\,(R_2 + R_{12})}\,. \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

Die ε_2-Teilung auf ihr ergibt sich aus dem Verhältnis

$$\frac{\omega\,C_2\,R_{12}}{2}\,\frac{\frac{2\,R_2 + R_{12}}{2\,(R_2 + R_{12})}}{\frac{2\,R_2 + R_{12}}{2\,R_2}} = \frac{\omega\,C_2}{2}\,\frac{R_{12}\,R_2}{R_{12} + R_2} \quad \ldots \quad (9)$$

für $\varepsilon_1 = 1$ und ist für positive ε_2 nach oben abzutragen.

Damit können bereits die ε_2-Kreise gezeichnet werden, und es erübrigt sich nur mehr, die Linien für ε_{12} = konst. zu finden. In der Gl. (7) erhält man für jedes ε_{12} eine Gerade, insgesamt also eine Geradenschar. Jede Gerade gibt invertiert einen Kreis durch den Ursprung. Die ε_{12}-Linien bilden also eine Kreisschar durch den Ursprung. Zu ihrer Ermittlung geht man am besten wieder von der Beziehung (7) aus, die auch in der Form

$$\mathfrak{G} = 1 + \left(\frac{1}{R_2} - \varepsilon_2\,j\,\omega\,C_2\right)\frac{1}{\frac{1}{R_{12}} - \varepsilon_{12}\,j\,\omega\,C_{12}} \quad \ldots \quad (10)$$

geschrieben werden kann. Der zweite Summand der rechten Seite besagt, daß die Gerade

$$\frac{1}{R_2} - \varepsilon_2\,j\,\omega\,C_2$$

mit jedem Wert des Kreises

$$\frac{1}{\frac{1}{R_{12}} - \varepsilon_{12}\, j\, \omega\, C_{12}}$$

drehzustrecken ist. Anstatt dessen kann das Produkt auch umgekehrt als Drehstreckung des Kreises durch einen ausgezeichneten Wert der Geraden aufgefaßt werden. Wählt man hierfür die Normale durch den Ursprung auf die Gerade, im vorliegenden Fall also den Vektor $\frac{1}{R_2}$, so ergibt sich eine äußerst einfache Darstellungsweise. Vorerst erhält man den neuen Kreis

$$\frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_{12}} - \varepsilon_{12}\, j\, \omega\, C_{12}}$$

mit der Bezifferungsgeraden

$$\frac{1}{R_{12}} + \varepsilon_2\, j\, \omega\, C_{12}\,. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

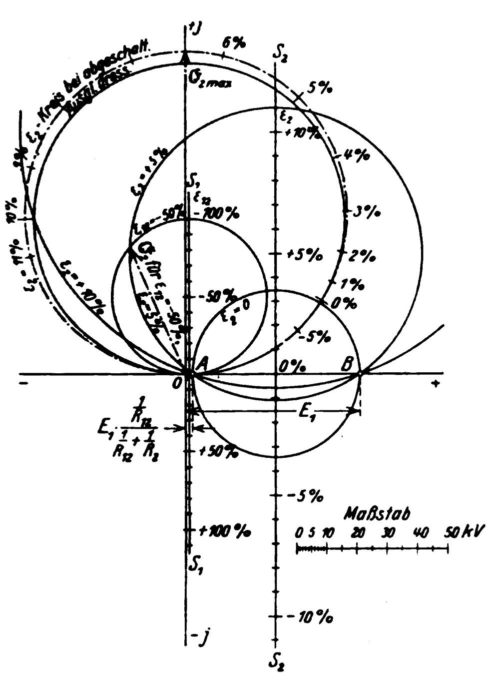


Abb. 2. Ortskurvendiagramm für $\mathfrak{E}_2$ in Abhängigkeit von den Verstimmungsmaßen ε_{12} und ε_2.

Die durch diesen Kreis gefundenen Vektoren aus dem Ursprung sind nun die Normalen zu den Geraden der Schar (10). Die Geraden selbst müssen dann als Normale im Halbkreis durch den dem Ursprung diametral gegenüberliegenden Punkt

$$\frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_{12}}} = \frac{R_{12}}{R_2}$$

gehen. Verschiebt man der Gl. (10) entsprechend den Kreis und damit die Geradenschar um $+1$, so erhält man schließlich als Träger der letzteren den Punkt

$$1 + \frac{R_{12}}{R_2} = \frac{R_2 + R_{12}}{R_2}\,.$$

Die Kreisschar, die durch Inversion der Geradenschar entsteht, hat dann den gemeinsamen Punkt

$$\frac{R_2}{R_2 + R_{12}}\,,$$

der mit dem bereits für die ε_2-Kreisschar gefundenen Träger identisch ist. Wir kennen nun bereits zwei gemeinsame Punkte der ε_{12}-Kreisschar, den Ursprung und den Punkt $\frac{R_2 + R_{12}}{R_2}$. Die Mittelpunkte der ε_{12}-Kreise müssen also auf der Symmetralen dieser beiden Punkte liegen.

Für die Bezifferung erhielten wir bereits die Gerade (11) für den Fußpunktskreis. Die Mittelpunkte der ε_{12}-Kreise müssen aber auf den zu den Bezifferungstrahlen spiegelbildlich gelegenen Strahlen liegen, so daß die positiven ε_{12} nach abwärts aufzutragen sind. Die Größe des Abschnittes für $\varepsilon_{12} = 1$ ergibt sich dann aus dem Verhältnis

$$\omega C_{12} \frac{\frac{R_2}{2(R_2 + R_{12})}}{\frac{1}{R_{12}}} = \frac{\omega C_{12}}{2} \frac{R_{12} R_2}{R_{12} + R_2}\,,$$

also im Verhältnis $\frac{\omega C_{12}}{\omega C_2}$ kleiner als der entsprechende Abschnitt der ε_2-Mittelpunktsgeraden.

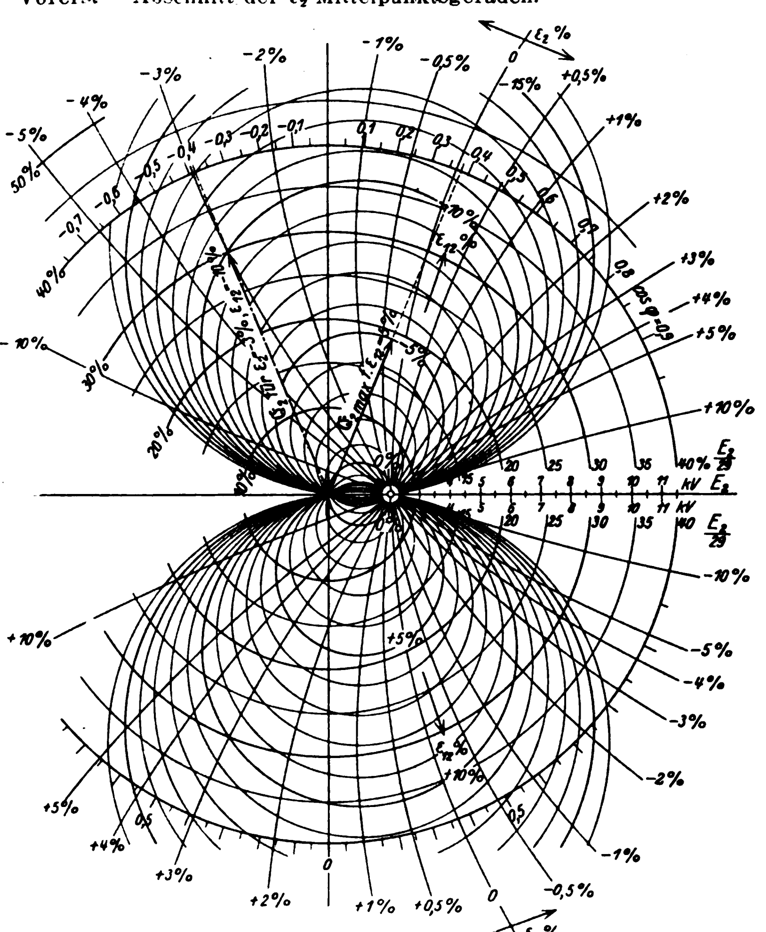


Abb. 3. Vergrößertes Teildiagramm für den Bereich der kleineren $\mathfrak{E}_2$.

Damit sind alle Größen für die Konstruktion des Diagrammes ermittelt. Dividiert man noch die entsprechenden Werte durch 100, um die Verstimmungen in Prozenten einsetzen zu können, und vergrößert man alle Werte auf das E_1-fache, damit man direkt $\mathfrak{E}_2$ erhält, so kann die Ermittlung des Diagramms nach folgenden Regeln erfolgen:

1. Berechnung der Punkte

$$A\left(E_1 \frac{R_2}{R_2 + R_{12}} = E_1 \frac{\frac{1}{R_{12}}}{\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_2}}\right) \text{ und } B\,(E_1),$$

2. Konstruktion der Symmetrale S_1 der Punkte O und A,
3. Konstruktion der Symmetrale S_2 der Punkte A und B,
4. Abtragen des ε_{12}-Maßstabes auf S_1 nach abwärts mit der Einheitsgröße

$$\frac{E_1}{100} \frac{\omega C_{12}}{2} \frac{R_{12} R_2}{R_{12} + R_2} = \frac{E_1}{100} \frac{\omega C_{12}}{2} \frac{1}{\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_2}}\,,$$

5. Abtragen des ε_2-Maßstabes auf S_2 nach aufwärts mit der Einheitsgröße

$$\frac{E_1}{100} \frac{\omega C_2}{2} \frac{R_{12} R_2}{R_{12} + R_2} = \frac{E_1}{100} \frac{\omega C_2}{2} \frac{1}{\frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_2}}\,.$$

Damit können die Kreise, die ja alle durch den Punkt A gehen, bereits gezeichnet werden.

III. Zahlenbeispiel.

Als Zahlenbeispiel sei dasselbe gewählt, das Boll in seiner Arbeit bringt. Dort war im besonderen

$$E_1 = \frac{100}{\sqrt{3}} = 57{,}7\ \mathrm{kV} \qquad \frac{1}{R_{12}} = 0{,}6 \cdot 10^{-6}\ \Omega^{-1}$$

$$\omega C_{12} = 29{,}5 \cdot 10^{-6}\ \Omega^{-1} \qquad \frac{1}{R_2} = 16 \cdot 10^{-6}\ \Omega^{-1}.$$
$$\omega C_2 = 460 \cdot 10^{-6}\ \Omega^{-1}$$

Der Punkt A liegt also im Abstand $57{,}7 \cdot \frac{0{,}6}{16{,}6} = 2{,}08$ kV vom Ursprung entfernt, der Punkt B in der Entfernung 57,7 kV. Auf der Symmetralen S_1 ist für 1 % Verstimmung der Wert $0{,}577 \cdot \frac{14{,}75}{16{,}6} = 0{,}513$, auf der Symmetralen S_2 der Wert $0{,}577 \cdot \frac{230}{16{,}6} = 8$ aufzutragen.

Das Diagramm ist in Abb. 2 entworfen, wobei, um die Übersicht nicht zu stören, nur einige der Kreise für ε_{12} und ε_2 eingetragen sind. Zur Überprüfung an Hand der Arbeit Bolls sind die Werte für $\mathfrak{E}_{2\max}$ bei abgeschalteter Ausgleichdrossel und ein Zwischenwert für $\varepsilon_{12} = -50\ \%$ und $\varepsilon_2 = +5\ \%$ eingezeichnet. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß bei abgeschalteter Ausgleichdrossel auch $R_{12} = \infty$ zu setzen ist, so daß entweder der erhaltene Diagrammwert auf das $\frac{16{,}6}{16}$fache zu vergrößern oder besser noch, wie auch in Abb. 2 angegeben, überhaupt der Ortskreis für abgeschaltete Ausgleichdrossel eingetragen wird.

Für kleine Werte von $\mathfrak{E}_2$ empfiehlt es sich, eine Tafel in kleinerem Maßstab herzustellen, wie es etwa die Abb. 3 zeigt. Es sind dort auch Ablesungskreise für die Ermittlung des absoluten Wertes von $\mathfrak{E}_2$ eingetragen, u. zw. nicht für E_2 direkt, sondern für das wichtigere Verhältnis $\frac{E_2}{29} \cdot \frac{1}{100}$, das ist das Verhältnis der induzierten Spannung zur Phasenspannung des Systems 2 in Prozenten. Das Diagramm ist ferner durch einen $\cos\varphi$-Ablesekreis sowie einen Maßstab zur direkten Ablesung der Werte von E_2 ergänzt. Zum Vergleich ist wieder die größte Spannung eingetragen, die bei einer Resonanzabstimmung der Ausgleichdrossel mit der Erdschlußspule auftreten kann, wenn die Ausgleichdrossel um 5 % verstimmt ist.

Die neue Entwicklung des Glimmerkondensators.

(Mitteilung aus den Laboratorien der C. Lorenz Aktiengesellschaft, Berlin.)

Von Dr. **F. Gerth** und Ing. **H. Gönningen**, Berlin.

Übersicht. Nach einem kurzen historischen Rückblick wird die neuere Entwicklung des Glimmerkondensators insbesondere für die Verwendung in der Hochfrequenztechnik dargestellt. Es wird gezeigt, daß bei gutem Glimmer die hochfrequente Belastbarkeit nicht durch die elektrische Durchschlagfestigkeit sondern durch den Sprühbeginn und die Erwärmung durch dielektrische Verluste begrenzt ist. Die auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse entwickelten Bauformen werden beschrieben.

Die neuere Entwicklung der Hochfrequenztechnik, insbesondere die umfangreiche Einführung der ungedämpften Wellen, stellte an die Kondensatoren der Schwingkreise die Forderung sehr niedriger dielektrischer Verluste. Als Dielektrikum für diese Kondensatoren kamen im wesentlichen Luft bzw. Preßluft, Öl, Glas und Glimmer in Frage. Die Luftkondensatoren bekamen außerordentlich große Abmessungen. Die Preßluft-Kondensatoren waren im Preis verhältnismäßig hoch, außerdem erforderten sie besondere Wartung. Die Kondensatoren mit Glas als Dielektrikum schieden frühzeitig wegen zu hoher Verluste aus. Auch die mit Öl gefüllten Plattenkondensatoren mußten ihres hohen Herstellungspreises und ihrer großen Abmessungen wegen verlassen werden, dazu kam noch, daß die dielektrischen Verluste von dem wechselnden Wassergehalt des Öles abhängig sind und damit einen großen Unsicherheitsfaktor bilden.

Heute wird in der Hochfrequenzsendertechnik fast ausschließlich der Glimmerkondensator verwendet. Seine dielektrischen Verluste betragen 0,16 bis 0,20 W/kVA (logarithmisches Dekrement 0,0005 ... 0,0006). Derartig geringe Verluste sind selbst mit Luftkondensatoren nur schwer zu erreichen[1], da bei diesen die Verluste der Isolatoren und der Oberflächen der Platten, die immer mit Staub und Feuchtigkeit belegt sind, schon recht erheblich ins Gewicht fallen. Von den festen Isolationsstoffen weist lediglich der Quarz noch etwas niedrigere Verluste auf. Sie wurden von Witmann (USA) und Telefunken (Berlin) zu 0,1 bzw. 0,12 W/kVA gemessen.

Die erste deutsche Firma auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie, welche die vorzüglichen Eigenschaften des Glimmers als Dielektrikum besonders für Sendekondensatoren erkannte, war wohl die C. Lorenz A. G., die die ersten ungedämpften Sendestationen (nach dem Poulsensystem) in größerem Maße in die F.T.-Praxis einführte. In den Jahren 1907 und 1909 wurden hierfür bei Lorenz, hauptsächlich durch W. Hahnemann und L. Adelmann, die ersten Glimmerkondensatoren entwickelt und in eine konstruktive Form gebracht, die in dieser Ausführung für die verschiedenen Zwecke der drahtlosen Nachrichtentechnik und als Bauelemente für Sender bis zu den größten Leistungen angewendet wurde (Abb. 1).

Während des Krieges wurde der Glimmerkondensator in Deutschland von dem Glaskondensator verdrängt, da Glimmer als Auslandsprodukt nicht mehr zu erhalten war. In dieser Zeit hat im Auslande vor allem Dubilier weitere Fortschritte in der Entwicklung des Glimmerkondensators gemacht. Nach dem Kriege eroberte sich der Glimmerkondensator auch in Deutschland ein immer größeres Anwendungsgebiet, so daß sich die Notwendigkeit herausstellte, ihn konstruktiv den neuen Bedürfnissen der mittlerweile weit vorgeschrittenen Sendertechnik mit ungedämpften Schwingungen in möglichst vollkommener Weise anzupassen. Die in dieser Richtung bei der C. Lorenz A. G. angestellten Untersuchungen und die daraus erhaltenen Ergebnisse sollen im folgenden näher beschrieben werden.

Zunächst wurde versucht, die Verringerung der Verluste und damit die Erhöhung der Belastungsfähigkeit durch möglichst vollständige Entfernung der Luft innerhalb des Kondensators und Ausfüllung der Zwischenräume mit Paraffin oder ähnlichen Stoffen zu erreichen. Es entstand im Verlauf dieser Versuche die Form K G 01, die in Abb. 2 dargestellt ist. Diese Ausführungsform zeigte zwar eine Verbesserung gegenüber der ursprünglichen, ergab aber noch nicht die erwartete Güte. Infolgedessen wurde nunmehr das Verhalten des Glimmers bei Belastung mit ungedämpften Hochfrequenzschwingungen nach den verschiedenen Richtungen hin eingehend untersucht.

Physikalische Untersuchung.
Wechselstrom-Kondensatoren.

Es muß unterschieden werden zwischen Kondensatoren für Gleichstrom und Wechselstrom. Zunächst seien die Eigenarten des Wechselstrom-Kondensators beschrieben.

Sprühverluste. Von der Erkenntnis ausgehend, daß ein Sprühen oder Glimmen der im Kondensator enthaltenen Luftteilchen bei betriebsmäßiger Belastung unbedingt vermieden werden muß, wenn der Kondensator eine unbeschränkte Lebensdauer haben soll, wurde zunächst die Abhängigkeit des Sprühens von verschiedenen Faktoren näher untersucht.

Abb. 3 zeigt einen Durchschnitt durch den Kondensator. Bei der sehr hohen Dielektrizitätskonstante des Glimmers (ε = rd. 7) werden alle im elektrischen Feld liegenden Luftteilchen unverhältnismäßig hoch belastet und neigen demzufolge sehr leicht zum Sprühen. Da die größte Feldstärke an den Rändern der Belegung, an dem in der Abbildung mit K bezeichneten Punkt, vorhanden ist, so wird an dieser Stelle das Sprühen (Kantensprühen) immer vor dem Sprühen der zwischen Elektroden und Dielektrikum

[1] J. A. Scott, H. W. Bousmann u. R. R. Benedict. J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 361, siehe auch ETZ 1929, S. 576.

liegenden Luftschicht (Flächensprühen) eintreten. Zunächst mußte deshalb die Spannung, bei welcher die Ränder anfangen zu sprühen (Sprühspannung) in Abhängigkeit von der Glimmerstärke, bestimmt werden. Zu diesem Zwecke wurde ein kleiner Kondensator mit Druckplatten aus Glas gebaut (Abb. 4), bei dem das Sprühen in der Dunkelkammer sehr leicht beobachtet werden konnte. Wie zu erwarten war, zeigte sich, daß die Sprühspannung nicht proportional mit der Glimmerstärke steigt. In Abb. 5 stellt Kurve *I* schematisch das Ergebnis dieser Untersuchung dar.

Aus dieser Kurve geht hervor, daß die spezifische Spannungsbelastung bis zum Einsetzen des Sprühens mit abnehmender Glimmerstärke ansteigt (Kurve *II*). Da die Leistung proportional dem Quadrate der Spannung steigt, ist der Leistungsanstieg mit abnehmender Glimmerstärke entsprechend steiler (Kurve *III*). Die Sprühspannung zeigte sich innerhalb des untersuchten Frequenzbereiches (500 ... 300 000 Hz) von der Frequenz praktisch unabhängig, nur die Leuchterscheinung war bei höherer Frequenz intensiver, so daß dabei infolge der größeren Sprühverluste eine weit schnellere Erwärmung eintrat. Es ergaben sich die in Abb. 6 schematisch dargestellten Beziehungen. Oberhalb der Sprühgrenze treten also zu den rein dielektrischen Verlusten noch die Sprühverluste hinzu.

bei Zimmertemperatur fest sein und durfte beim Erstarren keine Schwundrisse bilden. Eine Vergleichsmessung zwischen einem gefetteten und einem ungefetteten Kondensator, wobei die Übertemperatur bei gleicher Belastung in Luft bestimmt wurde, ergab nun, daß die beiden Kondensatoren völlig gleiche Güte besaßen. An den gefetteten Kondensatoren wurden dann im Kalorimeter bei 20° Raumtemperatur die Verluste zu 0,16 ... 0,2 W/kVA ermittelt[2].

Die Verluste zeigten sich in weiten Grenzen von der Frequenz praktisch unabhängig, ebenso von der geringen Temperaturschwankung, wie sie im Betriebe vorkam, und von der Höhe der angewendeten Pressung.

Dagegen spielt die Art des Glimmers eine ausschlaggebende Rolle. Die Verlustziffer von 0,16 W ist bei klarem Bernsteinglimmer, sogenanntem Rubyglimmer, gemessen worden; schlechterer Rubyglimmer hatte bis 0,2 W. Die Verluste waren um so höher, je mehr Flecken der Glimmer enthielt, während ein Einfluß der Lufteinschlüsse (unterhalb der Sprühgrenze natürlich) nicht

Abb. 3.



Abb. 1. Glimmerkondensator aus dem Jahre 1907.

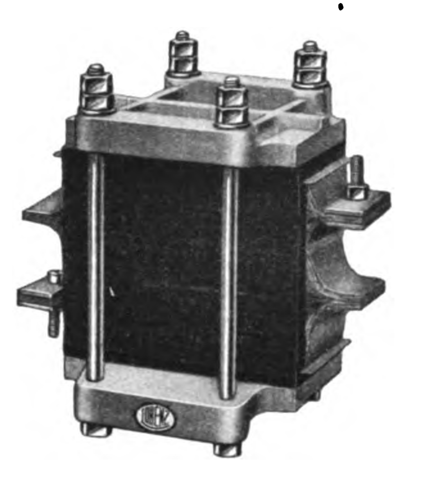


Abb. 2. Vakuumgefetteter Glimmerkondensator aus dem Jahre 1925.

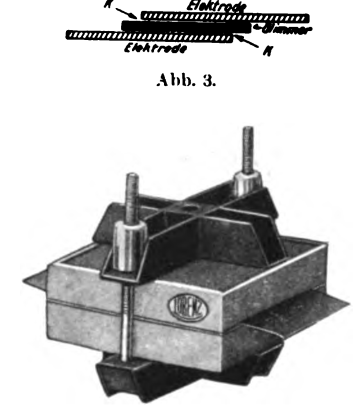


Abb. 4. Versuchskondensator mit Druckplatten aus Glas.

F e t t u n g. Es liegt nun nahe, die Sprühgrenze dadurch hinaufzusetzen, daß man nach sorgfältiger Entfernung der zwischen den Kondensatorbelegungen befindlichen Luftreste den Kondensator mit einer Flüssigkeit oder erstarrenden Vergußmasse aus Paraffin oder paraffinähnlichen Stoffen tränkt; es hat sich dabei aber herausgestellt, daß es trotz Anwendung hohen Vakuums praktisch unmöglich ist, die Luft vollkommen zu entfernen (z. B. Lufteinschlüsse innerhalb des Glimmers). Die noch verbleibenden Luftreste fangen intensiv an zu glimmen, insbesondere bei höherer Periodenzahl, sobald ihre Sprühspannung überschritten wird, wodurch das Vergußmittel allmählich zersetzt wird und nach einer größeren oder geringeren Zeitspanne die Zerstörung des Kondensators eintritt. Es ist deshalb auch nicht angebracht, bei gefetteten Kondensatoren mit der Prüfspannung weit über die Betriebsspannung hinauszugehen, weil damit die Sprühgrenze überschritten werden kann, wodurch, wie vorher erwähnt, die Vergußmasse infolge Bildung von Zerfallprodukten (Kohlenstoffe) verändert wird und Ansatzpunkte für weitere fortlaufende Zerstörung auch bei späterer normaler Belastung geschaffen werden. Bei dem ungefetteten Kondensator ist es dagegen ohne weiteres möglich, eine Hochfrequenz-Prüfspannung von dem zwei- bis dreifachen Wert der Betriebspannung in Anwendung zu bringen.

D i e l e k t r i s c h e V e r l u s t e. Nach der vollständigen Ausschaltung der Sprühverluste auf Grund der vorstehenden Untersuchung konnte dazu übergegangen werden, die Verluste im Dielektrikum selbst zu ermitteln. Die Messungen erfolgten mittels Ölkalorimeters, und die Verluste von nicht gefetteten Kondensatoren wurden damit anfangs zu etwa 1 W/kVA bestimmt. Später zeigte sich jedoch, daß eine Fehlmessung gemacht worden war und daß die Verluste tatsächlich 5 ... 6mal geringer waren. Die Ursache war das Eindringen des Kalorimeteröles zwischen die Belegungen des Kondensators, wobei die geringen Feuchtigkeitsreste dieses Öles hinreichten, um die Verluste derartig zu erhöhen. Für die Messung im Ölkalorimeter war es deshalb erforderlich, die Kondensatoren zu fetten, wobei allerdings zunächst festzustellen war, daß durch das Fetten keine zusätzlichen Verluste entstanden. Als Fett wurde eine Masse gewählt, deren Hauptbestandteil Paraffin war. Sie mußte

festgestellt werden konnte. Klarer Kaliglimmer (Muskowit), leicht grünlich, hatte 0,8 W, dunkelbrauner und stark fleckiger Glimmer derselben Art etwa 4 W, fast schwarzer Magnesia-Eisen-Glimmer zeigte etwa 8 W. Für die Hochfrequenz-Kondensatoren kommt natürlich nur der beste fleckenfreie Rubyglimmer in Frage. Auf Luftfreiheit des Glimmers brauchte kein Wert gelegt zu werden.

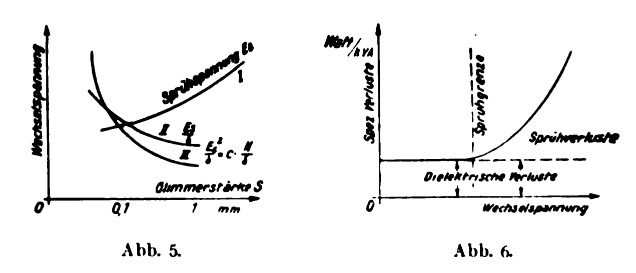


Abb. 5. Abb. 6.

In erster Annäherung kann man sagen, daß sich die Verluste wie folgt ergeben:

$$V = c_1 \frac{E^2}{\lambda} = c_2 I^2 \lambda = c_3 E I.$$

Aus den Versuchen geht hervor, daß die Verluste der Glimmerkondensatoren bei Verwendung in Hochfrequenz-Schwingungskreisen gegenüber den bestenfalls in den Spulen erreichbaren derartig niedrig sind, daß eine weitere Herabsetzung der Kondensatorverluste von keinem größeren praktischen Nutzen mehr sein dürfte.

L e i t u n g s v e r l u s t e. Je höher die Frequenz wird und je größer die Glimmerplatte ist, um so größer wird bei gegebener Stärke des Dielektrikums und gleichbleibender Spannung der in die Belegungen fließende Strom. Um die Leitungsverluste in den Elektroden mög-

[2] Dieselben Verluste hat C o u r s e y gemessen: „Electrical Condensers" S. 123. London, Verlag von Pitman & Sons.

lichst niedrig zu halten, wurde auf die Kupferbelegungen der ersten Ausführungsform wieder zurückgegriffen, nachdem zwischendurch Elektroden aus Zinnfolie verwendet wurden (KG 01). Außerdem wurde durch Verkleinerung der Glimmerscheiben auf die Hälfte derjenigen der früheren Form die Stromstärke je Belegung ebenfalls erheblich vermindert.

Leistungsbegrenzung. Die Verluste des Glimmerkondensators hängen nach den eben genannten Gleichungen also nur von der Belastung desselben in kVA ab. Wenn im Betriebe eine gewisse Übertemperatur nicht überschritten werden soll, so erhält man bei jeder Bauform hierdurch einen Grenzwert für die Leistung. Welche Grenze zuerst erreicht wird, die Sprühgrenze oder die Leistungsgrenze, hängt von der Glimmerstärke und der Frequenz ab.

In Abb. 7 ist bei 10^2 die Leistungsgrenze durch Erwärmung angenommen worden. Die drei Kurven geben bei 0,05, 0,1 und 0,2 mm Glimmerstärke die mögliche Leistung an, welche sich aus der Frequenz und der Sprühgrenze ergibt. Wo diese Kurven unterhalb der Leistungsgrenze liegen, ist die Sprühgrenze allein maßgebend für die mögliche Belastung des Kondensators, wo sie oberhalb der Leistungsgrenze liegen, die Leistungsgrenze; die Sprühgrenze wird dann also nicht mehr erreicht und liegt zur Betriebspannung um so höher, je höher die Frequenz ist. Aus Abb. 7 ist weiterhin ersichtlich, daß es bei niedrigen Frequenzen vorteilhafter ist, dünnen Glimmer zu verwenden, daß bei höheren dagegen der stärkere keinerlei Nachteile mehr bringt.

Spannungsdurchschlag. Bei einwandfreiem Glimmer liegt die Durchschlagspannung des Glimmers immer so hoch, daß sie für die Leistungsbegrenzung des Kondensators nicht in Frage kommt. (Vgl. die Versuche von Grünwald[3].)

Zusammenfassend kann man also sagen, daß die Leistungsfähigkeit des Glimmerkondensators für Wechselstrom bei Verwendung von einwandfreiem Glimmer begrenzt ist:

1. durch die Sprühspannung,
2. durch die Leistung in kVA,
3. durch die Leitfähigkeit der Elektroden.

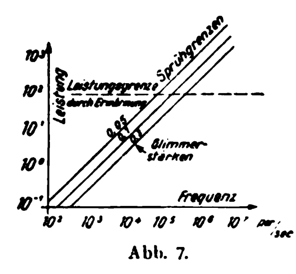


Abb. 7.

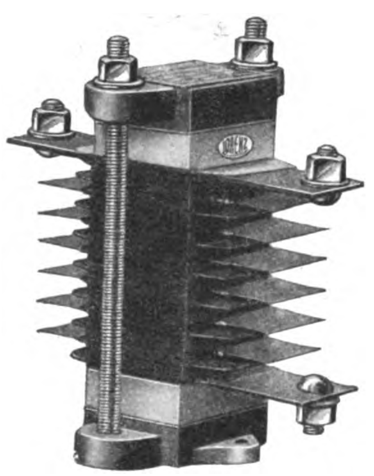


Abb. 8. Glimmerkondensator neuester Form für 100 kVA.

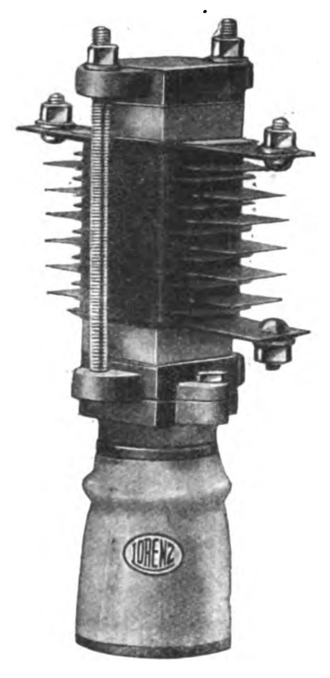


Abb. 9. Glimmerkondensator auf kittlosem Stützer.

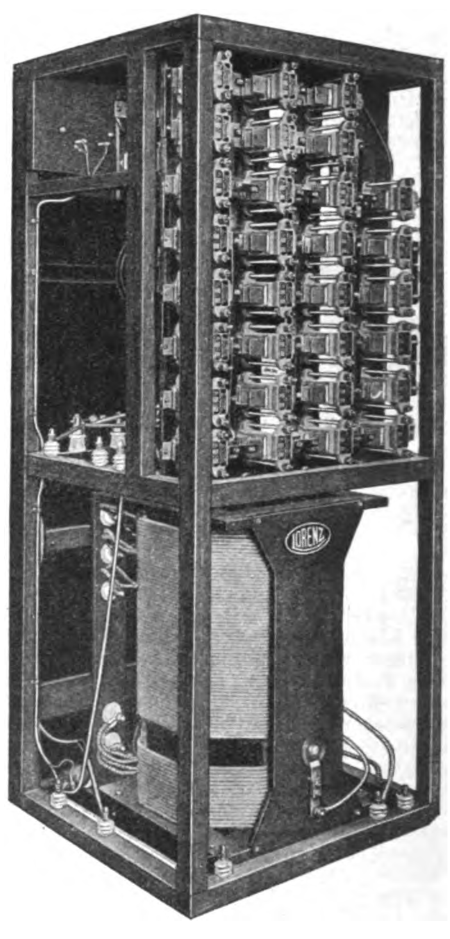


Abb. 10. Zwischenkreis eines Senders.

Gleichstrom-Kondensatoren.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei Glimmerkondensatoren für Gleichspannung.

Sprühverluste. Bei reiner Gleichspannung tritt am Glimmerkondensator kein Sprühen der Luft auf. Das Sprühen setzt immer eine Wattleistung voraus, die bei dem hohen Isolationswiderstand des Glimmers bei Gleichspannungsbelastung nicht zur Verfügung steht. Dies steht im Gegensatz zu den reinen Luftkondensatoren, bei denen die Luft durch Ionisation leitend wird, so daß auch bei Gleichstrom ein Energieverbrauch und damit auch ein Sprühen auftreten kann. Da beim Glimmerkondensator bei Gleichspannung kein Sprühen erfolgt, kann man mit der Spannung erheblich höher gehen als bei Wechselspannung. Auch in Verbindung mit einer Wechselspannung ist die Gleichspannung ohne Einfluß auf den Beginn des Sprühens; es gilt auch hierfür die Kurve *I* der Abb. 5.

Gleitfunken. Bei einer Erhöhung der Spannung tritt dann aber ein Gleitfunkenüberschlag ein, der sehr schnell zur Zerstörung des Kondensators führt. Um den Kriechweg für den Gleitfunken zu verschließen, ist es beim Gleichspannungskondensator deshalb sehr zweckmäßig, ihn mit einer Vergußmasse zu tränken.

Kurzschlußgefahr. Die nach den ersten Versuchen gehegten Erwartungen auf eine außerordentlich hohe Gleichspannungs-Belastungsfähigkeit gingen jedoch nicht in Erfüllung. Es gelang wohl, eine aus zwei Blättern zusammengesetzte Glimmerschicht von 0,06 mm auf 10 000 V aufzuladen (170 kV/mm!), aber schon bei einer Aufladung mit nur 5 kV trat bei einer Entladung durch Kurzschluß in jedem Fall der Durchschlag ein. (Vgl. die Versuche von Grünwald.) Es erweckt den Anschein, als wenn es sich dabei um ein regelrechtes Zerbrechen oder Zerschlagen des Glimmers handelte.

Verluste. Da dielektrische Verluste bei Gleichspannung nicht auftreten können, bleiben nur die reinen

[3] Grünwald, Arch. El. Bd. 12, S. 79

Leitungsverluste durch den Isolationsstrom übrig. Diese sind aber so gering, daß sie für den Kondensator keinerlei Bedeutung haben.

Leitungsverluste. Bei Blockkondensatoren, die beiden Belastungsarten gleichzeitig ausgesetzt sind, insbesondere bei Kurzwellensendern, können starke Wechselströme den Kondensator durchfließen, so daß auch hier die Leitfähigkeit der Elektroden in Betracht gezogen werden muß.

Zusammenfassend ergibt sich, daß beim Gleichspannungs-Kondensator ganz andere Gesichtspunkte maßgebend sind als beim Wechselspannungs-Kondensator, und dieser demzufolge auch einen ganz anderen Aufbau erhalten muß, worauf weiter unten noch eingegangen werden soll.

Konstruktion.

Die aus den physikalischen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse zeigten, daß der Kondensator in seiner bisherigen Form (Abb. 1 und 2) erheblich abgeändert werden mußte. Bei den alten Ausführungen waren die Glimmerblätter zu groß, damit der Preis zu hoch und die Kühlfähigkeit zu gering. Die Glimmerstärke der alten Kondensatoren, insbesondere des Kondensators nach Abb. 1, war mit 0,2 mm auch zu groß, so daß der Sprühgrenze wegen für die niedrigeren Frequenzen eine nur geringe Belastung desselben möglich war.

Die auf Grund der Untersuchungen Ende 1925 herausgebrachte Kondensatorform KG I/25 (Abb. 8) besteht in der Regel aus einer großen Anzahl in Reihen geschalteter Gruppen. Die Zahl der erforderlichen Gruppen hängt dabei in erster Linie von der Betriebsspannung des Kondensators ab. Für den Kondensator wurde die offene Bauart gewählt. Diese gestattet es, den Kondensator an jeder Gruppe anzuzapfen und bequem als Stufenkondensator zu verwenden. Es ist dadurch oft möglich, bei Sendern auch mit großem Wellenbereich, noch mit einem einzigen Kondensator auszukommen.

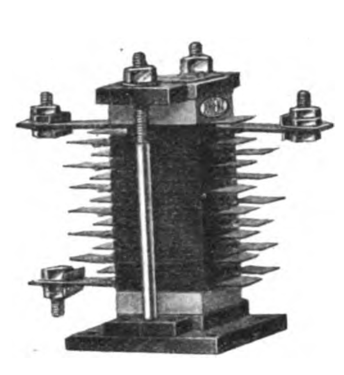
Ein Abgleichen des fertigen Kondensators ist allerdings nur noch durch Veränderung der Gruppenzahl möglich. Es hat sich aber gezeigt, daß bei sorgfältiger Prüfung und Fertigung der Sollwert mit ± 5 % Genauigkeit gut innegehalten werden kann. Der Kondensator besitzt eine größere Zahl Kühlfahnen, wodurch die Kühlfähigkeit in Luft um das Fünffache gesteigert werden konnte, so daß die Kondensatortype bei einer Übertemperatur von etwa 25° eine Belastung von 100 kVA aufnehmen kann. Er leidet aber erst Schaden bei 180°, d. h. bei der Temperatur, bei der das Lötzinn schmilzt. Wenn keine zusätzlichen Sprühverluste auftreten, d. h. bei kürzeren Wellen, würde diese Temperatur erst bei ungefähr 600 kVA Belastung, d. h. bei der 2,5fachen Betriebsspannung eintreten. Hieraus geht hervor, daß die Betriebsicherheit hinsichtlich der normalen Leistung sehr groß ist. Ein Durchschlag ist auch unwahrscheinlich, da, wie bereits erwähnt, die Prüfspannung das 2...3fache der Betriebsspannung beträgt. Da der Glimmer selbst durch längeres Sprühen keine merkbaren Veränderungen erleidet, kann der Kondensator auch ein längeres Überschreiten der Sprühspannung im Betrieb vertragen, ohne Schaden zu erleiden.

Als Endisolation ist Steatit gewählt worden, das sich hierfür sehr gut bewährt hat. Erst bei sehr kurzen Wellen und dementsprechend sehr kleinen Kapazitäten müssen die Steatitplatten durch Glimmerpakete (Ausschußglimmer) ersetzt werden. Für die meisten Verwendungszwecke reicht die Isolation des Kondensators gegen Körper aus. Müssen die Kondensatoreinheiten in Serie geschaltet werden, so kann der Einzelkondensator auf einen eigens hierfür ausgeführten kittlosen Stützisolator aufgesetzt werden (Abb. 9).

Abb. 10 zeigt eine größere Batterie dieser Kondensatoren als Zwischenkreiskapazität eines größeren Senders zusammengebaut. Die offene Bauart gestattet hier sehr einfache Schaltverbindungen und leichte Anpassung an die zur Verfügung stehenden Raumverhältnisse.

Dem Bedürfnis entsprechend, kleinere hochwertige Kondensatoren zu verwenden, wurde weiterhin die Form KG I 27 (Abb. 11) entwickelt, die sich fast nur in der Größe von der vorhergehenden unterscheidet. Auch bei dieser in Kleinsendern viel verwendeten Form besteht die Möglichkeit, jede einzelne Gruppe anzuschließen und so auch bei großem Wellenbereich des Senders mit einer Kondensatoreinheit auszukommen.

Eine noch kleinere Type steht im Rundkondensator zur Verfügung (KGR 26). In Abb. 12 sind verschiedene Ausführungsformen dargestellt, die sowohl für Wechselstrombelastung als auch für Gleichstromblockierung (bis 5 kV Prüfspannung) gebaut werden. Die Hochfrequenzleistung dieser Type ist ungefähr 3 kVA. Der Durchmesser beträgt nur 30 mm.



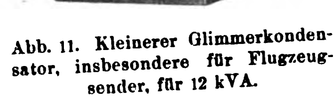
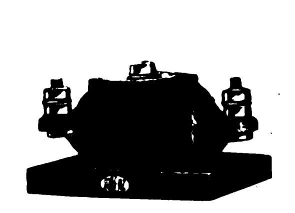
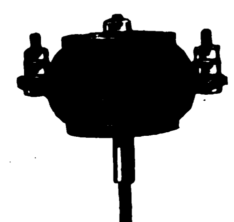

Abb. 11. Kleinerer Glimmerkondensator, insbesondere für Flugzeugsender, für 12 kVA.



Abb. 13. Eingebauter Glimmerkondensator für Gleichspannung.

Abb. 13 zeigt einen gefetteten und eingebauten Kondensator für Gleichspannung (5 kV Prüfspannung). Hierbei brauchte auf die Kühlverhältnisse keine Rücksicht genommen werden, da im Gleichstrom-Glimmerkondensator keine Verluste auftreten können und die etwaige Wechselstromkomponente nur bei Kurzwellensendern zu berücksichtigen ist.



Abb. 12. Ausführungsformen von Rundkondensatoren für 3 kVA.

Es bleibt noch zu erwähnen, daß eine Reihe anderer Formen von Kondensatoren für besondere Zwecke nach den hier dargelegten Gesichtspunkten entwickelt worden sind, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, weil sie keine wesentlichen Abweichungen von den beschriebenen Formen enthalten.

Für den heutigen Stand der Technik kann die Entwicklung der Glimmerkondensatoren in der Hauptsache als abgeschlossen betrachtet werden. Die dabei gewonnenen Erfahrungen wirkten nun weiterhin befruchtend auf ein neues großes Entwicklungsgebiet, auf die Kondensatoren mit Papierstoff als Dielektrikum, so daß auch bei diesen gewisse Grenzen für die Verwendungsmöglichkeit bestimmt werden konnten. Da bei dem Glimmerkondensator wegen der Sprühgrenze die Belastungsfähigkeit in kVA proportional der Periodenzahl abnimmt (Abb. 7), also der spezifische Preis für 1 kVA sich entsprechend erhöht, läßt sich eine bestimmte Grenzfrequenz ermitteln, bei der der Papierkondensator mit den Glimmerkondensatoren in bezug auf den Herstellungspreis zu konkurrieren beginnt. Diese Grenzfrequenz liegt nach den jetzigen Erfahrungen bei ungefähr 20 000 Hz (15 000 m Wellenlänge). Je weiter die Periodenzahl unterhalb dieser Grenzfrequenz liegt, um so vorteilhafter wird die Anwendung des Papierkondensators. Über den Entwicklungsgang des letzteren soll in einem späteren Aufsatz berichtet werden.

Der Springschreiber T 28.

Von **E. Beier,** Berlin.

(*Schluß von S. 1049.*)

Das Einstellen und Nachprüfen der Geschwindigkeit wird nach dem Stroboskopverfahren vorgenommen. Diesem Zwecke dienen ein abwechselnd mit schwarzen und weißen Feldern versehener Ring am Reglergehäuse und eine Stimmgabel, die an ihren Zinkenenden je ein kleines Blech mit einem Schlitz trägt. Die Felder werden bei schwingender Stimmgabel und umlaufendem Motor durch den kleinen Schlitz beobachtet. Erscheinen die Felder stillstehend, so ist die Geschwindigkeit richtig.

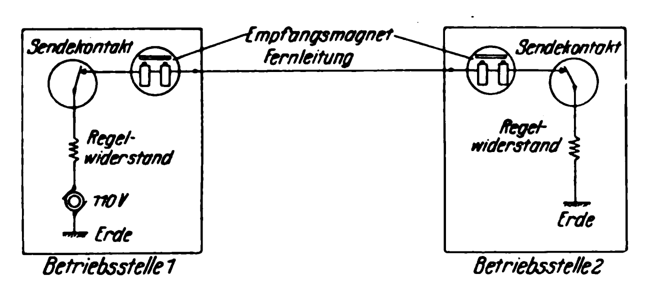


Abb. 19. Zusammenschalten von zwei Springschreibern.

Bewegen sich dagegen die Felder nach vorn oder hinten, so ist die Motorgeschwindigkeit mit Hilfe der Wippe oder der Feder zu ändern, bis die Felder stillstehend erscheinen. Dabei ist besonders darauf zu achten, daß die Felder auch bei der halben und doppelten Geschwindigkeit stillstehend erscheinen.

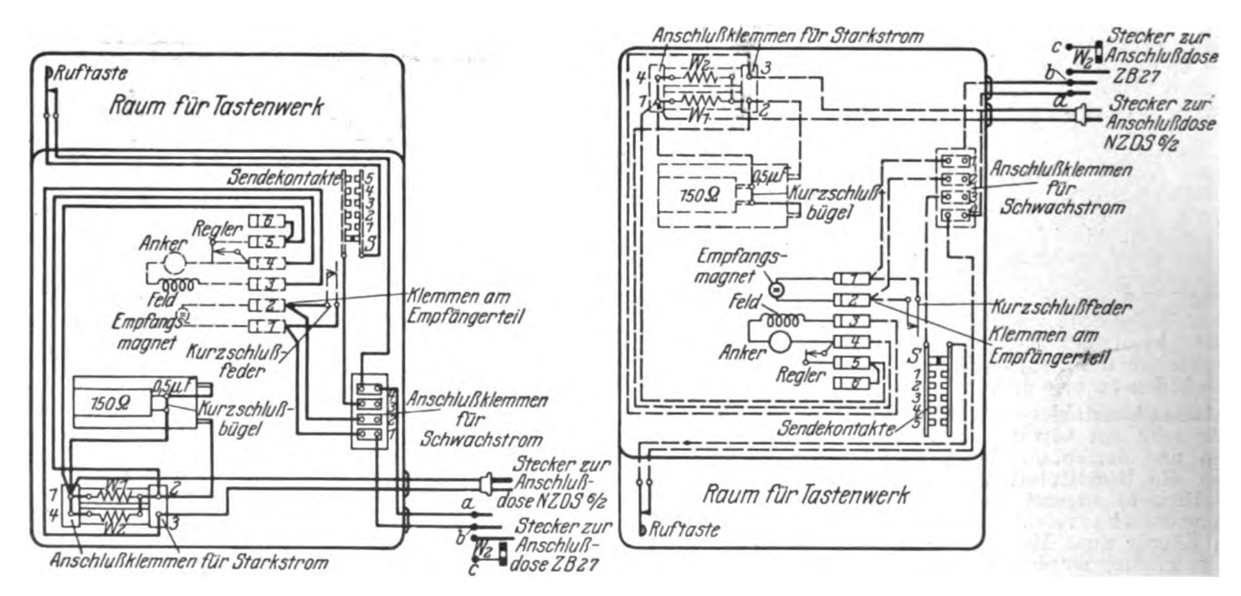


Abb. 21. Innenschaltung des Springschreibers T 28.

Für den einwandfreien Empfang ist erforderlich, daß das Anlaufen der Empfängerverteilerachse und das Betätigen des Wählmechanismus in ein bestimmtes Zeitverhältnis zueinander gebracht werden. Zu diesem Zwecke können die früher beschriebene Auslöseklinke und die Sperrklinke, die auf einem gemeinsamen Rahmen sitzen, mit Hilfe eines Einstellhebels um 120° gedreht werden, wodurch der Abstand zwischen dem Zeitpunkte des Anlaufens der Empfängerverteilerachse und der Betätigung der Steuerhebel verändert wird. Über dem Wählmechanismus befindet sich eine Skala, an der die Einstellung des Hebels abgelesen werden kann. Eine Stellschraube dient zum Festlegen des Einstellhebels. Die Einstellung wird bei laufendem Apparat vorgenommen. Zur Einstellung wird die Stellschraube gelöst und der Einstellhebel während des Empfangs der Zeichen RY zum Nullpunkt der Skala hin bewegt, bis der Apparat aufhört, fehlerfrei RY zu drucken. Die Stellung des Hebels ist zu merken, dann wird der Einstellhebel gegen 120° bewegt, bis der Apparat ebenfalls aufhört, RY fehlerfrei wiederzugeben. Darauf wird der Einstellhebel in die Mitte der beiden Grenzen gestellt und die Stellschraube festgezogen. Nach dieser Einstellung ist die Spannung der

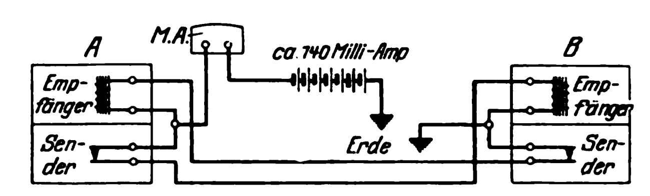


Abb. 20. Zusammenschalten von zwei Springschreibern zum gleichzeitigen Geben und Empfangen.

Ankerfeder des Empfangsmagneten zu ändern. Zuerst wird die Gegenmutter der Spannschraube gelöst und dann die Spannung der Feder erhöht, bis der Apparat aufhört, fehlerfrei RY zu drucken. Darauf wird die Spannung der Ankerfeder soweit vermindert, bis der Apparat ebenfalls aufhört, RY fehlerfrei wiederzugeben. Dabei sind die Drehungen der Spannschraube zu zählen. Danach ist die Spannung der Feder um die Hälfte der Umdrehungen zu erhöhen. Die so gefundene Einstellung ist das günstigste Zeitverhältnis zwischen dem Zeitpunkt des Anlaufens der Empfängerverteilerachse und dem Zeitpunkt der Betätigung des Wählmechanismus, was die Vorbedingung für einen einwandfreien Empfang ist.

Abb. 19 zeigt das schematische Schaltbild einer Privatanlage mit zwei Springschreibern, die wechselweise arbeiten. Der Telegraphierstrom ist dem Gleichstromnetz entnommen. Dabei sind die Leitungswiderstände durch Regelwiderstände so zu bemessen, daß 60 ... 70 mA in der Leitung fließen. In Wechselstromnetzen kann der Telegraphierstrom nicht dem Netze entnommen werden, es muß vielmehr in diesem Falle eine besondere Gleichstromquelle (Sammlerbatterie, Gleichrichter oder Umformer) benutzt werden. Abb. 20 veranschaulicht sche-

matisch das gleichzeitige Geben und Empfangen mit demselben Apparat auf zwei Leitungen und Erde. Während bei der Schaltung nach Abb. 19 der eigene Empfänger einen Mitlesestreifen liefert, ist das bei dieser Schaltung nicht der Fall. Abb. 21 zeigt dann noch die Innenschaltung des Springschreibers mit Nebenschlußmotor für 110 V Gleichstrom; für Anschluß an 110 V Wechselstrom wird der Anker des Hauptstrommotors an die Empfängerklemmen *3* und *4* gelegt, während das Feld an *3* und *6* angeschlossen wird.

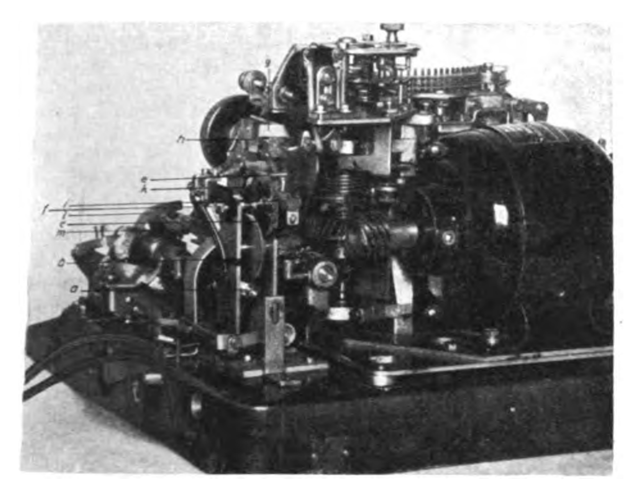


Abb. 22. Selbsttätiger Motor-Ein- und -Ausschalter (von hinten gesehen).

Der Apparat kann mit einer Einrichtung ausgerüstet werden, die den Motor beim Eingang des ersten Zeichens auf dem empfangenden Amte selbsttätig einschaltet und nach einer längeren Ruhe auf der Leitung — etwa 30 ... 40 s — den Motor selbsttätig wieder abschaltet. Bei Anwendung dieser Einrichtung ist es möglich, Nachrichten entgegenzunehmen, ohne daß der Antriebsmotor dauernd läuft und ohne daß der Apparat dauernd besetzt ist. Die Einrichtung befindet sich hinter der Senderachse und unterhalb des Empfangsmagneten. Die Senderachse trägt an ihrem Ende eine Spindel *a*, die ein Zahnrad *b* treibt (Abb. 22 u. 23). Auf der Achse dieses

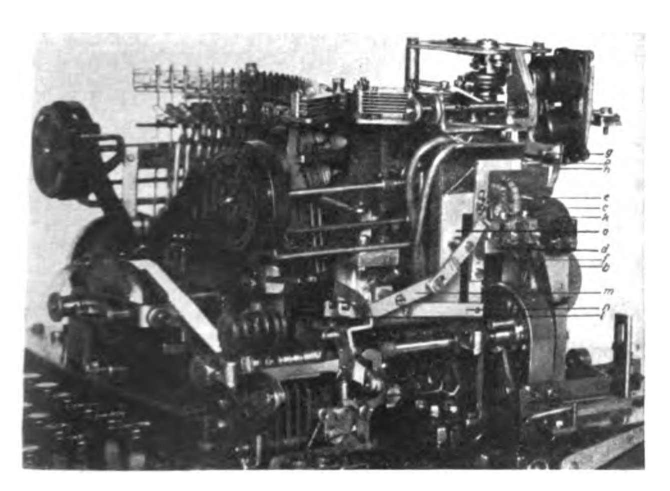
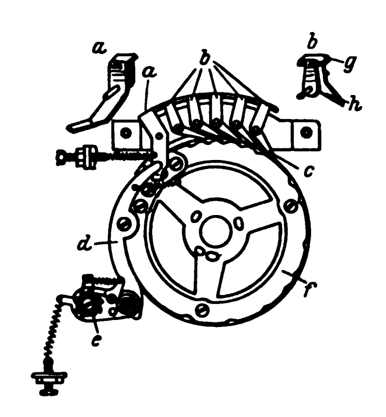


Abb. 23. Selbsttätiger Motor-Ein- und -Ausschalter (von der Seite gesehen).

Rades befindet sich ein Zahntrieb, in den ein zweites Zahnrad *c* je nach der Stellung der Wippe *d*, in der es sein Lager hat, greift. Das Zahnrad *c* trägt einen Dorn *e*. Der eine Schenkel der Wippe *d* wird durch die Feder *f* nach unten gezogen, so daß das im anderen Schenkel gelagerte Zahnrad *c* aus dem Eingriffsbereich des kleinen Zahntriebes kommt. Bei angezogenem Anker des Empfangsmagneten hält die Nase *g* des Ankers mittels der Blattfeder *h* die Wippe so, daß das Zahnrad *c* von dem Zahntrieb mitgenommen wird. Der Dorn *e* des Zahnrades *c* hebt beim Umlauf einen Quecksilberkontakt *i* so weit aus der Waagerechten, daß der Quecksilberspiegel abreißt und dadurch der Stromkreis des Motors unterbrochen wird. Bei Stromlosigkeit auf der Leitung wird die Blattfeder *h* durch die Nase *g* freigegeben. Die Kraft der Feder *f* wirkt sich aus und hebt mittels der Wippe das Zahnrad *c* aus dem Trieb. Eine Spiralfeder *k* dreht nun das Zahnrad *c* schnell in seine Ruhestellung zurück. Der Quecksilberkontakt *i* fällt wieder in die Waagerechte, und das Quecksilber schließt den Stromkreis für den Motor. Beim Geben wird durch das wiederholte Abfallen des Ankers das Zahnrad *c* dauernd aus dem Bereich des Zahntriebes gezogen, so daß der Dorn *e* in seiner Ruhestellung bleibt. Um den Strom auf der Leitung bei stehenden Motoren zum Zwecke der Einschaltung der Motoren unterbrechen zu können, ist ein besonderer Druckknopf links vom Tastenwerk vorgesehen, durch den die Leitung unterbrochen werden kann. Die neueren Einrichtungen haben statt des Quecksilberkontaktes Wolframkontakte.

Damit beim Gegensprech- und Richtungsbetrieb diese Einrichtung ebenfalls benutzt werden kann, bewegt beim Geben der Sperrbügel des Kontaktgebers mit seiner Nase *l* einen Doppelhebel *m*, der die Wippe im Sinne des Ankers des Empfangsmagneten betätigt. Die Nase *l* des Sperrbügels drückt weiter auf einen Hebel *n*, der für die Dauer eines Umlaufs der Kontaktgeberachse die Schubstange *o* mit ihrer Stellschraube *p* gegen den Anker drückt, so daß beim Geben bei Einfachbetrieb das Arbeiten des Empfangsmechanismus unterbunden wird, wodurch der Mitlesestreifen wegfällt. Bei Leitungen mit Gegensprech- oder Richtungsbetrieb wird die Stellschraube *p* soweit zurückgenommen, daß sie nicht in den Bereich des Ankers gelangen kann; sie würde sonst beim Geben den Empfang des Druckstreifens mit den Zeichen des fernen Amtes unterbinden.



a 6. Sucher
b Sucher
c Sucherfüße
d zweiarmiger Hebel
e Druckrolle
f Kombinator
g Kopf
h Fuß

Abb. 24. Druckmechanismus des Teletype Modell 11.

Die Leistung des Apparates läßt sich durch Verwendung von Ringen mit anderer Feldeinteilung ändern. So gibt ein Ring mit 10 Feldern eine Leistung von rd. 6 Zeichen/s und ein solcher mit 9 Feldern eine Leistung von rd. 7 Zeichen/s. Diese Leistung wird aber bei Handsendung nicht immer erreicht, weil sie von der Geschicklichkeit des Gebers, den Pausen für die Nebenarbeiten und der Leserlichkeit des Textes abhängig ist. Ist man gezwungen, die Leistung einer Leitung zu erhöhen, so muß man diese Abhängigkeit durch Benutzung eines Lochstreifens vermeiden. Der Lochstreifen wird ganz unabhängig von der Leitung auf einem oder mehreren Tastenlochern hergestellt und die Zeichen mit einem besonderen Streifensender in die Leitung gesandt.

Der Vorgänger des Springschreibers T 28 ist der Teletype Modell 11, der noch vielfach im Auslande benutzt wird (Abb. 24). Der Empfangsteil dieses Modells ist im Gegensatz zum Springschreiber T 28 eine Weiterentwicklung des Baudot-Übersetzers unter Hinzufügung des Organs, das den Empfangsteil mit dem Antriebsmotor beim Eintreffen des Anlaufschrittes kuppelt und beim Eingang des Sperrschrittes wieder entkuppelt. Der Sendeteil gleicht dem des Springschreibers T 28. Die ankommenden Schritte des Fünferzeichens steuern, nachdem durch den Anlaufschritt der Empfangsteil mit dem Antriebsmotor gekuppelt worden ist, mittels fünf Steuermagneten fünf Sucher, deren Füße in einem Kombinator liegen. Dieser besteht aus zwei Scheiben, der Ruhe- und der Arbeitscheibe, die beide am Umfang entsprechend den Fünferzeichen Vertiefungen haben. Die fünf Sucherfüße liegen in der Ruhe in der Ruhescheibe. Die Sucher sind mit ihren Köpfen derart gegeneinander gelegt, daß ein Sucherfuß nur dann in eine unter ihm befindliche Vertiefung des Kombinators eindringen kann, wenn auch zugleich die übrigen Füße Vertiefungen unter sich vorfinden, wenn sich also alle fünf Füße gleichzeitig senken

können. Die Ruhescheibe weist aber nirgends mehr als vier Vertiefungen in ununterbrochener Reihenfolge hintereinander auf. Es werden daher, um den Sucherfüßen an einer bestimmten Stelle des Kombinators ein Senken zu ermöglichen, einige oder sämtliche Sucherfüße vorübergehend auf die Arbeitscheibe befördert werden müssen. Dies besorgen die ankommenden Zeichen. Immer diejenigen Sucherfüße werden in die Arbeitscheibe geschoben, deren Magnete Strom erhalten haben. Für jedes Fünferzeichen gibt es nur eine Stelle auf dem Kombinator, wo sich unter allen fünf Füßen Vertiefungen befinden. An der Bewegung der Sucher nimmt ein sechster Sucher teil, der aber keinen Fuß besitzt sondern einen Auslösehebel trägt. Dieser Hebel schlägt beim Einfallen der fünf Sucherfüße in die Vertiefungen mittels eines zweiarmigen Hebels die Druckrolle gegen das mit dem Kombinator umlaufende Typenrad. Die Lage der Buchstaben auf dem Typenrad entspricht der Lage der Vertiefungen auf dem Kombinator, so daß beim Einfall der Füße das gewählte Zeichen durch Anschlagen der Druckrolle mit dem Papierstreifen gegen das Typenrad abgedruckt wird. Auf dem Wege des Kombinators in die Ruhestellung werden die Sucherfüße durch eine kleine Gleitbahn im Kombinator wieder auf die Ruhescheibe gebracht. Der Sperrschritt entkuppelt nun den Empfangsteil. Der Apparat ist zur Aufnahme eines neuen Zeichens bereit. Der Linienstrom dieses Apparates beträgt wie beim Springschreiber T 28 60 mA. Seine Leistung ist jedoch nur 40 Wörter/min. Wegen dieser geringen Leistung ist er durch das Modell 14 ersetzt worden.

Der Streifenlocher.

Die Einrichtung des Streifenlochers geht aus den Abb. 25 und 26 hervor. Er besteht aus einem Tastenwerk von 31 Tasten, die an ihrem einen Ende gelagert sind und etwa in der Mitte einen Kamm *a* tragen (Abb. 26). Die

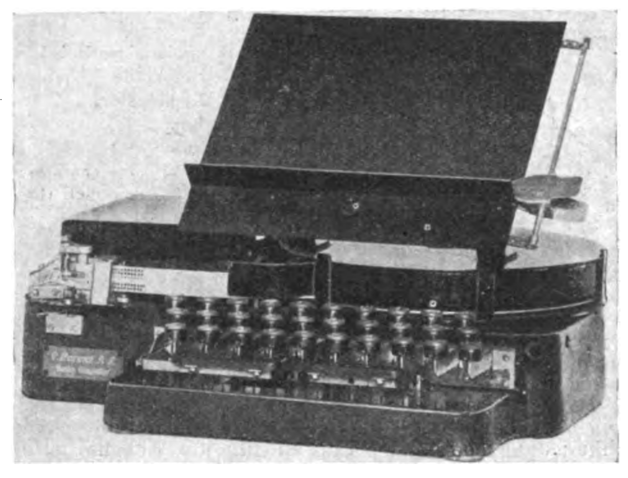


Abb. 25. Streifenlocher.

Zähne dieses Kammes entsprechen dem umgekehrten Lochbild des zu stanzenden Buchstabens. Die gedrückte Taste *b* drückt mittels der Zähne ihres Kammes die entsprechenden U-förmigen Schienen *c* nieder, wovon sechs unterhalb der Tasten liegen. Jede U-förmige Schiene trägt an einem Ende einen senkrechten Ansatz *d* mit einem Lager für einen zweiarmigen Hebel *e*. Infolge des Niederdrückens der Taste weichen die entsprechenden senkrechten Ansätze der U-förmigen Schienen aus und nehmen die zweiarmigen Hebel mit. Demzufolge gehen deren vordere Enden nach rechts und ziehen die angelenkten Wählerstifte *f* weg, die zwischen dem Hammer *g* einerseits und den Stanzstempeln *h* anderseits liegen. Bei weiterem Niedergehen der angeschlagenen Taste weicht auch der senkrechte Ansatz der sechsten Schiene soweit aus, daß der Kontakt *l* geschlossen und dadurch der Stanzelektromagnet betätigt wird. Letzterer zieht seinen Anker an und treibt mittels des Hammers *g* diejenigen Lochstempel *h*, vor denen die Wählerstifte *f* in Arbeitstellung liegen, und den dritten Stanzstempel, der das Führungsloch herstellt, durch den Streifen *i*. Der rückkehrende Anker schaltet mit Hilfe der Klinke *k* den Streifen *i* um eine Zeichenbreite weiter. Bei Verwendung der Streifenlocher in Verbindung mit Blattschreibern, die später beschrieben werden, gewährleisten eine Zählvorrichtung und eine rote Signallampe, daß zu den richtigen Zeiten — eine Zeile des Blattdruckers faßt etwa 65 Buchstaben — die Zeichen für die Zeilenschaltung und den Wagenrücklauf gestanzt werden. Außerdem ist eine Einrichtung zum Auslöschen falsch angeschlagener Buchstaben vorgesehen. Sie besteht aus einem Hebel, mit dem der Streifen schrittweise rückwärts bewegt werden und so die gestanzten Zeichen von neuem vor die Stanzstifte gebracht werden können. Die falschen

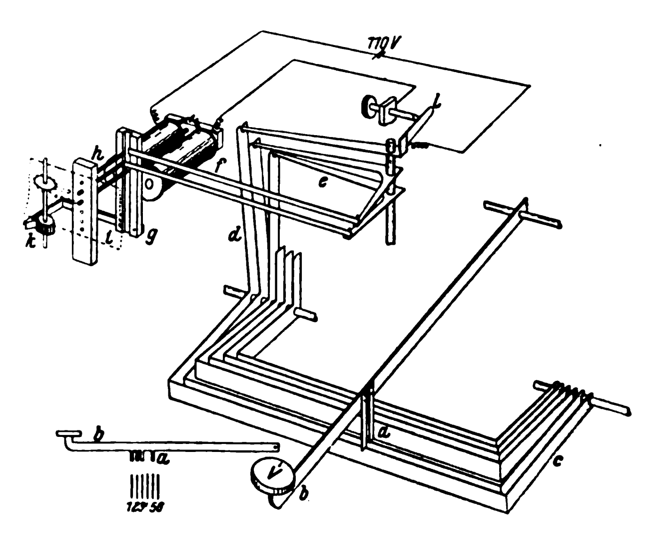


Abb. 26. Streifenlocher (schematische Darstellung).

Zeichen werden dann mit einer Lochgruppe, die aus fünf Löchern besteht, überstanzt und dann die richtigen Zeichen wiederholt. Da diese Lochgruppe auf dem Druckstreifen keine sichtbare Wirkung hinterläßt, ist die Irrung auf kürzeste Weise gelöscht.

Der Streifensender.

Der Streifensender (Abb. 27) besteht aus einem Antriebsmotor und einem Verteiler, der die Stromstöße des Fünferzeichens mit dem vorangehenden Anlaufschritt und

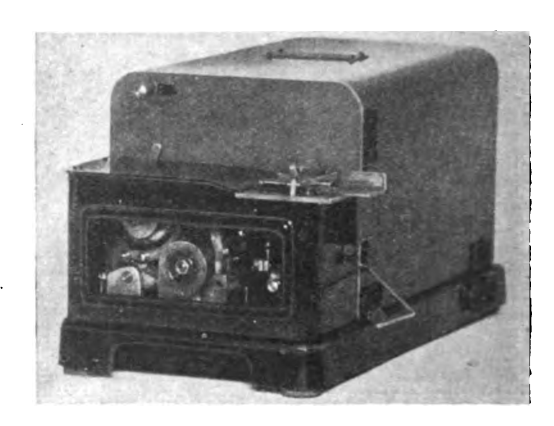


Abb. 27. Streifensender.

dem nachfolgenden Sperrschritt nacheinander in die Leitung sendet. Der Antriebsmotor besitzt einen Regler mit einem durch schwarze und weiße Felder unterteilten Ring zum Einstellen der Geschwindigkeit mit der Stimmgabel, wie ihn der Springschreiber besitzt. Der Verteiler wird durch den Motor angetrieben und besteht aus einer Walze mit sechs Nuten. In diesen Nuten liegen sechs waagerechte Hebel, die mit Hilfe von Winkelhebeln den Sendekontakt steuern (Abb. 28). Findet der waagerechte Arm des Winkelhebels *a* in dem durch ein Vorschubrad schrittweise vorbeilaufenden Streifen ein Loch, so fällt seine Nase infolge der Kraft der Feder *b* in das Loch. Der senkrechte Arm des Hebels *a* gleitet von dem linken Ansatz des waagerechten Hebels *c*. Die Nase *d* fällt in die Vertiefung der Nut des Verteilers *e*. Dabei hebt der rechte Ansatz des Hebels *c* den linken Schenkel des zweiarmigen Kontakthebels *f* und unterbricht dadurch den Kontakt *g*. Findet die Nase des

Hebels *a* dagegen kein Loch im Sendestreifen, so bleibt der senkrechte Schenkel des Hebels *a* auf dem linken Ansatz des Hebels *c* liegen. Der Kontakt *g* bleibt in Ruhe. Es fließt Strom während dieser Zeit in die Leitung.

Der Anlaufschritt wird durch den dritten waagerechten Hebel gegeben, der keinen Winkelhebel besitzt. Beim Umlauf des Verteilers fällt zuerst die Nase dieses Hebels in die Vertiefung der Nut. Der rechte Ansatz legt sich gegen den Kontakthebel *f* und öffnet den Kontakt *g*. Der Stromkreis wird für die Dauer des Verbleibens der Nase in der Vertiefung der Nut — das erste Siebentel der Umdrehung — unterbrochen. Dann folgen nacheinander die fünf Stromstöße nach Stellung der Abfühlhebel bis zum sechsten Siebentel. Während des siebenten Siebentels bleiben die Kontakthebel in Ruhe, weil in diesem Teil des Verteilers keine Vertiefungen in den Nuten sind. Es fließt Strom — der Sperrstrom — in die Leitung.

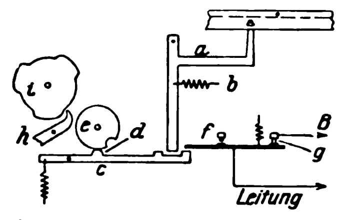


Abb. 28. Streifensender (schematische Darstellung).

Mit Hilfe eines Hebels kann der Hebel *h*, der mit dem dritten waagerechten Hebel *c* in Verbindung steht, in den Bereich des gezahnten Rades *i* gebracht und so ein Zeichen mit für den Betrieb verabredeter Bedeutung in einfacher Weise über die Leitung gegeben werden.



Abb. 29. Streifensender neuer Art (geschlossen).

Der Stanzstreifen läuft vom Tastenlocher unter einem Hebel hinweg unmittelbar in den Sender. Wird der Stanzstreifen infolge Stockungen bei der Stanzarbeit zwischen dem Sender und dem Tastenlocher durch den Sender gespannt, so hebt der Streifen diesen Hebel und schaltet den Vorschub des Streifens so ab, daß während der Zeit vom zweiten zum siebenten Siebentel Dauerstrom in die Leitung fließt, der den Empfänger auf dem fernen Amt durchläuft, ohne eine Wirkung auf dem Druckmechanismus zu hinterlassen. In Verbindung mit dem Streifensender wird von dem Springschreiber nur der Empfangsteil verwendet, der zu diesem Zwecke eine besondere Grundplatte ohne den Raum für das Tastenwerk erhalten hat. Dieser reine Empfänger kann auch in solchen Verbindungen benutzt werden, in denen von einer Stelle aus in nur einer Richtung einer oder mehreren Stellen Nachrichten übermittelt werden sollen.

Die Morkrum-Kleinschmidt-Gesellschaft hat neuerdings einen Streifensender herausgebracht (Abb. 29 u. 30), der in Verbindung mit einem Bürstenverteiler (Abb. 31) arbeitet und bei Hinzufügung noch einer Scheibe für den Springschreiberbetrieb auf verlängerten Kanälen einer Mehrfachverbindung verwendet werden kann. Der Streifensender besteht aus einem starken Elektromagneten *a* (Abb. 30) und einem Abfühlwerk. Der Elektromagnet bewegt durch seine Kraft mittels einer Klinke und eines Steigrades das Papiervorschubrädchen *b*, das den Lochstreifen an fünf Abfühlhebeln *c* vorbeiführt, die auf Winkelhebeln sitzen. Der Elektromagnet hebt außerdem die Abfühlhebel aus den Löchern des Streifens und läßt sie nach dem Vorschub wieder in die Löcher des Streifens einfallen, sofern sie solche vorfinden. Im andern Falle legen sie sich gegen den Streifen. Die andern Schenkel der Winkelhebel tragen Kontaktfedern, die zwischen zwei Kontaktschienen *e* spielen, wovon eine mit dem positiven Pol (Trennbatterie) und die andere mit dem negativen Pol (Zeichenbatterie) der Linienbatterie verbunden ist. Diejenigen Kontaktzungen, deren Abfühlhebel Löcher im Streifen vorgefunden haben, legen sich gegen die obere Schiene, die mit dem negativen Pol verbunden ist, und führen Zeichenstrom, während die andern an der unteren Schiene liegen bleiben und Trennstrom führen. Bei Springschreiberbetrieb wird die Zeichenbatterieschiene nicht mit Batterie verbunden. Die Kontaktzungen

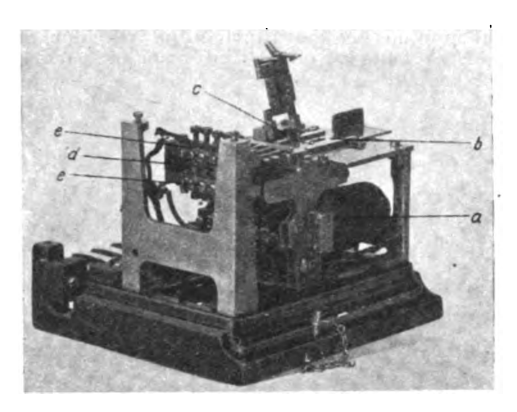


Abb. 30. Streifensender neuer Art (offen).

sind mit fünf Segmenten der Scheibe des Bürstenverteilers verbunden. Der Bürstenverteiler setzt durch ein Segment dem vom Streifensender erhaltenen Fünferzeichen den Anlaufschritt voraus und beschließt es durch ein weiteres Segment mit dem Sperrschritt. Zum Senden des Streifens wird durch eine besondere Taste der Anlaufmagnet (Abb. 31) unter Strom gesetzt. Der Anker des Anlaufmagneten hielt bisher die Verteilerachse *c* fest, die durch Friktion mit der Achse des Antriebmotors gekuppelt ist. Wird der Anker angezogen, so gibt er die Verteilerachse frei und läßt das Büstenpaar *d* umlaufen. Dabei sendet das Bürstenpaar über das Anlaufsegment und den Vollring des Verteilers den Anlaufschritt in die Leitung. Zu gleicher Zeit erhält der Vorschubmagnet des Streifensenders einen Stromstoß und schiebt mit Hilfe des Vorschubrades den Streifen um ein Führungsloch weiter. Die fünf Kontaktzungen geben nun über die fünf folgenden Segmente der Verteilerscheibe und das Bürstenpaar die durch den Lochstreifen gegebenen Stromstöße in die Leitung. Dann folgt selbsttätig der Sperrschritt, und so setzt sich das Spiel weiter fort, bis der Stromkreis des Anlaufmagneten *b* beim Ende des Streifens unterbrochen wird. Die Relais *a* sind für den Geh-Steh-Betrieb auf verlängerten Kanälen bei Mehrfachbetrieb erforderlich.

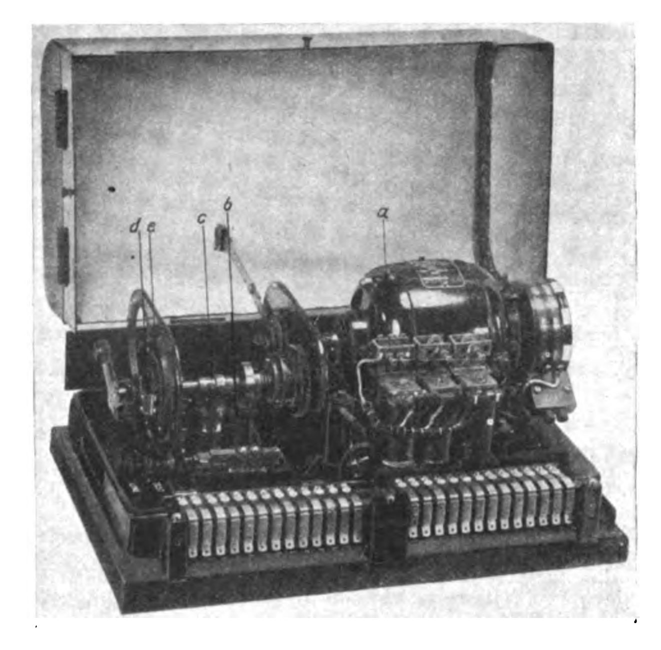


Abb. 31. Verteiler für Streifensender neuer Art.

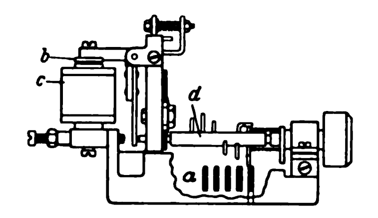
Der Blattdrucker.

Den Forderungen der Presse und der größeren Bank- und Handelsunternehmen nach Empfängern, bei denen die Wiedergabe der Nachricht in Druckschrift auf einem fortlaufenden breiten Papierbande, unter Umständen sogar mit bis zu 14 Durchschlägen erfolgt, so daß die Nachricht gleich zum weiteren Verwendungszweck fertig ist, wird durch den Blattdrucker entsprochen. Der Blattdrucker arbeitet ebenfalls nach dem Geh-Steh-Prinzip und besitzt zum Senden eine gleiche Einrichtung wie der Streifendrucker. Abb. 32 zeigt einen Blattdrucker in Verbindung



Abb. 32. Blattdrucker.

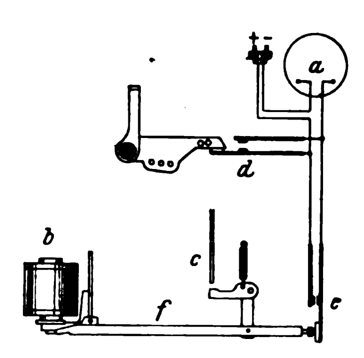
mit einem Handsender. Für Leitungen, in denen nur empfangen wird, werden Apparate ohne Handsender benutzt. Die Arbeitsweise des Empfängers des Blattdruckers gleicht im Prinzip fast der des Streifendruckers, was Druck und Bandvorschub anbelangt. Der Empfangsmechanismus ist dagegen anders. Die Arbeitsweise des Empfangsmechanismus sei hier kurz angedeutet.



a Steuerhebel
b Anker
c Wählmagnet
d Stiftwalze

Abb. 33. Empfangsmechanismus des Blattdruckers.

Der Empfangsmagnet betätigt einen Anker, der den vom Motor angetriebenen Empfängerverteiler steuert (Abb. 33). Der Empfängerverteiler besteht aus einer Kupplungsachse — Empfängerverteilerachse —, wie sie ähnlich der Streifendrucker besitzt, und einer seitlich verschiebbaren Stiftwalze auf der Achse (Abb. 33). Die Stiftwalze wird unmittelbar von dem Anker des Empfangsmagneten gesteuert und macht für jedes Fünferzeichen eine Umdrehung. Sie läuft durch den ankommenden Anlaufschritt an. Die Bewegung der Stiftwalze muß während der Dauer des Fünferzeichens in Gleichlauf mit dem Senderverteiler des sendenden Apparates sein. Ist der Anker des Empfangsmagneten angezogen, so wird die Stiftwalze nach rechts bewegt und der Stift, der sich dem Steuerhebel der Wählschiene gegenüber befindet, nimmt den Steuerhebel mit (Abb. 33). Ist der Anker abgefallen, so wird die Stiftwalze nach links verschoben, und der Stift der Stiftwalze gleitet an dem Steuerhebel vorbei. Die Wählschienen werden je nach der Stellung der Steuerhebel durch Federn verschoben und durch Sperrklinken verriegelt. In den von den Wählschienen gebildeten Einschnitt fällt nun der entsprechende Zugstab, der Druckmechanismus wird betätigt. Der Typenhebel schlägt gegen die Schreibwalze. Der Wähl- und der Druckmechanismus entsprechen bis auf den einfacheren Empfängerverteiler dem des Streifendruckers, nur sind die Wählschienen nicht halbkreisförmig angeordnet sondern sie liegen mit ihren Einschnitten nach oben in einer waagerechten Ebene. Dementsprechend liegen auch die Zugstäbe waagerecht. Diese Anordnung mußte gewählt werden, weil der Blattdrucker für den Abdruck der Zeichen und den Papiervorschub einen Schlitten mit einer Schreibwalze wie die Schreibmaschine besitzt, der sich im hinteren oberen Teil des Empfängers befindet. Der Vorschub des Papiers beim Empfang — also von rechts nach links — geschieht mit Hilfe von Hebeln durch den Druckbügel. Bei der Vorwärtsbewegung des Schlittens wird eine Spiralfeder gespannt, deren Sperrung durch einen besonderen Zugstab beim Druck der Taste für die Wagenrückführung aufgehoben wird und den Schlitten unter Weiterschaltung einer Zeile durch den Druckbügel wieder in die Anfangsstellung zurückführt. Bei Weiterschaltung einer Zeile allein, was ebenfalls nach Drücken der entsprechenden Taste durch einen besonderen Zugstab geschieht, wird die Sperrung der Spiralfeder nicht aufgehoben, sondern der Druckbügel dreht nur mit Hilfe von Hebeln, einer Klinke und einem Steigrade die Schreibwalze um eine Zeile weiter. Nach dem Abdruck des Zeichens werden die verschobenen Wählschienen durch eine Rückstellschiene wieder entriegelt und folgen einem besonderen Hebel in die Ruhestellung. Den Wechsel von Buchstaben auf Zahlen und umgekehrt nehmen zwei Zugstäbe vor, die nach Drücken der entsprechenden Tasten in Tätigkeit treten und den Schlitten entweder heben oder senken. Es kann so das obere oder das untere Feld jeder Type gedruckt werden.



a Motor
b Empfangsmagnet
c Zugstab
d Kontakt 1
e Kontakt 2
f Schiene

Abb. 34. Ein- und Ausschalten des Motors am Blattdrucker.

Der Blattdrucker kann durch ein Einschalt- und Ausschaltzeichen vom Sender aus in Gang oder außer Betrieb gesetzt werden. Am Schluß einer Übermittlung wird die Zahlentaste gedrückt. Der Zugstab für den Zahlenwechsel verschiebt eine zu den Wählschienen parallel verlaufende Schiene, die die Einfallnut für den Zugstab einer weißen Taste freigibt. Wird nun die weiße Taste gedrückt, so fällt ihr Zugstab in die Nut. Der Zugstab wird nach vorn gerissen und öffnet mittels eines Hebels und einer weiteren Schiene den Kontakt 2 für den Motorstromkreis (Abb. 34). Diese Schiene wird durch eine Nase am Anker des Empfangsmagneten gesperrt und am Zurückschnellen verhindert. Durch Unterbrechung des Dauerstromes auf der Leitung durch eine besondere Taste fällt der Anker des Empfangsmagneten ab, die Sperrung der zuletzt erwähnten Schiene wird aufgehoben. Sie folgt der Kraft einer Feder, der federnde Kontakt 2 schließt sich, und der Apparat läuft an. Zur Erhaltung gleicher Geschwindigkeiten der beiden Antriebsmotoren der Gegenämter besitzen die Motoren wie beim Streifendrucker Fliehkraftregler. Die Einstellung der Geschwindigkeit geschieht beim Blattdrucker entweder mit Hilfe eines Stroboskops, oder ein Umdrehungszählwerk wird durch Niederdrücken mit einer Achse gekuppelt. Mittels einer Stoppuhr werden die Umdrehungen dieser Achse während eines vereinbarten Zeitabschnittes (¼, ½ oder ganze Minute) gezählt und der Regler so lange verändert — wie beim Streifendrucker —, bis der Umdrehungszähler die vereinbarte Zahl von Umdrehungen angibt. Die Leistung des Blattdruckers beträgt etwa 450 Zeichen/min.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Das Elektrizitätswerk Kardaun bei Bozen. — Das Werk soll die Wasser des Eisack, der auf dem Brenner entspringt und Zuflüsse aus dem Puster-, Ampezzo- und sonstigen Seitentälern hat, ausnutzen. Es handelt sich hierbei um ein Niederschlagsgebiet von ungefähr 3350 km² (Abb. 1). Aus dem Flusse werden minutlich 80 m³ abgezweigt, indem bei Ponte all' Isarco (Waidbruck) ein Stau-

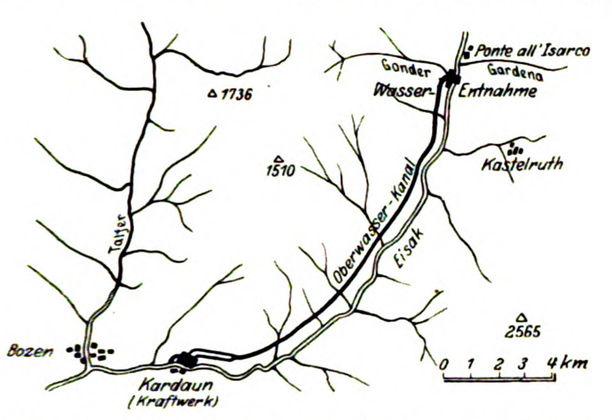


Abb. 1. Lageplan des Staudammes und des Kraftwerkes Kardaun

damm errichtet wurde. Das Kraftwerk befindet sich bei Cardano. Das Gefälle beträgt 160 m; das Staubecken vermag 290 000 m³ zu fassen. Das Wasser wird in einem Tunnel von 36 m² Querschnitt, einer Länge von 16 km und einem Gefälle von 0,75 m/km dem Sammelbecken von 60 000 m³ Fassungsvermögen zugeführt (Abb. 2).

Zum Kraftwerk führen sechs Druckrohre. Fünf von 2,80/2,50 m Dmr. sind bestimmt für die Maschinen von 50 Hz, eins mit gleichmäßigem Durchmesser von 2,50 m für die Anlage von 16⅔ Hz. Die Druckrohre sind bis zu einer Druckhöhe von 120 m vernietet, über 120 m geschweißt und gepanzert. Sie sind an drei Punkten verankert, und hier befindet sich je ein Expansionsflansch.

Die Anlage für 42 und 50 Hz. — Jedes Druckrohr speist eine Generatorgruppe über ein Venturirohr zur Messung der Wassermenge und ein Kugelventil. Die Turbinen sind Francisturbinen (der Soc. per Costruzioni Meccaniche Riva di Milano) mit stehender Achse. Jede Turbine ist für ein Nutzgefälle von 155 m und eine Wassermenge von 25 m³/s gebaut. An der Turbinenwelle beträgt die Leistung 33 750 kW bei 252 ... 300 U/min. Das Schaufelrad hat einen äußeren Durchmesser von 2,60 m

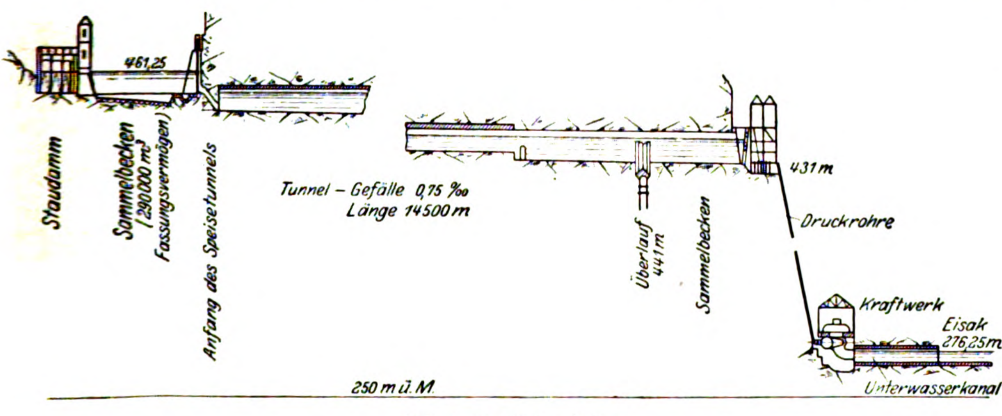


Abb. 2. Profil der Anlage.

und ist aus einem Stück in Bronze (800 kg) gegossen (Abb. 3). Die Generatoren wurden zum Teil von der Comp. Gen. di Elettricità di Milano, zum Teil vom Tecnomasio Italiano Brown Boveri, Mailand, geliefert und leisten je 36 000 kVA bei 252/300 U/min und 42/50 Hz. Die Spannung ist regelbar von 9500 bis 11 000 V. Die Stromerzeuger haben doppelte Erregermaschinen auf der gleichen Achse. Die Gesamthöhe eines Generators über dem Fußboden ist 7 m, der äußere Durchmesser ebenfalls 7 m. Das Gesamtgewicht beträgt rd. 300 t. Das GD^2 des Rotors rd. 1 000 000 kg/m².

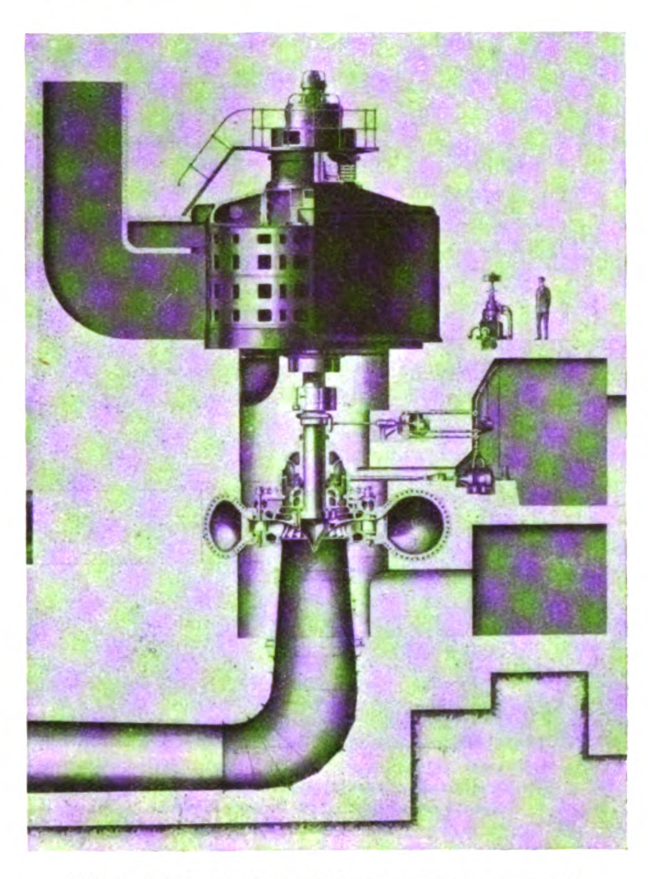


Abb. 3. Schnitt durch das Turbinenmodell von 36 000 kVA der Firma Soc. Riva, Mailand.

Die Drehstromtransformatoren von 36 000 kVA sind Freilufttypen mit Ölkreislaufkühlung. Die Transformatoren sind direkt an die Generatoren ohne Zwischenschalter angeschlossen. Primär sind sie in Dreieck, sekundär in Stern geschaltet. Das Übersetzungsverhältnis ist 11 000/260 000 V. Der Nullpunkt ist herausgeführt, um auch geerdet werden zu können. Jedoch sind die Wandler so gebaut, daß sie auch mit isoliertem Nullpunkt betrieben werden können. Es soll sich daher um die erste Konstruktion der Welt handeln, bei der mit 260 kV ein Betrieb mit isoliertem Nullpunkt möglich ist. Das Gewicht ohne Kühlanlage beträgt etwa 168 t, davon entfallen auf das Öl 57 t. Die Höhe beträgt einschließlich der Isolatoren 10 m. Abb. 4 zeigt den Transformator als Modell.

Der Anschluß an die Sammelschienen erfolgt durch einpolige Ölschalter mit einer Schaltleistung von 2 000 000 kVA. Das Gewicht eines dreipoligen Satzes beträgt 98 t, davon 68 t für das Öl.

Vom Kraftwerk Cardano wird eine 220 kV-Leitung nach Cislago bei Mailand (300 km) führen. Bei 50 Hz beträgt die Ladeleistung rd. 26 000 kVA bei 190 000 V entsprechend 80 A bei $\cos \varphi = 0$ voreilend. Auch die Trans-

formatoren sind von der Comp. Gen. di Elettricità sowie von Brown Boveri geliefert.

Die Hochspannungsleitung besteht aus Hohlseil (Stahl-Aluminium) entsprechend einem Kupferquerschnitt von 200 mm².

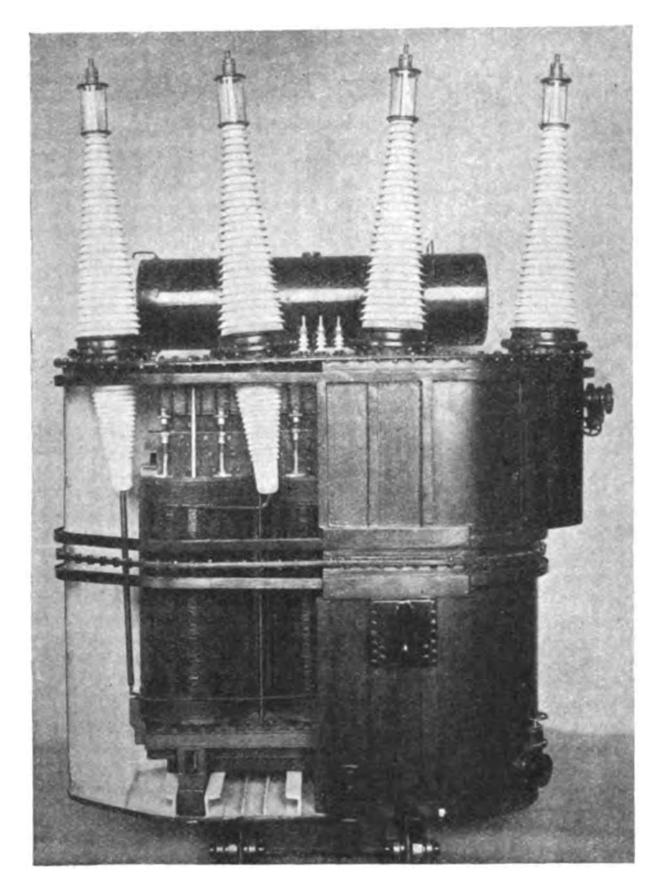


Abb. 4. Modell eines der Transformatoren von 36000 kVA, 11 260 kV der Tecnomasio Brown Boveri, Mailand.

Die Anlage für 16⅔ Hz. — Das Druckrohr für diese Anlage verzweigt sich vor dem Maschinenraum in drei Arme, um drei Gruppen zu speisen. Auch hier sind Venturimesser und Kugelventile eingebaut. Infolge des niedrigen Verhältnisses zwischen mittlerer und größter Last (1 : 7) konnte man keine Francisturbinen verwenden sondern wählte Peltonräder mit Mehrfachdüsen. Vier Düsen für die beiden Turbinen De Pretto E. W., Schio und fünf Düsen für die Turbine von Franco Tosi, Legnano. Bei den Turbinen von De Pretto wird eine der Strahldüsen je nach der Last selbsttätig geöffnet. Bei der Tosi-Turbine geschieht die Regelung aller Strahldüsen gleichmäßig. Die Daten der Turbinen sind:

Wassermenge	9000 l/s
Nutzgefälle	144 ... 152 m
U/min	250
Leistung	11 000 kW
Wirkungsgrad	80% bei ½ Last 85% „ ¾ Last 80% „ ¼ Last.

Auf der stehenden Welle sitzt ein Generator vollkommen geschlossener Bauart mit Luftkühlung und nur einer Erregermaschine. Die Daten jedes Generators sind:

Leistung 9000 kVA, überlastbar bis 13 500 kVA	
Klemmenspannung	4000 V
Periodenzahl	16⅔ Hz
U/min	250
Wirkungsgrad 0,97 bei Vollast und cos φ = 0,75.	

In einer Freiluftstation werden die 4000 V auf 66 000 V transformiert. Jeder Freilufttransformator leistet 8700 kVA und hat Kreislauf-Ölkühlung. Der Drehstrom von 16⅔ Hz wird zum Betriebe der Brennerbahn dienen.

Das Maschinenhaus hat eine Länge von 120 m, eine Breite von 13 m und eine Höhe von 17 m.

Da alle Gruppen zusammen rd. 200 000 kW leisten, wird die Jahreserzeugung etwa ½ Mrd kWh betragen, von denen die Brennerbahn 25 Mill verbrauchen wird. Der übrige Teil wird in der Lombardei und Piemont verteilt. Die Arbeiten begannen Ende 1925. (L'Elettrotecnica Bd. 14, S. 933.) *Rtz.*

Eine amerikanische Speicherbeckenanlage. — Bei der von der Connecticut Light & Power Co. erbauten Pumpenspeicheranlage Rocky River haben eine Reihe von besonders günstigen Umständen die Ausnutzung von einem bei derlei Anlagen außerordentlich niedrig zu nennenden Gefälle ermöglicht. Das Kraftwerk liegt am Housatonic River und nutzt zum Teil das Wasser eines Seitenflusses, des Rocky River, teils das aus dem Housatonic River selbst aufgespeicherte Wasser aus. Zu diesem Zwecke wurde der Rocky River durch einen 1,6 km oberhalb dessen Mündung eingebauten Damm aufgestaut und hierdurch ein Stausee von 16 km Länge und 2,8 km größter Breite mit 21,5 km² Fläche gewonnen, der bei 9,3 m Absenkung 166 Mill m³ nutzbaren Speicherinhalt aufweist. Das Rohgefälle beträgt je nach dem Wasserspiegelstand im Stausee 63 ... 72,3 m. Da das Niederschlagsgebiet des Rocky River selbst nur rd. 45 Mill m³ im Jahre liefert, muß die fehlende Menge aus dem Housatonic River aufgepumpt werden, wozu aus den an das Gesamtnetz angeschlossenen Dampfanlagen bezogene Kraft verwendet wird. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus dem Umstand, daß in der unterhalb am Housatonic River gelegenen 22,5 m Gefälle ausnutzenden Anlage in Stevenson das aufgepumpte Wasser gleichfalls ausgenutzt wird, wodurch der Gesamtwirkungsgrad der Pumpenspeicherung sich von 61 % auf 79 % verbessert.

Eine zweite Wasserkraftanlage oberhalb des Pumpenspeicherwerkes besteht in Bulls Bridge, die gleichfalls den Housatonic River ausnutzt und das Gesamtnetz speist.

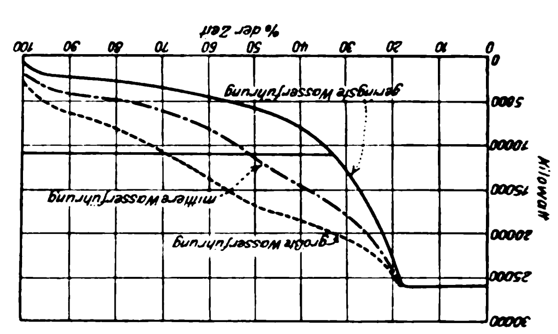


Abb. 5. Jahresdauerlinien der Leistung der Werke Bulls Bridge und Stevenson.

Die Wassermengendauerlinien, umgerechnet in elektrische Leistung, zeigt Abb. 5, in der beide Anlagen, Bulls Bridge und Stevenson, bereits zusammengefaßt sind. Aus denselben errechnet sich die zur Aufbesserung auf eine während des Jahres durchgängig vorhandene Mindestleistung von 11 000 kW notwendige Kraftmenge zu 39,9 Mill kWh im Jahre niedrigster Wasserführung bzw. 9,5 Mill kWh in einem Jahr mit höchster und 22,3 Mill kWh in einem solchen mit mittlerer Wasserführung. Hiervon sind von der Rocky-River-Anlage selbst nur 17,4 Mill kWh zu leisten, wogegen der Rest in der Stevenson-Anlage zusätzlich gewonnen wird. Der Wasserwirtschaftsplan für ein Jahr mittlerer Wasserführung hat demgemäß folgenden Aufbau. Die Gesamtleistung von 17,4 Mill kWh, die auf Rocky River entfällt, entspricht einer Wassermenge von 114 Mill m³; die Jahresabflußmenge des Rocky River stellt sich auf 45 Mill m³, wovon 24 Mill als zu einer Zeit, wo in Stevenson die volle Ausbaumenge vorhanden ist, abfließend nur durch die Speicherung überhaupt ausnutzbar sind. Der Rest von 69 Mill m³ muß aufgepumpt werden; hiervon entfallen wiederum 38 Mill m³ auf ohne Speicherung nicht verwertbares Überwasser des Housatonic River. Eine noch wertvollere Verwendung ist natürlich im Bereiche des Gesamtnetzes möglich, wenn das Speicherwasser für reine Spitzendeckung verwendet wird.

Die wasserbaulichen Anlagen umfassen außer dem bereits erwähnten Staudamm und Speicherbecken den 1 km langen zum eigentlichen Entnahmebauwerk führenden offenen Oberwasserkanal, das Entnahmebauwerk selbst und die Druckrohrleitung, deren oberer rd. 1 km langer Teil als hölzerne Leitung mit 0,5 % Gefälle und 4,5 m Dmr. ausgeführt ist; am Ende des Holzrohres ist ein Pufferturm angeordnet, von wo die eiserne Druckleitung mit von 4,1 auf 3,5 m abnehmendem Dmr. zum zur Zeit einen 30 000 kVA-Generator und 2 je 8100 PS-Pumpen enthaltenden Maschinenhaus führt. Das Maschinenhaus kann für die Aufnahme einer zweiten 30 000 kVA-Generatorgruppe erweitert werden, im Falle deren Aufstellung auch eine zweite Druckrohrleitung verlegt werden muß, zu deren Einbindung die notwendigen Paßstücke bereits jetzt ein-

gebaut wurden. Abb. 6 zeigt den Querschnitt des Maschinenhauses im jetzigen Ausbau. Jede Pumpe fördert 7 m³/s und wird von einem Drehstromsynchronmotor für 13 200 V, 7900 kVA, 60 Hz, 327 U/min angetrieben. Die Motoren sind für Betrieb mit 0,8 voreilendem Leistungsfaktor eingerichtet. Der Generator erzeugt Drehstrom von 13 900 V, der in einer Freiluftstation auf 66 kV hinauftransformiert und in das allgemeine Verteilungsnetz geliefert wird. Der Generator ist mit unmittelbar aufgebauter Erregermaschine ausgerüstet, wogegen die Mo-

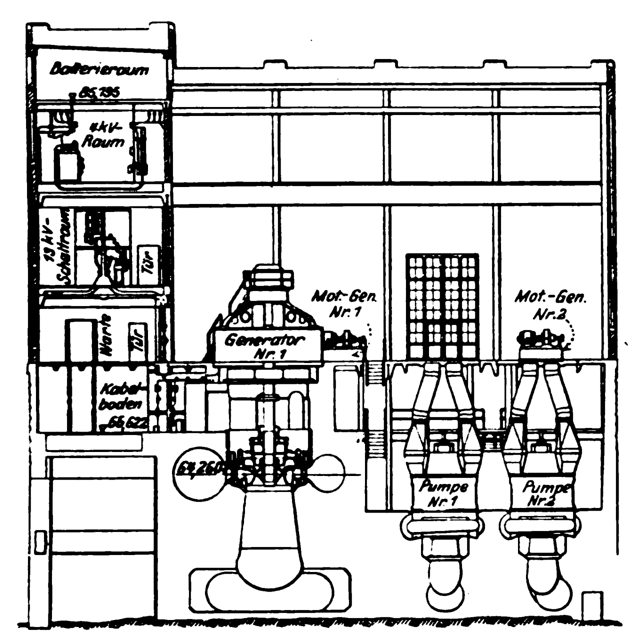


Abb. 6. Schnitt durch das Maschinenhaus, Rocky River.

toren ihren Erregerstrom aus zwei Motorgeneratorgruppen empfangen, welche im Notfalle auch Erregerstrom für den Generator abgeben können. Der für den Pumpenbetrieb benötigte Strom wird aus dem Netz über den bei Stromabgabe mit dem Generator zusammengeschalteten Transformator bezogen, der auf der Unterspannungsseite mit den für das Anlassen der Pumpenmotoren notwendigen Anzapfungen ausgestattet ist und beim Pumpenbetrieb vom Generator, mit dem er im übrigen eine Betriebseinheit bildet, abgetrennt wird. (E. J. Amberg, El. World Bd. 91, S. 959.) *Bp.*

Elektromaschinenbau.

Gleichstrom-Hochspannungsmaschine. — S. R. Bergmann beschreibt eine Maschine, über welche bereits in dieser Zeitschrift berichtet wurde[1]. Die Maschinen sind unterdessen bis zu 150 kW und 15 000 V ausgeführt worden. Eine Änderung in der Konstruktion der Maschine seit der vorgenannten Veröffentlichung hat nur insofern stattgefunden, als die Statornuten durch Pakete von weichem Eisendraht, welche durch ein Isoliermittel zusammengehalten werden, geschlossen sind. Die erstaunlich hohe Spannung und Leistung der Maschine sind einerseits zurückzuführen auf die Verwendung der bekannten Kompensationswicklung im Stator, wie sie Déri vorgeschlagen hat und wie sie für Gleichstrom-Turbogeneratoren allgemein angewandt wird, außerdem offenbar auf eine außergewöhnlich gute fabrikationsmäßige Ausführung durch die Erbauerin der Maschine, die General Electric Co. (S. R. Bergmann, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 596.) Schrb.

Über das Schlitzen von Stromwender- und Schleifringbürsten. — Bei Maschinen mit dauernd aufliegenden Schleifringbürsten und auch bei Stromwendern ist es wichtig, daß die Bürsten dauernd einen innigen Kontakt mit der Schleiffläche herstellen. Als sehr erfolgreich hat sich in dieser Beziehung das Schlitzen der Lauffläche von Schleifring- und Stromwenderbürsten (SSW-Patent DRP. 223 165) gezeigt. Durch das Schlitzen werden einerseits die Abkühlungsverhältnisse der Bürste verbessert, anderseits wird dadurch die rasche Beseitigung von abgerissenen Bürsten-, Schleifring- oder Stromwenderteilchen ermöglicht. Ein weiterer Vorteil scheint darin zu liegen, daß die unter der Bürste durch die unvermeidlichen kleinen Lichtbogen entstehenden Gase leichter entweichen können. Messungen der Übergangsspannung von Bürsten mit verschiedenen Laufflächen an Turboschleifringen zeigten den Vorteil des Schlitzens der Bürstenlauffläche (Abb. 7). Die Versuche wurden an Stahlringen bei 65 m/s Umfangs-

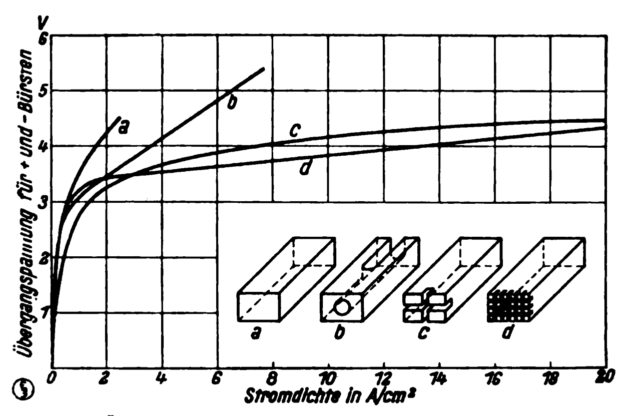


Abb. 7. Übergangsspannung bei verschiedenen Bürstenlaufflächen Ringumfangsgeschwindigkeit: 65 m/s. Bürstenmarke Nr. 22.

geschwindigkeit durchgeführt. Die Ringe wurden mit je einem Halter und zwei Elektrographitbürsten besetzt. Die Ergebnisse sind in Abb. 7 zusammengestellt. Ein weiterer bemerkenswerter Vorteil des Schlitzens besteht noch darin, daß diese Bürsten erfahrungsgemäß schnell einlaufen, was besonders bei schlecht zugänglichen Bürsten und bei betriebsmäßigem Auswechseln von Bürsten sehr wichtig ist. (J. Kozisek u. R. Feichtinger, Siemens-Z. Bd. 9, S. 206.) *Sb.*

Apparate.

Schub-Trennschalter. — Bei der Auslegung von Kabelzellen, besonders in großstädtischen Unterwerken, erwachsen vielfach räumliche Schwierigkeiten infolge Berücksichtigung des vorschriftsmäßigen Spannungsabstandes, der auch für das ausgeschaltete Messer des Trennschalters eingehalten werden muß. Es ergibt sich daraus eine größere Bemessung der Kabelzelle, als mit Rücksicht auf den Kabelendverschluß erforderlich wäre. Bei Zellen für Einzelkabel wird die Tiefe ungünstig beeinflußt, bei Zellen für zwei Kabel die Zellenbreite. Dies kann unter Umständen zu ganz beträchtlichen Raumschwierigkeiten führen. Man denke nur z. B. an zwei einander gegenüberstehende Zellenreihen für Einzelkabel. Würden für die Abmessungen der Zellen nur die geschlossenen Trennschalter in Betracht gezogen werden, so ergäbe sich bei Reihe 20 eine Ersparnis von nahezu ½ m, genauer 2 · 21,5 cm nach Abb. 8, die für den Bedienungsgang zur Verfügung stünden. Bei Verwendung von Zellen für je zwei Kabel würde die Ersparnis für jede Zelle in der Breite diesen Betrag annehmen, so daß im gleichen Raume rd. 30 % mehr Zellen untergebracht werden können.

Abb. 8. Raumersparnis bei Zelle für Einzelkabel-Schub-Trennschalter gegenüber normalem Trennschalter, Reihe 20.

Um diesen Übelstand zu beseitigen, hat das Sachsenwerk eine neuartige Trennschaltertype, den sogenannten Schub-Trennschalter, entwickelt (DRP. angem.), bei dem die Bewegung des eigentlichen Schaltelementes in der Leitungsrichtung, also axial erfolgt. Hierfür steht im

[1] ETZ. 1924, S. 582.

allgemeinen genügend Platz zur Verfügung, so daß irgendwelche Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dieser Konstruktionsart nicht zu erwarten sind. Abb. 9 zeigt einen solchen dreipoligen Schub-Trennschalter. Er besteht aus einem kräftigen Flußeisenrahmen, der die Anschlußisolatoren trägt. Diese sind für den vorliegenden Zweck meist als Stützer ausgebildet, tragen die erforderlichen Leitungsanschlußstücke und sehen bis 600 A Nennstrom die Verwendung konzentrischer Klemmen vor. Die eine Isolatorenreihe besitzt federnde Kontakte, u. zw. gelangen z. Z. die beim Sachsenwerk seit langem gebräuchlichen Ölschalter-Fingerkontakte zur Verwendung, die sich an einen leicht konisch gehaltenen Gegenkontakt weich und federnd gleichmäßig anschmiegen und eine einwandfreie Kontaktgabe verbürgen. Die Gegenkontakte sind dafür als messerartige Steckkontakte ausgebildet.

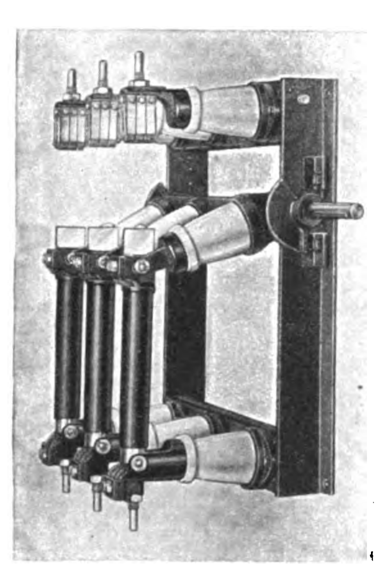


Abb. 9. Schub-Trennschalter offen. Reihe 10. 600 A Nennstrom.

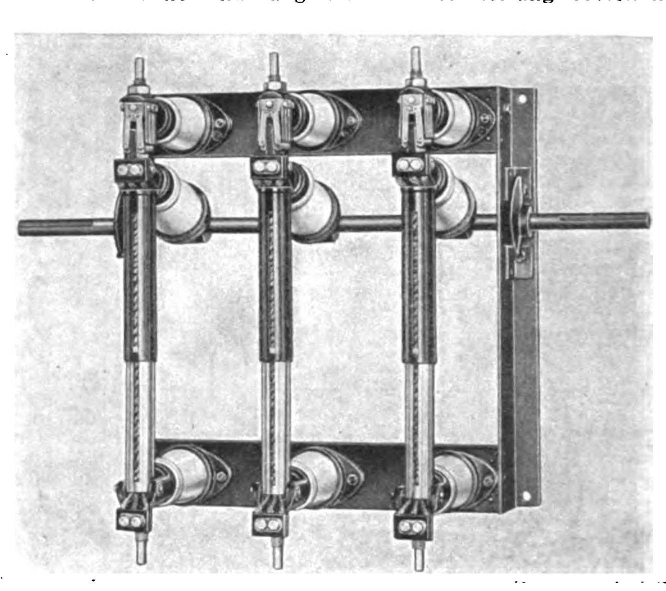


Abb. 10. Schub-Trennschalter geschlossen. 600 A Nennstrom.

Zwischen den beiden Reihen von Anschlußisolatoren ist im Rahmen eine beiderseits mit Vierkantwellenstumpf versehene durchgehende Welle gelagert, die also wahlweise von jeder der beiden Seiten aus betätigt werden kann. Auf dieser Welle sind drei Stützer befestigt, in deren Kontaktträgern die vorhin erwähnten Gegenkontakte gelenkig gelagert sind. Sie bestehen aus Messing und sind mit den Klemmen der feststehenden Stützerreihe durch weiche, flexible Kupferlitzenseile verbunden. Diese bestehen aus feinsten Kupferfäden und sind innerhalb zweier übereinander verschiebbarer, geschlitzter Stahlrohre untergebracht (Abb. 10). Von den beiden Stahlrohren ist das weitere (äußere) mit dem gelenkig gelagerten Kontaktstück der beweglichen Isolatoren fest verbunden. Das engere, innen gelegene Stahlrohr ist mit seinem entgegengesetzten Ende in den Kontaktträgern der feststehenden Isolatorenreihe gelenkig befestigt. Wenn nun die beweglichen Stützer in Richtung der Leitungsführung geschwenkt werden, so kommen die Schalterkontakte miteinander in oder außer Eingriff. Hierbei verschiebt sich das äußere, axial bewegliche Stahlrohr teleskopartig gegen das innere, und die spiralartig verbundenen Litzenseile darin schieben sich enger zusammen oder weiter auseinander.

Die Trennschalterwelle trägt beiderseits kräftige Segmente (Abb. 9), die zusammen mit genau einstellbaren Endanschlägen am Rahmen selbst die Schaltbewegung in beiden Richtungen sicher begrenzen und die Isolatoren vor der Aufnahme harter Schläge schützen. Die beiden ineinander gleitenden Stahlrohre sind durch die Kupferlitzenseile von der Stromführung praktisch vollkommen entlastet, so daß irgendwelche unzulässige Erwärmungen an den Gleitflächen nicht auftreten können.

Diese Schub-Trennschalter, die u. a. für die Berliner Elektrizitätswerke A. G. laufend gebaut werden, werden z. Z. einschließlich Reihe 20 und bis 600 A Nennstrom ausgeführt[1]. L. Kumlik.

[1] Eine vereinfachte Konstruktion der Schub-Trennschalter ist in den Sachsenwerk-Mitt. 1929, H. 1, beschrieben.

Relais für den Schutz von Netzkuppelungsleitungen. — Die Verbindungsleitungen zwischen großen Kraftwerken legen dem Relaisschutz besonders schwere Bedingungen auf, wenn es sich um ganz große Kraftwerke handelt. An die Relais sind folgende Anforderungen zu stellen:

Die Hauptbedingung ist schnelle Klärung des Fehlers. Es werden dadurch unnötige Branderscheinungen vermieden, anderseits verhindert, daß das ganze System unstabil wird. Daher ist der Schutz durch abhängige Stromzeitrelais nicht wünschenswert, wenn er auch manchmal nötig oder ausreichend ist. Die gesamte Anordnung muß eine Freizügigkeit in der Handhabung des Netzes gestatten. Der Schutz muß auch vollkommen sein, wenn irgendein Anlagenteil außer Betrieb genommen ist, und soll ohne Änderung der Relaiseinstellung bestehen bleiben, wenn eine große Leistungseinheit außer Betrieb genommen wird. Das anfänglich gewählte Schutzsystem soll unbegrenzte Ausdehnung ohne Umänderungen des Schutzes gestatten. Es soll auf Kupplungsleitungen zwischen den Netzen befriedigend arbeiten, ohne daß zu große Änderungen an dem vorhandenen Schutzsystem der zu speisenden Netze vorzunehmen sind. Das Schutzsystem muß gegen Sammelschienenfehler schützen. Ferner muß ein Rückversicherungsschutz vorgesehen werden, womit gemeint ist, daß das Schutzsystem den Fehler, wenn auch etwas später, abschaltet, wenn der Ölschalter, der eigentlich abschalten soll, gestört ist. Der Einfachheit halber sollen der Sammelschienenschutz und der Rückversicherungschutz mit denselben Mitteln erreicht werden. Spannungswandler sind möglichst zu vermeiden, nicht nur wegen der Kosten sondern wegen der Zufälligkeiten, die sie in die Anlage hereintragen. Billigkeit beim Schutzsystem ist zwar erwünscht; da jedoch Hochspannungsleitungen verhältnismäßig teuer sind, und die Schutzsysteme andere Ausgaben an Hochspannungsausrüstung sparen, ist doch die beste Sparsamkeit, wenn man das ganze Objekt betrachtet, ein teures Schutzsystem.

Um die Bedürfnisse der neuen Kupplungsleitungen zu befriedigen, wurden neue Wege der Anwendung der üblichen Relais gefunden und auch ganz neue Relais geschaffen, nämlich

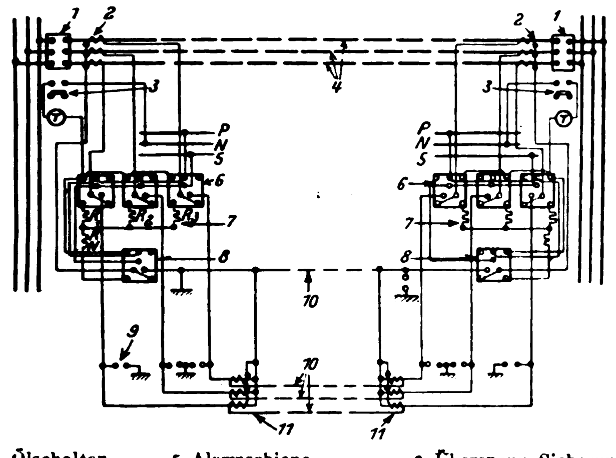
zum Schutz gegen Kurzschluß:
1. Impedanzrelais für geringere Ansprechstromstärke,
2. Fehlerüberstrom- und Unterspannungsrelais;

zum Schutz gegen Erdschluß:
3. unabhängig verzögerte Richtungsrelais mit Phasenkompensation im Spannungskreis,
4. unabhängig verzögerte Stromrichtungsrelais,
5. abhängig verzögerte Stromrichtungsrelais,
6. abhängig verzögerte Richtungsrelais mit Phasenkompensation im Spannungskreis.

Die Anwendung der neuen Methoden und Mittel soll im folgenden unter kurzer Bezugnahme auf die schon gebräuchlichen Methoden beschrieben werden.



Schutz gegen Kurzschluß zwischen zwei Phasen. — Die Natur der Hochspannungs-Kupplungsleitungen ist derart, daß jedes Relaissystem Schwierigkeiten in der Erfüllung der oben genannten Bedingungen macht. Der Zweck der Kupplungsleitungen ist im allgemeinen der Energieaustausch, und vielerlei Ursachen können periodische Änderungen in der Lage der gekuppelten Kraftwerke hervorbringen. Diese Änderungen können täglich auftreten, entsprechend den Belastungsbedingungen, oder mit der Jahreszeit, entsprechend der verfügbaren Generatorleistung. Der Erfolg ist eine Änderung der Größe des Fehlerstromes, nicht nur entsprechend der Änderung der insgesamt sich in Betrieb befindenden Maschinenleistung sondern auch in der Änderung der Lage der Generatorleistung im Netz. Es ist daher ganz begreiflich, daß an einigen Netzpunkten der Fehlerstrom manchmal unter gewissen Umständen kleiner ist als der normale Betriebstrom.

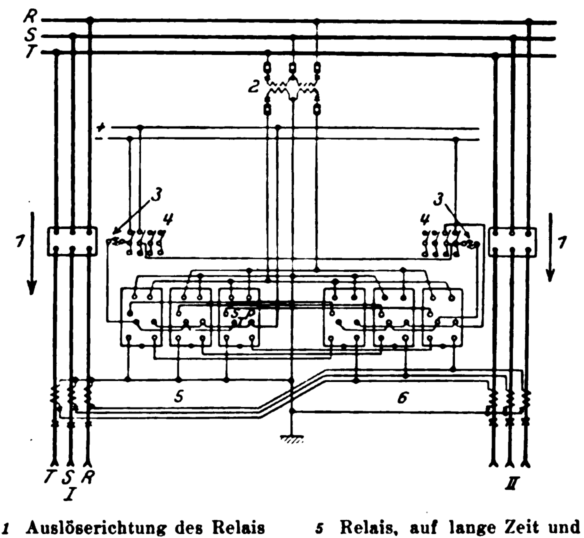


1 Ölschalter
2 Stromwandler
3 Auslösespule
4 Hochsp.-Leitung
5 Alarmschiene
6 Differentialrelais
7 Ausgleichwiderstand
8 Erdschlußrelais
9 Überspann.-Sicherung
10 Hilfsleitungen
11 Isolierstromwandler

Abb. 11. Ausgeglichener Hilfsleiterschutz mit Differentialrelais.

Hilfsleitungschutz. — Um einen Fehler in kürzester Zeit abzuschalten, liegt theoretisch wenigstens wahrscheinlich die beste Lösung beim Differentialschutz für Sammelschienen und beim Schutz mittels Hilfsleitungen. Abb. 11 zeigt ein Hilfsleitersystem, das einige Vorteile bietet. Es ist dies ein Stromverlaufschema, bei dem die von den Wandlern verlangte Leistung relativ klein ist. Eine Unterbrechung in den Hilfsleitungen bringt die Relais zum Ansprechen, ob es nun Fehler innerhalb oder außerhalb des Abschnitts sind. Die Schaltung ist insofern neu, als 4 Ausgleichwiderstände anstatt 3 angeordnet sind mit dem Erfolg, daß der Ausgleich bestehen bleibt ohne Rücksicht darauf, ob der Fehler zwischen zwei Phasen oder zwischen einer Phase und Erde vorliegt. Man kann dadurch mit Erdschlußrelais niedriger Stromeinstellung arbeiten und so die Empfindlichkeit des Schutzes erhöhen. Obgleich die Hilfsleiterschaltungen für Schutzsysteme sich dem Ideal sehr nähern, wird ihre Anwendung durch die Schwierigkeit der Herstellung und Instandhaltung dieser Hilfsleitungen doch auf sehr kurze Leitungen beschränkt Die periodischen Untersuchungen, die bei allen Schutzschaltungen nötig sind, sind bei dieser Schaltung ziemlich verwickelt. Ein weiterer Nachteil ist, daß für den Rückversicherungschutz ein weiterer Satz Relais verwendet werden muß.

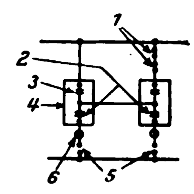
Der Schutz für parallele Leitungen. — Die günstige Charakteristik des in Abb. 11 verwendeten selektiv wirkenden Differentialrelais macht es für den Schutz von zwei parallelen Leitungen geeignet, wenn diese an beiden Enden Stromquellen haben. Das Relais löst den Schalter bei Ungleichheit der Ströme in beiden Leitungen aus, u. zw. in der Leitung, in der der stärkere Strom fließt. Ist nur eine Leitung in Betrieb, so wird gewöhnlich das Differentialrelais unwirksam gemacht und dafür ein anderes Relais in Tätigkeit gesetzt. Die Differentialrelais werden daher gewöhnlich zusammen mit Überstrom oder Überstromrelais mit Richtungswirkung angewendet, wobei die Differentialrelais bei Einphasenbetrieb unwirksam gemacht werden. Die anderen Relais für den Rückversicherungschutz dienen gleichzeitig als Schutz gegen Sammelschienenfehler. Der Schutz von Parallelleitungen nähert sich also dem Schutz mit Hilfsleitungen, solange die Leitungen parallel betrieben werden. Ist nur eine Leitung in Betrieb, so steigen die Auslösezeiten, da eine selektive Staffelung einsetzen muß. Da bei vielen Betriebszuständen eine weitere Stromquelle rückwärts auf den Fehler arbeitet, muß bei Betrieb auf einer Leitung der Rückversicherungsschutz Richtungswirkung haben. Für diesen Fall sind über Kreuz geschaltete Überstrom- oder Richtungsrelais anwendbar. Eine Schaltung dieser Art zeigt Abb. 12. Jedes



1 Auslöserichtung des Relais
2 Spannungswandler
3 Auslösespule
4 Hilfskontakte
5 Relais, auf lange Zeit und hohen Strom eingestellt
6 Relais, auf kurze Zeit und niedrigen Strom eingestellt

Abb. 12. Schutz für zwei parallele Leitungen I und II.

Relais besteht aus einem Richtungselement und einem Überstromelement. Die Kontakte beider liegen in Reihenschaltung. Die gemeinsamen Punkte der beiden Kontakte werden an eine besondere Klemme gelegt. Die Richtungselemente beider Relaissätze arbeiten praktisch momentan: Das Überstromrelais in dem einen Satz erhält eine kurze Zeiteinstellung bei niedriger Stromstärke, während das andere eine Einstellung auf lange Zeit bei hoher Stromstärke erhält. Abb. 13 zeigt das Schema der Auslösestromkreise.



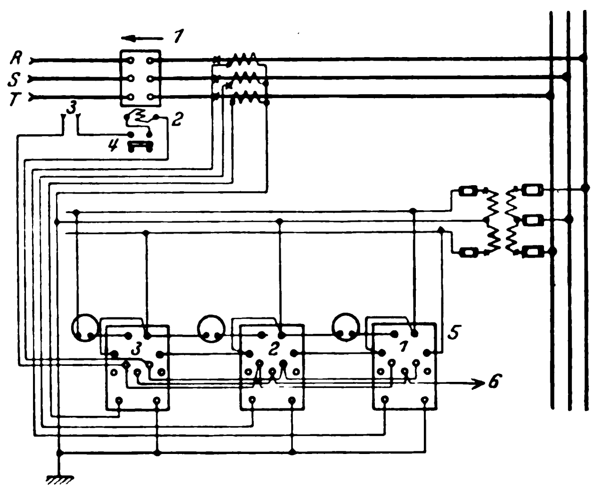
1 Ölschalter-Hilfskontakte
2 Kontakte der Richtungsrelais
3 Überstrom-Kontakt
4 Stromrelais für kurze Zeit und niedrigen Strom
5 Ölschalter-Hilfskontakt
6 Auslösespulen

Abb. 13. Auslösestromkreis aus Abb. 12.

Der Nachteil dieser Gleichgewichtschutzarten, die den Fehler schnell herausschalten, ist, daß sie keinen Rückversicherungschutz oder Sammelschienenschutz ermöglichen, ohne daß besondere Relais hierfür angeordnet werden. Außerdem steigt die Auslösezeit bei Betrieb mit einer Leitung, wenn auf dieser ein Fehler vorkommt. Die Überkreuzverbindungen sind schwierig, desgleichen die Prüfung und die Kontrolle. Hinzu kommt, daß die Richtungsrelais einen Spannungsanschluß verlangen. Dieser Nachteil ist jedoch nicht schwerwiegend, da Spannungswandler meist vorhanden sind.

Impedanzrelais. — Das Anordnen dieser Relais befriedigt viele der Forderungen, die für den Betrieb von Kupplungsleitungen aufgestellt wurden. Besonders ist es richtig, daß eine zusätzliche Vermaschung die Auslösezeiten nicht heraufsetzt noch das Relais die Schutzsysteme und die Ausbildung des Netzes beeinflußt. Die Auslösezeiten addieren sich nicht. Sammelschienenschutz, schnelle Auslösung und der Schutz von Einfachleitungen sind gesichert. Bei Einfach- oder Doppelleitungen löst das Impedanzrelais ebenso schnell aus wie das Differentialrelais, wenn der Fehler nahe an den Leitungsenden sitzt. Liegt der Fehler in der Mitte eines Abschnitts, so wird der Fehler in 0,4 s im Mittel geklärt. Unter guten Betätigungsbedingungen klärt das Differentialrelais im allgemeinen etwas schneller. Anderseits aber arbeitet das Impedanzrelais gleicherweise, ob es eine Einfach- oder Doppelleitung ist, und ist auch unab-

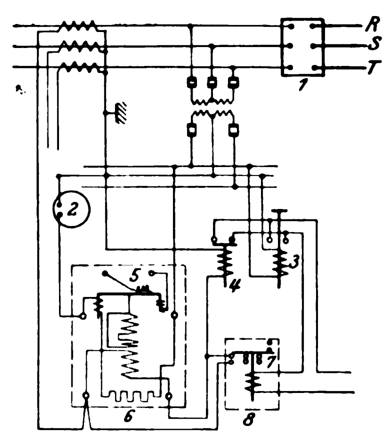
hängig von anderen Arbeitsbedingungen. Abb. 14 zeigt das typische Impedanzrelais-Schaltbild. Wird es in dieser Weise angewendet, schützt das Relais nur gegen Kurzschlüsse zwischen den Phasen, jedoch nur in geringerem Maße gegen Fehler Phase gegen Erde. Das Anwenden von Spannung beim Impedanzrelais ist ein Nachteil, über den hinwegzukommen ist, wie früher schon erwähnt; man muß Spannungswandler anwenden. Über eine andere Methode, ohne Spannungswandler die korrekte Spannung für die Relais zu erhalten, wird berichtet.



1 Auslöserichtung 2 Auslösespule 3 Gleichstromkontakte 4 Hilfspule 5 Richtungsrelais 6 Alarm

Abb. 14. Impedanzschutz gegen Kurzschluß.

Die Arbeitsweise der Relais bei Fehlern mit geringer Stromstärke. — Um die Relais in ihrer Arbeitsweise den Bedingungen der Kuppelleitungen anzupassen, müssen sie bei Fehlerströmen arbeiten, die kleiner als die Vollastströme sind. Um diese Bedingung zu erfüllen, ist eine Vorrichtung zum Entdecken von Fehlern entwickelt worden; sie besteht aus einem Unterspannungs- und einem Überstromelement in jeder Phase. Die Kontakte dieser Elemente, zwei für jede Phase, im ganzen sechs, sind parallel geschaltet, so daß jede Bedingung, sei es Unterspannung oder Überstrom, die Relaiskontakte schließt. Das Überstromelement wird so eingestellt, daß es bei 125 % Vollaststrom anspricht. Diese Stromrelais sprechen also nur an, wenn starke Kurzschlußströme fließen. Die Unterspannungsrelais werden auf rd. 75 % der Nennspannung eingestellt. Beide Relais sind einstellbar. Abb. 15 zeigt eine Schaltung für diese Einrichtung zum Erkennen des Fehlers.



1 Ölschalter
2 Widerstand
3 Unterspannungsrelais
4 Überstromrelais
5 Auslösekontakt
6 Impedanzrelais
7 zum Kurzschluß der Stromspulen der Relais in den anderen Phasen
8 Hilfsrelais

Abb. 15. Stromlauf für Impedanzrelaisschutz, wenn der Ansprechstrom kleiner ist als der Vollaststrom.

Bei dieser Schaltung ist das Arbeiten des Leitungschutzrelais bei starker Belastung verhindert, da die Stromspulen kurzgeschlossen sind. Die Anregungsrelais schließen, wenn sie stromlos werden, durch die Gegenkontakte des Hilfsrelais das Leitungsrelais kurz. Die Fehlerbedingungen auf der Leitung lassen die Kontakte eines oder mehrerer Anregungsrelais sich schließen, sie erregen das Hilfsrelais, und dieses hebt den Kurzschluß des Impedanzrelais auf, das dann zu arbeiten beginnt. Damit fangen alle Impedanzrelais an zu arbeiten und klären den Fehler in der üblichen Weise. Sie erhalten eine 1 A-Wicklung und werden an 5 A-Wandler angeschlossen. Der Vorteil dieser Schaltung ist weiter der, daß unter bestimmten Betriebsbedingungen durch den Kurzschluß der Wicklung die Last vom Stromwandler fortgenommen wird.

Relais für Fehler Phase gegen Erde. — Die Vorteile dieser Relais sind:

a) Erdschlußrelais sprechen auf Restströme an und können daher eine empfindlichere Einstellung bekommen als die Kurzschlußrelais.
b) Diese empfindliche Einstellung ist nötig, da die Größe der Erdschlußströme unter die Kurzschlußströme gesenkt werden kann, entweder durch Einfügen einer Impedanz in die Nullpunktleitung der Transformatoren oder durch einen Widerstand an der Fehlerstelle selbst oder durch den hohen Erdwiderstand der Stromwege auf der Rückkehr zum Nullpunkt.
c) Ein großer Prozentsatz von Fehlern auf Übertragungsleitungen verursacht das Auftreten von Erdschlußströmen. Da nun diese Erdschluß-Reststromrelais sehr schnell arbeiten, wächst die Geschwindigkeit, mit der ein großer Prozentsatz von Fehlern geklärt wird.
d) Wird ein solches Relais verwendet, so wirkt es in Beziehung auf Kurzschlüsse als Rückversicherungsschutz.
e) Bei gewissen Netzarten ist ein Überstromreststrom-Zeitrelais anwendbar, da das dem Fehler am nächsten liegende am schnellsten arbeitet.

Die Verteilung der Erdschlußströme. — Die Verfasser gehen dann auf die Verteilung der Erdschlußströme im Netz ein, befassen sich dabei aber hauptsächlich mit den Vorgängen in fest oder über Widerstände geerdeten Netzen, geben verschiedene Schaltungen der Erdschlußzeitrelais an und beleuchten ihre Vorteile. Da solche Netze bei uns bisher nicht vorhanden sind, soll auf die Wiedergabe dieser Erörterungen verzichtet werden.

Die gesamte Arbeit gibt eine gute Übersicht über die Entwicklung der Schutzsysteme in Amerika. Sie haben sich anscheinend auf gesunder Basis unter Anfügen an das Hergebrachte weiter entwickelt. Die Zusammenfassung zeigt, daß man in Amerika jetzt vor denselben Schwierigkeiten steht wie wir in Europa, und es bleibt abzuwarten, zu welchem Erfolg die neu eingeschlagenen Wege führen. (L. N. Crichton u. H. C. Graves, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 143.) *M. Schl.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Einfache Kompensationsschaltung zur Messung der Kapazität und des dielektrischen Verlustwinkels. — W. Geyger hat in früheren Arbeiten[1] ein einfaches Kompensationsmeßverfahren angegeben, welches ermöglicht, Kapazität und dielektrischen Verlustwinkel von Kondensatoren und Kabeln ohne Zuhilfenahme eines Vergleichskondensators zu messen. Die hierzu benutzte Kompensationsschaltung, bei der ein eisenfreier Transformator (Lufttransformator) zur Darstellung eines Phasenwinkels von 90° verwendet wird, stellt eine Stromverzweigung dar, deren Zweigströme bei abgeglichener Meßanordnung um 90° in der Phase gegeneinander verschoben sind. Die primäre Spule des Lufttransformators ist in den ersten, einen Induktivitätsvariator enthaltenden Zweig (Spulenzweig) eingeschaltet, während die sekundäre Spule über das Nullinstrument an einen im zweiten, das Meßobjekt (Kondensator oder Kabel) enthaltenden Zweig (Kondensatorzweig) liegenden Kompensationswiderstand angeschlossen ist. Die Verwendung des im Spulenzweig vorgesehenen, zur Phasenabgleichung dienenden Induktivitätsvariators kann, besonders wenn kurz hintereinander Verlustwinkel von sehr verschiedener Größe gemessen werden sollen, zu Unbequemlichkeiten und unter Umständen (z. B. bei der Messung verhältnismäßig großer Verlustwinkel oder, wenn bei höheren Betriebspannungen gemessen werden soll) zu erheblichen experimentellen Schwierigkeiten führen. Im Anschluß an die genannten Arbeiten wird vom Verfasser neuerdings gezeigt, wie in solchen Fällen durch geeignete Abänderung der beschriebenen Kompensationsschaltung Verbesserungen erzielt werden können.

In Abb. 16 ist die abgeänderte Schaltung dargestellt. Wie bei der ursprünglichen Meßanordnung ist die primäre Spule S' des Lufttransformators in den Spulenzweig der Stromverzweigung eingeschaltet, während die sekundäre Spule S'' über das Nullinstrument N an einen im Konden-

[1] W. Geyger, Arch. El. Bd. 12, S. 370 (ETZ 1923, S. 1096); Bd. 14, S. 560 (ETZ 1925, S. 1492).



satorzweig liegenden Kompensationswiderstand *r* angeschlossen ist. Der Spulenzweig enthält jedoch an Stelle des bei der ursprünglichen Anordnung erforderlichen Induktivitätsvariators einen zur Phasenabgleichung dienenden Kondensator *C* von veränderbarer Kapazität sowie einen zur Erzielung günstigster Phasenverhältnisse vorgesehenen festen Hilfskondensator C_h und setzt sich in der aus Abb. 16 ersichtlichen Weise aus den drei Zweigen

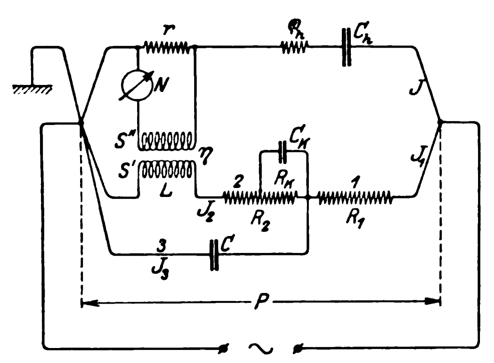


Abb. 16. Kompensationsschaltung zur Messung der Kapazität und des dielektrischen Verlustwinkels.

1, 2, 3 zusammen. Nach Abgleichung der Meßanordnung läßt sich die Kapazität des Meßobjektes aus der gegenseitigen Induktivität des Lufttransformators, dem gesamten Ohmschen Widerstand des Spulenzweiges und dem Widerstandswert des Kompensationswiderstandes berechnen. Der dielektrische Verlustwinkel δ bzw. der zur Kennzeichnung der dielektrischen Energieverluste allgemein gebräuchliche Wert tg δ ergibt sich bei geeigneter Wahl der Versuchsverhältnisse aus der Gleichung:

$$\text{tg}\,\delta = \text{konst.} \cdot C.$$

Wird für *C* ein Dekaden-Kurbelkondensator benutzt und werden die Widerstandswerte des Spulenzweiges entsprechend der jeweilig benutzten Frequenz bemessen, so ergibt — ähnlich wie bei der Hochspannungsmeßbrücke nach Schering[1] — die Ablesung am Dekadenkondensator in Mikrofarad, geteilt durch 10, unmittelbar den Wert tg δ. Selbstverständlich können die Widerstandswerte des Spulenzweiges auch so bemessen werden, daß der Verlustwinkel δ am Kondensator *C* direkt in Winkelminuten abgelesen werden kann. (W. Geyger, Arch. El. Bd. 21, H. 6, S. 259.)

Beleuchtung.

Der augenblickliche Stand der Flugbeleuchtung in den V. S. Amerika. — Eine ausführliche Übersicht über den augenblicklichen Stand der vielseitigen Beleuchtungseinrichtungen im amerikanischen Flugwesen[2] geben uns Basselt, Cost, Leinroth und Ritchie. Zur Kennzeichnung der Flugstrecken dienen die Leuchtfeuer. Die größten Feuer sind in Abständen von etwa 300 km angeordnet. Sie bestehen aus Hochintensitäts-Scheinwerfern von 91,5 cm Dmr. bei einer Reichweite von etwa 150 km. Zwischen diesen liegen in Abständen von etwa 30 km Scheinwerfer von 2 000 000 HK und einer Reichweite von 30 ... 45 km. In Abständen von 4,5 km befinden sich Azetylen-Blinkfeuer von 1000 HK und einer Reichweite von 3 ... 4,5 km. An Stelle der Lichtbogenscheinwerfer finden neuerdings auch Blinkgeräte mit elektrischen 1000 W-Glühlampen Anwendung, welche versilberte Glas-Parabolspiegel von 61 cm Dmr. verwenden und eine größte Lichtstärke von 2 000 000 HK liefern. Sie besitzen selbsttätige Auswechselvorrichtungen, um beim Durchbrennen einer Lampe eine Ersatzlampe in die richtige Lage zu bringen. Einer dieser Regler arbeitet in der Weise, daß durch die brennende Lampe ein Thermostat bestrahlt wird, welcher infolge dieser Erwärmung einen Kontakt geöffnet hält, diesen aber schließt und damit die Wechselvorrichtung in Tätigkeit setzt, sobald infolge Durchbrennens einer Lampe die Bestrahlung aufhört. Der Lichtkegel der beschriebenen Scheinwerfer bestrahlt den Winkel zwischen der Horizontalen und 4½°. Das Blinken wird durch Rotation des Leuchtsystems erreicht, u. zw. finden 6 U/min statt. Aufgestellt sind die Anlagen auf 15,6 m hohen Türmen. In einsamen und wenig zugänglichen Gegenden werden die Lampen selbsttätig geschaltet. Die Schaltung besorgt hierbei das Tageslicht oder das Sonnenlicht selbst, indem für den Schaltvorgang der Ausdehnungsunterschied zweier Metallzylinder benutzt wird, von denen der eine poliert und gegen die Bestrahlung geschützt ist, während der andere geschwärzt und der Strahlung des Tageslichtes ausgesetzt ist. Für die Zwecke ganz bestimmter Zeichengebung sind 1500 W-Scheinwerfer in Gebrauch, welche nach oben hin mit 2500 HK, dagegen zwischen der Horizontalen und 6° Erhebung durch Verwendung von Fresnel-Optik mit 11 000 HK strahlen. Das Blinken wird hierbei nicht durch Rotation erreicht, sondern die Feuer können beliebig ein- und ausgeschaltet werden. Von Interesse sind auch die „auf Kurs"-Feuer (On-Course Lights), das sind feststehende 500 W-Scheinwerfer mit einer Streuung in der Horizontalen von 40°, welche in Richtung der großen Blinkfeuer aufgestellt sind und im gleichen Schema wie diese ein- und ausgeschaltet werden. Das Licht der kleinen Feuer kann nur dann gesehen werden, wenn sich der Pilot annähernd in der vorgezeichneten Flugstrecke befindet, während er außerhalb derselben nur die großen Blinkfeuer wahrnehmen kann. Das Blinkschema dieser Feuer kann auch eine bestimmte Nummer bezeichnen oder auch die Flugstrecke angeben in Gegenden, in denen sich zwei Flugstrecken kreuzen.

Bei Zwischenlandungsplätzen neben großen Leuchtfeuern werden die Grenzen durch 15 ... 25 W-Lampen gekennzeichnet, welche unter wetterfesten Glocken in 60 ... 90 m Abstand in 1,20 m Höhe angebracht sind. Sie können wie die großen Feuer selbsttätig geschaltet werden. Steht kein elektrischer Strom zur Verfügung, so werden dauernd brennende Azetylenleuchten verwendet. Die Windrichtungsanzeiger werden hier gewöhnlich durch Flutlichtscheinwerfer beleuchtet. In der Nähe befindliche gefährliche Hindernisse werden durch rote Lichter gekennzeichnet, wenn sie höher als 30 m sind.

Auf Flugplätzen werden die verschiedensten, oben bereits beschriebenen Blinkfeuer verwendet. Mitunter werden auch vertikal an Stahltürmen befestigte Neonröhren verwendet, welche bei einer Sichtweite von 30 km eine Energie von 36 kW verbrauchen. Die Platzgrenzen werden wieder durch in Abständen von 60 bis 90 m unter wetterfesten Armaturen brennende Glühlampen gekennzeichnet. Sie werden entweder durch besondere Zuleitungskabel direkt mit der Netzspannung gespeist oder auch in Serienschaltung verwendet, wobei beim Durchbrennen einer Lampe diese selbsttätig kurzgeschlossen wird, damit die übrigen Lampen weiterbrennen. Die Lampen sind an 90 cm hohen Masten angebracht, welche wegen der erforderlichen guten Tagessichtbarkeit weiß oder gelb gestrichen sind. Die günstigste Ankunftseite für den Flieger wird durch grüne Lichter markiert. Hindernisse werden wieder durch rotes Licht bezeichnet, sehr hohe Hindernisse auch durch Blinklichter mit einer Blinkfolge von 60 ... 100 Wechseln in der Minute, auch können sie durch Flutlichtscheinwerfer angeleuchtet werden, wobei jedoch eine Blendung des Piloten auf jeden Fall vermieden werden muß. Die Schätzung der Höhe beim Landen soll dem Piloten durch ein Anleuchten der Dächer der Flugzeugschuppen erleichtert werden, wobei besonders die Enden der Dächer stark angeleuchtet werden sollen. Die Scheinwerfer sind hierbei etwa 3 m oberhalb des Daches befestigt. Die Windrichtungsanzeiger werden zum Teil durch eine innerhalb des Anzeigers angebrachte 100 W-Lampe beleuchtet oder auch durch 4 Stück 100 W-Lampen, welche in emaillierten Eisenreflektoren je an den Enden eines horizontalen Kreuzes 1,8 m oberhalb des Anzeigers befestigt sind. Die größte Bedeutung besitzt die Beleuchtung des Flugplatzes selbst, welche gleichmäßig, genügend stark, schattenlos und blendungsfrei sein soll. Unter normalen Sichtverhältnissen soll in der Horizontalen eine mittlere Beleuchtungstärke von 3 Lux hinreichend sein, die Schattenlosigkeit muß durch eine genügend hohe Aufhängung erreicht und die Blendungsfreiheit durch eine sehr scharfe Abgrenzung des Lichtkegels nach oben hin erzielt werden. Bei diesen Beleuchtungsanlagen muß zwischen einem zentralisierten und einem dezentralisierten System unterschieden werden. Bei ersterem sind die Lichtquellen an einer Stelle vereinigt. Man verwendet beispielsweise eine Leuchte mit einer etwa 90 cm hohen Fresnel-Optik, welche in der Horizontalen einen Ausstrahlungswinkel von 180°, in der Vertikalen dagegen nur von 1½ ... 2° besitzt, wobei die obere Grenze sehr scharf abgeschnitten ist; genügende

[1] Vgl. z. B. Semm, Arch. El. Bd. 9, S. 30 (ETZ 1920, S. 715).
[2] Über deutsche Einrichtungen vgl. ETZ 1928, S. 104 u. 1497.

Ausleuchtung bei günstigem Wetter bis zu 750 m, Aufstellungshöhe 1,5 ... 4,5 m. Die Lichtquelle besteht entweder in einem Hochintensitätslichtbogen von 150 A oder in einer 10 kW-Glühlampe, u. U. mit Kugelreflektor. Eine Glühlampe gibt allerdings geringeres und in der Vertikalen stärker gestreutes Licht. Andere Anlagen benutzen auch 45 cm-Parabolspiegel mit einem 55 A-Lichtbogen, dessen Licht durch eine optische Anordnung in der Horizontalen um 80°, in der Vertikalen um nur 3° gestreut wird. Zwei solche Scheinwerfer, welche leicht in allen Richtungen gedreht werden können, werden stets nebeneinander aufgestellt, so daß sich ihre Lichtkegel etwas überlappen. Bei starkem Nebel kann durch Entfernen der vorgeschalteten Optik ein Lichtkegel von 30 000 000 HK erzeugt werden.

Bei unebenem Gelände wird das dezentralisierte System bevorzugt, bei welchem kleinere Einheiten an den Rändern des Flugplatzes Aufstellung finden. Bei einer Ausführung werden z. B. in Abständen von 75 m Parabolspiegel von 61 cm Dmr. mit 1000 W- bis 2500 W-Lampen verwendet, deren Licht in der Horizontalen um 20° oder auch 48°, in der Vertikalen um 3° gestreut wird. Bei einer anderen Ausführung stehen die Einheiten 250 ... 300 m auseinander, die Streuung in der Horizontalen beträgt nur 20°. Je nach der Landungsrichtung sind hierbei nur die eine oder die andere Seite der Leuchten eingeschaltet. Eine weitere Ausführung benutzt sphärische Reflektoren und Fresnel-Optik von 20,3 cm Höhe und 15,2 cm Radius, welche in der Horizontalen um 120° streuen, ferner Lampen bis zu 1500 W. Bestimmte Richtungen des Lichtes können durch Blenden ausgeblendet werden. Für die Bestimmung von Wolkenhöhen sind 30,5 ... 46 cm - Parabol-Scheinwerfer in Gebrauch, welche unter 45° die Wolken anstrahlen.

Abb. 17. Schema des Klein-Elektroofens.

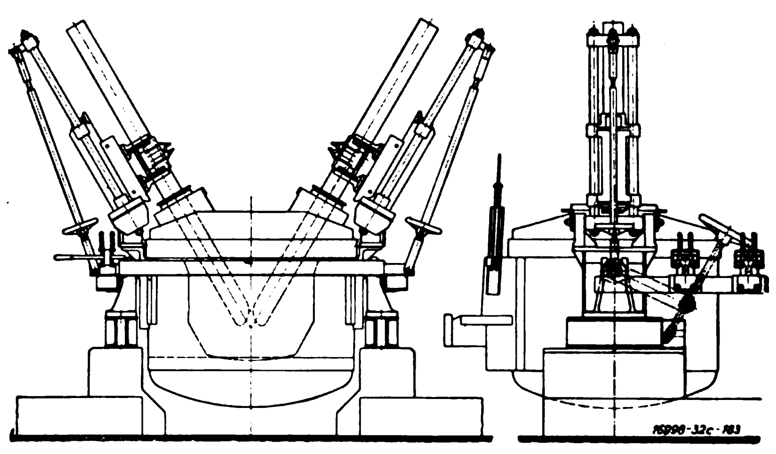


Abb. 18. 900 kg Klein-Elektroofen mit hydraulischer Elektroden-Regelvorrichtung.

Auch die Leuchten der Flugzeuge selbst sind von Wichtigkeit. Die roten und die grünen Positionslichter sind ziemlich an den Enden der Flügel angebracht, das weiße Licht am Ende des Schwanzes. Die Leuchten bestehen aus stromlinienförmigen Zelluloidkörpern, in deren Innerem Lampen von 12 V und 21 HK angebracht sind. Das weiße Schwanzlicht strahlt nach hinten mit einem Öffnungswinkel von 140°, während die roten und grünen Seitenlichter von der Flugrichtung aus je 110° nach den betreffenden Seiten strahlen. Um bei der Landung das Gelände vom Flugzeug aus beleuchten zu können, sind an den Flügelenden 23 cm-Parabolspiegel mit Glühlampen von 12 V und 35 A angebracht, welche in der maximalen Ausstrahlungsrichtung des Scheinwerfers 250 000 HK ergeben. Die Spiegel sind in stromlinienförmigen Armaturen eingebaut und können durch den Piloten auch um kleine Beträge gedreht werden. Um den Luftwiderstand möglichst herabzusetzen, sind diese Armaturen auch zuweilen direkt in den Flügel eingebaut und werden im Gebrauchsfalle aus den Öffnungen herausgesenkt. Für besondere Fälle werden auch Signallichter mitgeführt. (P. R. Basselt, R. W. Cost, E. A. Leinroth u. H. C. Ritchie, Transact. Ill. Engg. Soc. Bd. 22, S. 979.) *Schb.*

Heizung. Öfen.

Ein neuer Klein-Elektroofen. — Die Beheizung der Elektroöfen erfolgt in der Hauptsache entweder nach dem Héroult- oder nach dem Stassanosystem. Bei dem Ofen des ersten Systems, dem reinen Lichtbogenofen, nimmt der Strom seinen Weg von einer Elektrode durch Schlacke—Bad—Schlacke zur anderen Elektrode. Dem Stassanoofen, einem Strahlungsofen, dient als Heizquelle der Lichtbogen, der sich zwischen den Enden von Elektroden bildet, die schräg in den Ofen hineinragen. Abb. 1 gibt das Schema des neuen Demag-Klein-Elektroofens, der mit beiden Beheizungsarten arbeiten kann. Durch Verstellung des Neigungswinkels der Elektroden, die während des Ofenganges durch Drehen eines Handrades bewirkt werden kann, wird die Lichtbogenbeheizung (ausgezogene Stellung der Elektroden in Abb. 17) oder die Strahlungsbeheizung (punktierte Elektrodenstellung) ermöglicht. Diese Ausführungsweise verleiht diesem Elektroofen die Vorteile beider Ofenbauarten und vermeidet ihre Nachteile. Da die metallurgischen Wirkungen der unmittelbaren und mittelbaren Lichtbogenbeheizung nicht ganz gleich sind, also bei gleichem eingebrachten Gut einen verschiedenen Einfluß auf die Zusammensetzung des erschmolzenen Guts ausüben, sind diese Öfen als Versuchsöfen in Edelstahlwerken usw. zur Ermittlung neuer Stahlsorten von hohem Wert.

Sie bieten jedoch auch für gewöhnliche Schmelzungen wirtschaftliche Vorteile, da es möglich ist, bei festem Einsatz für den Beginn des Ofenganges die zum Einschmelzen bequemere Beheizung durch die strahlende Wärme des Lichtbogens zu wählen. In dem Strahlungsofen brennt nämlich der Lichtbogen ziemlich ruhig, da er fast unabhängig vom Schmelzpunkt ist, und es wird sehr selten und dann nur eine geringe Verstellung der Elektroden erforderlich. Die unmittelbare Lichtbogenbeheizung nach dem Héroultsystem dagegen erfordert infolge des Zusammenstürzens des festen Einsatzgutes während des größten Teils der Einschmelzzeit ein dauerndes Nachstellen der Elektroden und erschwert die Bedienung des Ofens. Bei kleineren Elektroöfen wird nämlich für die Verstellung der Elektroden in Richtung ihrer Achsen meist Handsteuerung angewandt, da eine selbsttätige elektrische Regelung wegen ihrer verhältnismäßig hohen Kosten sich verbietet. Dazu kommt noch der weitere Vorteil des Strahlungsofens, daß Belastungsstöße im Netz bei dieser Beheizungsart bedeutend seltener und in geringerer Höhe auftreten.

Den bekannten Nachteil des Strahlungsofens, daß nach vollständigem Einschmelzen des Einsatzes der freischwebende Lichtbogen bei einer längeren Verfeinerungsdauer des Einsatzes, wie sie besonders für Stahl in Frage kommt, die Ofenauskleidung stark angreift, wird dadurch vermieden, daß zum unmittelbaren Lichtbogenbetrieb übergegangen wird, sobald sich in der Mitte des Ofens unter den Elektroden ein flüssiges Bad gebildet hat. Da hierbei die Lichtbogen nach außen geblasen werden, schmilzt nunmehr auch das am Ofenrande sitzende noch feste Gut sehr rasch herunter. Die beschriebene Ofenbauart vermeidet überdies die Fehler der üblichen Stassanoöfen, bei denen die Elektroden durch die Seitenwände in den Ofen eintreten, wodurch die Haltbarkeit der Ausmauerung ungünstig beeinflußt wird. Die Elektroden sind durch den Deckel geführt, dessen Gewölbe durch den Lichtbogen wohl am stärksten angegriffen wird, jedoch auch am leichtesten ausgewechselt werden kann. Bei dem unmittelbaren Lichtbogenbetrieb kann während der Verfeinerung die Hitze auf das Bad bzw. die Schlackendecke konzentriert, die Lichtbogenwärme also in viel höherem Maße ausgenutzt werden als beim Strahlungsbetrieb, also mit einem höheren Wirkungsgrad der Beheizung gearbeitet werden. Beim Verstellen des Neigungs-

winkels der Elektroden ist darauf geachtet, daß sie an der Durchtrittstelle durch den Deckel nur eine geringe seitliche Verschiebung erfährt. Die Öffnung kann deshalb im Kühlring sehr klein gehalten werden, und da die Elektrode an dieser Stelle von einer dichten Asbestpackung umgeben ist, deren Passung kugelig auf dem Kühlring aufliegt, wird ein praktisch dichter Abschluß erreicht. Um Verschiebungen des Kühlrings folgen zu können, ist auch die Elektrodenklemme an ihrem Tragarm kugelig gelagert. Die Elektroden müssen wegen Abbrandes außerdem noch die stets erforderliche Regelbewegung in Richtung ihrer Achsen zulassen. Diese Regelung erfolgt entweder von Hand durch Handräder mit Spindeln oder durch hydraulische Stellzylinder (Abb. 18), die mittels Ventile von Hand gesteuert und mit Leitungswasser von gewöhnlichem Druck beaufschlagt werden, oder elektrisch mittels Motor- und Spindelantriebs. *Itt.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Eine neue elektrische Bahnlinie in Spanien. Die Bergwerks- und Hüttengesellschaft von Peñarroya hat zur Verbindung der beiden getrennten Hälften ihres Eisenbahnnetzes und zur Verkürzung der für sie besonders wichtigen Strecke von Puertollano nach Peñarroya eine neue 54,8 km lange Strecke quer durch das Gebirge ausgebaut. Ebenso wie das übrige Netz der Gesellschaft, das sowohl eigenen als auch öffentlichen Verkehrszwecken dient, hat die neue Strecke 1 m Spurweite. Wegen der hohen Steigungen bis zu 35 ‰ kam nur elektrischer Betrieb in Frage. Die Stromversorgung geschieht durch zwei Unterwerke, welche ihrerseits von zwei gekuppelten Kraftwerken aus mit Drehstrom von 70 kV, 50 Hz versorgt werden. Die Fahrdrahtspannung beträgt 3000 V Gleichstrom. Die sehr kräftigen Lokomotiven haben zwei dreiachsige Drehgestelle und sind mit Einzelantrieb ausgerüstet. Ihre Hauptdaten sind die folgenden:

Dienstgewicht	66 t
Länge über Puffer	14,88 m
Anzahl der Motoren	6
Stundenleistung eines Motors	143 PS
Gesamtzugkraft bei Stundenleistung	7200 kg
Geschwindigkeit bei Stundenleistung	32,2 km/h
Triebraddurchmesser	1,2 m.

Je drei Motoren sind dauernd in Serie geschaltet, so daß jeder derselben eine Spannung von 1000 V erhält. (J. B a r d i n u. R. B i r c k e l, Bull. Soc. Alsac. 1928, S. 67.) *v. Str.*

Elektrische Treidelei am Rhein-Rhone-Kanal. — Der Kanal ist in den letzten Jahren für das Befahren mit 280 t-Kähnen (vor dem Krieg 150 t) eingerichtet worden. Bei dieser Gelegenheit wurde auch die Einführung elektrischer Lokomotiv-Treidelei geplant. Für die Strecken

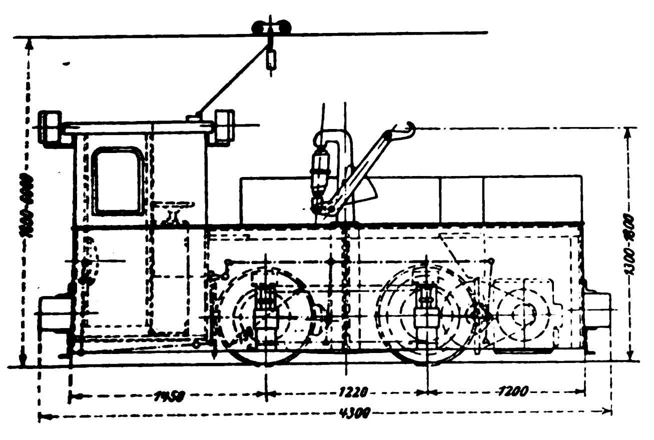


Abb. 19. Treidellokomotive.

Straßburg—Mülhausen—Hüningen mit Abzweigung nach Colmar (insgesamt 145 km) wird die Elektrisierung z. Z. ausgeführt. Die Spurweite wurde zu 600 mm gewählt. Der Betrieb der Lokomotiven erfolgt durch Gleichstrom von 600 V, der in acht Gleichrichteranlagen erzeugt wird. Die Leistung der Lokomotive (Abb. 19) ist 16,5 kW, das Dienstgewicht 6000 kg. Die erforderlichen Zugkräfte von 500 ... 1000 kg werden bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3,6 km/h ausgeübt. Die gesamte Anlage wird von der AEG, Berlin, ausgeführt. (Schweiz. Bauzg. Bd. 93, S. 9.) *Hd.*

Fernmeldetechnik.

Fünf Jahre CCI. — Im Juni dieses Jahres hat der Zwischenstaatliche Beratende Ausschuß für den Fernsprechweitverkehr (Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance — CCI) seine alljährliche Tagung abgehalten, für die dieses Mal Berlin als Tagungsort ausersehen war. Aus Anlaß dieser Tagung gibt der Europ. Fernspr. aus der Feder des Generalsekretärs des CCI, Georges V a l e n s i, einen Rückblick auf die bisherige Wirksamkeit des CCI. Sie hat erst vor fünf Jahren begonnen, aber trotz dieser kurzen Frist sind die Erfolge groß. Wenn der internationale Fernsprechverkehr, der vor dem Kriege über schwache Anfänge nicht hinausgekommen und im Kriege ganz abgerissen war, sich in den letzten fünf Jahren in überraschendem Maße entwickelt und neben den übrigen Formen des geschäftlichen Nachrichtenverkehrs immer mehr eingebürgert hat, so ist das neben der Tätigkeit der nationalen Fernsprechverwaltungen in erster Linie der Arbeit des CCI zu danken, der durch die Schaffung einheitlicher Richtlinien für die technische Ausführung und den Betrieb der Fernsprechanlagen die Grundlage für diese Entwicklung geschaffen hat. Valensi stellt diese Entwicklung von Stufe zu Stufe dar, und es ist von Interesse, zu verfolgen, wie die Arbeiten des CCI und die aus ihnen sich ergebenden „Empfehlungen", die sich anfangs auf allgemeine Grundsätze beschränkten, immer weitere und immer speziellere Gebiete des Betriebs und der Technik ergriffen haben.

Der CCI ist im Frühjahr 1924 auf einer Zusammenkunft der Vertreter von 19 europäischen Ländern gegründet worden. Im Jahre 1925 wurde er auf der Welttelegraphenkonferenz von Paris als ständiges Organ des Welttelegraphenvereins anerkannt und mit der Bearbeitung aller technischen und Betriebsfragen betraut, während dem internationalen Büro des Welttelegraphenvereins in Bern die Vorbereitung der amtlichen Weltkonferenzen blieb. Die Weltkonferenzen entscheiden darüber, ob die Vorschläge des CCI, nachdem sie praktisch erprobt sind, als allgemein verbindliche Vorschriften herausgegeben werden sollen. Dem CCI wurde es überlassen, sein Büro selbst zu wählen, seine Geschäftsordnung selbst aufzustellen und selbst sein Arbeitsverfahren zu bestimmen. In Ausübung dieser Befugnis hat es sich auf seiner Tagung im Jahre 1926 in drei Organe gegliedert, die Vollversammlung, die Berichterausschüsse und das Generalsekretariat.

Die Vollversammlung tritt alljährlich zusammen; sie berät über die Vorschläge der Berichterausschüsse und stimmt über sie ab. Die angenommenen Vorschläge werden den Mitgliederverwaltungen als „Empfehlungen" des CCI bekanntgegeben. Ferner bestimmt die Vollversammlung über die Fragen, die die Berichterausschüsse bis zur nächsten Vollversammlung zu bearbeiten haben. Die Berichterausschüsse prüfen die ihnen zugewiesenen Fragen unter Leitung eines Hauptberichters, den sie selbst wählen und der sie nach Bedarf zusammenberuft. Als Unterlagen stehen ihnen die Erfahrungen und das Material aller Fernsprechverwaltungen und alle sonst zugänglichen Quellen zur Verfügung. Das Generalsekretariat unterstützt die Berichterausschüsse bei der Beschaffung des Materials, sammelt und ordnet ihre Berichte, teilt sie den dem CCI angeschlossenen Verwaltungen mit und bereitet die nächste Vollversammlung vor. Diese sehr bewegliche Organisation hat sich außerordentlich bewährt. Sie bietet die Möglichkeit, für die den Berichterausschüssen zugewiesenen Untersuchungen die bewährtesten Fachtechniker aller Verwaltungen heranzuziehen und dadurch zuverlässige Gewähr für sachkundige und erschöpfende Prüfung der Fragen zu geben.

Die drei ersten Vollversammlungen des CCI haben in den Jahren 1924, 1925 und 1926 in Paris, die vierte 1927 in Como und die fünfte 1928 wieder in Paris stattgefunden. Aus den bearbeiteten Fragengebieten mögen die folgenden hervorgehoben werden:

Schutz der Fernsprechanlagen gegen Starkstromeinflüsse; Definition, Maß, zulässiger Grenzwert der Störwirkung, Abhängigkeit der Störwirkung von Betriebs- und Schutzmaßnahmen.

Schutz der Fernsprechkabel gegen Korrosion.

Fernsprechübertragung auf Leitungen, Übertragungsmaß, Vereinheitlichung der Fernsprecheinrichtungen für den Weitverkehr, Bedingungen für pupinisierte Fernkabel einschließlich der Verstärker.

Schaffung von Normal-Eichgeräten zur Bestimmung des Übertragungsmaßes.

Überwachung und Unterhaltung der internationalen Leitungen, Meßeinrichtungen, Meßvorschriften und Meßverfahren für diesen Zweck.



Gemeinsame Benutzung von Kabeln für Fernsprecher und Telegraph.

Regelung des Betriebs auf den internationalen Fernsprechleitungen, Bedingungen für die Benutzung der Fernsprecheinrichtungen durch die Teilnehmer, Maßnahmen zur Erleichterung und Förderung des Fernsprechverkehrs, Fernsprechtarife, Abrechnung zwischen den Verwaltungen, Statistiken über den Fernsprechverkehr.

Angliederung des Funkfernsprechens an das Drahtfernsprechen.

Die Tätigkeit des CCI hat in weitem Umfang auch zur Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen der Elektrotechnik geführt, mit deren Arbeitsgebieten sich Berührungspunkte ergaben, z. B. dem Internationalen Verband der Eisenbahnen, der Internationalen Konferenz der Elektrizitätswerke, dem Internationalen Elektrotechnischen Ausschuß, dem Zwischenstaatlichen Gemischten Ausschuß für Versuche über den Schutz der Fernsprechleitungen, dem Internationalen Telegraphenausschuß (CCIT), dem Internationalen Verband der Straßenbahnen und Kleinbahnen, dem Weltrundfunkverein und der Internationalen Handelskammer. Die Fragen, die dabei erörtert wurden, betrafen u. a. den Schutz der Fernsprechanlagen gegen Starkstromeinflüsse, die Übertragung von Rundfunksendungen auf zwischenstaatlichen Fernsprechleitungen, die Wahl einer Übertragungseinheit, die Herausgabe internationaler technischer Wörterbücher, die Annahme einheitlicher graphischer Symbole für Schaltungszeichnungen, die elektrolytischen Korrosionen an unterirdischen Röhrenanlagen, die Wünsche der Fernsprechbenutzer in bezug auf den internationalen Fernsprechdienst, die Mitbenutzung der Fernsprechleitungen für Telegraphie und Bildtelegraphie.

Auf der Vollversammlung in Como 1927 wurde die Schaffung von zwei vollkommen gleichen Ureichkreisen als Normalmaß zur Bestimmung der Übertragungsgüte von Fernsprechstromkreisen beschlossen. Einer von den Ureichkreisen ist für Europa, der andere für Amerika bestimmt. Die American Telegraph & Telephone Co. hat die Apparate hergestellt und die für Europa bestimmte Ausführung dem CCI als Geschenk angeboten. Das CCI hat den Ureichkreis in den ihm von der französischen Regierung überlassenen Räumen des Museums für Kunst und Gewerbe in Paris, Rue St. Martin 292, aufgestellt.

Einen Überblick über die allmähliche Ausdehnung der Mitgliedschaft am CCI auf die Staaten Europas bietet die nachstehende Zusammenstellung: Es sind beigetreten:

1924: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Lettland, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Schweden, Schweiz, Spanien, Südslawien, Tschechoslowakei, Ungarn;
1925: Estland, Litauen;
1926: Mozambique, Portugal, Rumänien, Sowjetrepubliken;
1928: Albanien;
1929: Danzig. (G. Valensi, Europ. Fernspr. 1929, S. 103.) *Bkm.*

Verschiedenes.

Studienreise deutscher Ingenieure durch Österreich. — Auch in diesem Jahre[1] veranstaltet die Deutsch-österreichische Reisevereinigung „Nord-Süd" eine „Erholungs- und Studienreise deutscher Ingenieure durch Österreich", bei der die Teilnehmer neben den Schönheiten des Landes auch eine Reihe von Werken der Technik kennen lernen werden. Die Reise beginnt am 28. VIII. mit einer Dampferfahrt von Passau nach Wien (Technisches Museum, Donaukraftwerk). Im weiteren Verlauf führt die Reise über folgende Orte: Payerbach-Reichenau — Semmering — Graz (Stauwerk Pernegg) — Leoben — Erzberg (Eisenerz-Tag- und -Tiefbau) — Radstadt — Mallnitz (Elektrizitätswerke) — Großglockner — Heiligenblut — Lienz — Cortina d'Ampezzo — Bozen — Eisacktal — Brenner — Innsbruck (Bergbahn) — Zell am See — St. Johann — Salzburg. Die Reise endet am 10. IX. mittags in Salzburg. Die Fahrten werden in ihren schönsten Teilen in Autos zurückgelegt; die zu besichtigenden technischen Werke sind oben in Klammern genannt worden.

Die Vereinigung veranstaltet außerdem zwei weitere Reisen, deren erste vom 3. bis 17. IX. durch Österreich und Südtirol, die zweite vom 3. bis 19. IX. nach Bosnien, Dalmatien und Montenegro führt. Die Anmeldungen zur Ingenieurreise sind bis 1. VIII. an die genannte Vereinigung, Graz, Radetzkystraße 1, zu richten. Von dieser Stelle können auch ausführliche Prospekte eingefordert werden.

[1] Die Reise 1928 wurde in der ETZ 1928, S. 956 angekündigt.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Trotz des Abflauens der Beschäftigung im Industriegebiet während des zweiten Halbjahres hat der Stromverkauf der Kraftübertragungswerke Rheinfelden 1928 den von 1927 um etwa 10 % übertroffen. Die Beteiligung an dem Schluchseewerk mit 7,5 % des Aktienkapitals (14 Mill RM) gibt der Berichterstatterin, die 7500 kW beziehen muß, die Möglichkeit, ihre Abfallkräfte besser zu verwerten und den zu gewissen Jahreszeiten oder Tagesstunden eintretenden Kraftmangel zu ergänzen. Der Betriebsüberschuß betrug 4 232 942 RM (4 202 200 i. V.) und die Einnahme aus Verschiedenem 308 834 RM (119 412 i. V.). Bei 1 456 642 RM Reingewinn (1 451 540 i. V.) kamen auf 12 Mill RM Aktienkapital wieder 10 % Dividende zur Verteilung.

Das Großkraftwerk Württemberg A.G., Heilbronn a. N., hat 1928 rd. 25,5 Mill kWh abgegeben (16,4 i. V.), und zwar 9,6 an das Kraftwerk Altwürttemberg A. G., 8,9 an den Gemeindeverband Überlandwerk Hohenlohe-Öhringen, 2 an die Württ. Sammelschienen-A. G. und 3,9 Mill kWh an die Neckar A. G. zwecks Weiterleitung an das Elektrizitätswerk Heilbronn; vertragsgemäß kostenlos erhielt letztere Gesellschaft 0,5 Mill kWh. Im Dampfkraftwerk wurden 13,4 Mill kWh (3,8 i. V.) und in dem gepachteten Wasserkraftwerk Kochendorf (Ausnutzungsfaktor 61 % gegen 42 % i. V.) 12,8 Mill kWh (13,4 i. V.) erzeugt. Der Betriebsüberschuß betrug 450 416 RM (347 792 i. V.) und der Reingewinn mit Vortrag 7848 RM (2927 i. V.); er wurde vorgetragen. Das Aktienkapital von 2,9 Mill RM hat sich nicht geändert.

Der Gesamtanschlußwert des Kraftwerks Altwürttemberg A.G., Beihingen, ist 1928 von 33 419 auf 36 953 kW gestiegen, wobei der Zugang an Heiz- und Kochapparaten allein rd. 1000 kW ausmachte. Erzeugt wurden in Pleidelsheim infolge der schlechten Wasserführung des Neckars diesmal nur 12,6 Mill kWh (17,6 i. V.), der Strombezug hat sich daher von 3,8 auf 11,2 Mill kWh erhöht. Die nutzbare Stromabgabe betrug 16,5 Mill kWh, d. s. 36 % mehr als im Vorjahr (12,1 Mill kWh). Dazu kamen 4,5 Mill kWh vertragsmäßige Lieferung an die Stadt Stuttgart, so daß sich die Gesamtabgabe auf rd. 21 Mill kWh belief (18,6 i. V.). Eine neue 60 kV-Leitung zur Verbindung der Dampfzentrale des Großkraftwerks Württemberg mit Pleidelsheim befindet sich im Bau. Betrieb und Installation haben 1 841 519 RM Überschuß ergeben (1 729 802 i. V.); aus 626 060 RM Reingewinn (625 072 i. V.) verteilte die Gesellschaft auf unverändert 8,4 Mill RM Aktienkapital wieder 7 % Dividende.

Im Licht- und Kraftunternehmen der Koblenzer Straßenbahn-Gesellschaft wurden 1928 an Lichtstrom 6,553 Mill kWh (6,083 i. V.) und an Kraftstrom 16,123 Mill kWh (18,002 i. V.) nutzbar abgegeben. Der Rückgang bei letzterem war eine Folge der, wie der Bericht sagt, hoffentlich vorübergehenden Betriebseinschränkungen hauptsächlich im Zinkbergbau und in der Basalt- und Tonindustrie des Westerwaldes. Stromabgabe und Meßgebühren erbrachten 4 588 638 RM (4 293 276 i. V.) und verschiedene Einnahmen des Unternehmens 150 021 RM (93 133 i. V.). Der Reingewinn stellte sich für diesen Betriebsteil auf 1 495 060 RM (1 368 378 i. V.).

Die Stromerzeugung der Grube Leopold A. G. ist 1928 von 41,905 auf 45,790 Mill kWh gestiegen.

Infolge der außerordentlich verminderten Wasserführung in den Sommermonaten ist die nutzbare Stromabgabe der Werrakraftwerke A. G., Weimar, 1928 von 4,433 Mill kWh i. V. um 17,6 % auf 3,670 Mill kWh zurückgegangen. Gleichwohl konnte der Gesellschaft bei 147 986 RM Einnahmen (177 122 i. V.) und einem Überschuß mit Vortrag von 43 752 RM (43 623 i. V.) wieder 3 % Dividende auf 1,260 Mill RM Aktienkapital zahlen.

Der Stromabsatz des Großkraftwerks Franken A. G., Nürnberg, ist 1928 von 145,2 auf 169 Mill kWh gewachsen, d. h. um 16,4 %. Trotzdem hat sich die maximale Beanspruchung der Anlagen um 2,8 % verringert, eine Verbesserung der Ausnutzung, die dem günstigen

[1] Vgl. ETZ 1929. S. 1132.



Einfluß des Grundgebührentarifs zugeschrieben wird. Das seit August 1928 betriebene 100 kV-Kabel ermöglicht es, den unter dieser Spannung vom Kachletwerk kommenden Strom über eine unterirdische Kabelstrecke von 9,6 km unmittelbar dem industriereichen Osten Nürnbergs zuzuführen und erst dort im Umspannwerk Tullnau auf 20 kV Verteilungsspannung herabzusetzen, so daß das Nürnberger Gebiet nunmehr von zwei Seiten aus versorgt wird. Nach der im März 1928 erfolgten Übernahme des Kachletbetriebs durch die Betriebsgemeinschaft Kachlet-Franken G. m. b. H. ist der bezügliche Vertrag voll in Wirksamkeit getreten, und in dessen Ergänzung wurde mit der Rhein-Main-Donau A. G. eine Vereinbarung getroffen, die insbesondere das Verbleiben des Wasserkraftwerks Viereth in der Betriebsgemeinschaft und die Stromverrechnung zwischen letzterer und der Berichterstatterin nach einem Grundgebührentarif betrifft. Als Betriebsüberschuß haben sich 2 605 888 RM (2 110 284 i. V.) und als Reingewinn ohne Vortrag 665 201 RM (671 447 i. V.) ergeben. Die auf 7 Mill. RM Stammaktienkapital entfallende Dividende betrug wieder 9 %.

Stromverkaufsgeschäft und Installationsumsatz haben sich 1928 bei der A. G. Körting's Electricitäts-Werke, Berlin, gegen das Vorjahr gehoben, doch mußten die Strompreise im Zusammenhang mit der Konzessionsverlängerung eines der größeren Werke erheblich gesenkt werden. In die Reihe dieser ist Jahnsbach eingetreten. Bei 1 238 220 RM Betriebseinnahmen und Installationsgewinn (1 185 680 i. V.) betrug der Reingewinn 204 076 RM (204 167 i. V.) und die Dividende wieder 8 % auf 2,5 Mill RM Stammaktienkapital.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke war im Mai 1929 um 3,2 Mill kWh größer als im Vormonat und übertraf die des Mai 1928 um 218,7 Mill kWh (20 %). Arbeitstäglich betrug die Zunahme bzw. 0,127 und 8,715 Mill kWh. Der Anschlußwert der von 103 Werken versorgten gewerblichen Abnehmer ist im April gegen den März um 1000 kW und gegen den gleichen Monat von 1928 um 0,271 Mill kW (rd. 7 %) gewachsen. Der Verbrauch dieser Konsumenten weist gegen den Vormonat eine Erhöhung um 1,3 Mill kWh und gegen den April 1928 um 75 Mill kWh (17 %) auf; arbeitstäglich ergibt der Vergleich eine Erhöhung um 53 000 kWh bzw. 1,481 Mill kWh.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh: insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch: insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
I.	26	26	1443,6	1238,9	55,5	47,6	4,3	4,0	540,0	476,1	20,8	18,3	4,8	4,6
II.	24	25	1280,0	1126,4	53,4	45,1	4,3	4,0	499,5	458,4	20,8	18,3	4,8	4,6
III.	25	27	1306,9	1169,9	52,3	43,3	4,3	4,0	509,8	483,7	20,4	17,9	4,7	4,4
IV.	25	23	1299,1	1048,9	52,0	45,6	4,3	4,1	511,5	436,5	20,5	19,0	4,7	4,7
V.	25	25	1302,3	1083,6	52,1	43,3	.	4,1	.	443,7	.	17,7	.	4,3

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1030.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV
Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Besprechung des Vortrags[1]

des Herrn Dipl.-Ing. P. Hochhäusler:

„Ein- und Ausführung von Platten und Filmen an Kathodenoszillographen ohne Störung des Hochvakuums".

Vorsitz: Herr Ministerialdirektor Arendt.

Nach den Begrüßungsworten des Herrn Vorsitzenden gibt zunächst Herr Prof. A. Matthias nachstehende Einleitung:

Herr **Matthias**: „Mit Rücksicht auf den ausführlichen Vortrag des Herrn HOCHHÄUSLER wird es Ihnen wohl angenehm sein, wenn ich mich auf einige grundsätzliche Erörterungen beschränke.

Der Kathodenoszillograph, ein neuzeitliches Gerät zur Aufzeichnung des Verlaufs außerordentlich schneller elektrischer Vorgänge, hat sich bekanntlich aus der Braunschen Röhre entwickelt, die besonders zur Untersuchung elektrischer Schwingungen von ZENNECK viel verwendet worden ist.

Der Schritt, der die Weiterentwicklung so kräftig anstieß, daß man sich berechtigt sah, dem Ding einen neuen Namen zu geben, war der Übergang zur Innenaufnahme: damit ist gemeint das Hineinbringen photographischer Platten oder Filme in den Vakuumraum. Eine dahingehende Anregung findet sich schon in der älteren deutschen Literatur. Die erste praktische Ausführung eines derartigen Apparates stammt von DUFOUR.

Nun war die Voraussetzung für wesentlich größere Schreibgeschwindigkeiten gegeben, und damit war der Anwendungsbereich der ursprünglichen Braunschen Röhre ganz wesentlich erweitert.

Wenn auch die Dichtungsfragen bei dem verwendeten Hochvakuum für die Experimentatoren im ersten Augenblick die Hauptschwierigkeit dargestellt haben mögen, so wurden diese doch allmählich beherrscht. Dagegen trat eine Fülle neuer Probleme in den Vordergrund, die durch die Erweiterung des Anwendungsbereichs und die Steigerung der Anforderungen an Leistungsfähigkeit bedingt wurden. So setzte eine eifrige Weiterarbeit in verschiedenen Richtungen ein. In Deutschland sind daran beteiligt: ROGOWSKI und seine Mitarbeiter an der T. H. Aachen; GABOR, der zuerst im Laboratorium des Herrn Geheimrat ORLICH an der T. H. Berlin gearbeitet hat, anschließend bei der Studiengesellschaft für Hochspannungsanlagen. Die Arbeiten der letztgenannten Stelle wurden später vom Hochspannungslaboratorium der T. H. Berlin weitergeführt. Dort ist eine Reihe systematischer Entwicklungsarbeiten im Gange, bei denen ich mich der eifrigen Mitarbeit einiger Herren, insbesondere des Herrn Dr. KNOLL, erfreue. In Schweden arbeitet seit einer Reihe von Jahren NORINDER auf diesem Gebiet, in der Schweiz seit etwa zwei Jahren auch BERGER beim Schweizerischen Elektrotechnischen Verein.

Auf die Fülle der interessanten Probleme und Arbeiten soll jedoch heute nicht umfassend eingegangen werden. Auch ist nicht etwa beabsichtigt, den heutigen Stand der Arbeiten unseres Hochspannungslaboratoriums zusammenzufassen.

Vielmehr soll heute von einer ganz bestimmten Frage ausgegangen werden, nämlich dem Ein- und Ausbringen von Platten und Filmen in den Vakuumraum ohne Betriebsunterbrechung. Es war von Anfang an sehr hemmend, daß zu diesem Ein- und Ausbringen das Vakuum jedesmal zerstört werden mußte. Es wurden allgemein Schliffe verwendet, die hochvakuumdicht gehalten werden mußten. Das ist durchaus möglich und hat auch allen an der Entwicklung Beteiligten bald keine Schwierigkeiten mehr gemacht. Es war ja auch nicht die einzige vakuumtechnische Schwierigkeit, die in der ersten Entwicklungszeit zu überwinden war. Auf die etwas verschiedenen konstruktiven Lösungen soll hier nicht eingegangen werden.

Lästig war hauptsächlich der Zeitverlust, der beim Plattenwechsel und der anschließenden Wiederherstellung des Vakuums eintrat. Im Zusammenhang damit war auch der Wechsel zwischen Hochvakuum und Luftfüllung störend.

Es ist daher nicht verwunderlich, daß man trotz der offenkundigen Vorteile der Innenaufnahme nicht nachgelassen hat, auch auf verschiedenen anderen Wegen, bei denen die Platte nicht in das Hochvakuum gebracht werden muß, weiter zu entwickeln, und daß man dabei schon sehr bemerkenswerte Erfolge erreicht hat. Obschon an der T. H. Berlin ebenfalls Arbeiten in einer derartigen Richtung im Gange sind[2], so soll doch auch dieses Gebiet hier heute nicht behandelt werden. Jeder Fortschritt, sei es auf dem Gebiet der Innenaufnahme oder der

[1] ETZ 1929, S. 860.

[2] Knoll, Z. Techn. Phys. Bd. 10, S. 28.



Vermeidung derselben, kann nur mit Freuden begrüßt werden. Es liegt mir fern, mich abschließend für die eine oder andere Richtung auszusprechen, zumal die technischen Fortschritte noch so sehr im Fluß sind.

Es soll aber heute gezeigt werden, daß das Hinein- und Herausbringen von Platten und Filmen bei Innenaufnahmen tatsächlich ohne Betriebsunterbrechung in schneller Folge möglich ist. Dieses Sondergebiet, auf dem wohl bisher ausschließlich bei uns systematisch gearbeitet worden ist, ist soweit gefördert, daß es sich wohl lohnt, darüber ausführlich zu berichten."

Hierauf hält Herr Dipl.-Ing. Hochhäusler seinen Vortrag, der in der ETZ 1929, S. 860, veröffentlicht ist.

Vorsitzender: Ich danke den beiden Herren Vortragenden, Herrn Prof. MATTHIAS und Dipl.-Ing. HOCHHÄUSLER, für ihre außerordentlich interessanten Ausführungen, die vielen von uns sicherlich einen Einblick in einen erheblichen Fortschritt gewährt haben. Ehe wir uns den Oszillographen in seiner Wirkung vorführen lassen, möchte ich Sie bitten, Fragen an die Herren Vortragenden zu richten, um weitere Aufschlüsse zu bekommen.

Herr **Tamm:** Ich bitte den Herrn Vortragenden um Auskunft darüber, welchen Vorteil die Influenzmaschine gegenüber der Glühkathodengleichrichtung hat. Bei der Glühkathodengleichrichtung kann man nämlich beliebig konstante Spannungen erzielen, während eine Influenzmaschine mit Riemenantrieb, wie mir scheint, diese Konstanz nicht gewährleistet. Für Konzentrierung, Ablenkung usw. ist die Spannung am Entladungsrohr, nicht der Strom in ihm maßgebend. — Dann würde mich interessieren, zu erfahren, welche Zeitmaßstäbe die beiden Oszillogramme hatten, die die Spannung an einer Funkenstrecke bzw. Strom in einem Funken wiedergaben.

Herr **Hochhäusler:** Die Influenzmaschine haben wir deshalb gewählt, weil sich ihr innerer — sehr hoher — Widerstand leicht dem inneren Widerstande des Entladungsrohres anpaßt. Wenn man sehr schnelle Vorgänge aufnehmen will, dann ist, wie ich schon erwähnte, eine Gleichspannungsanlage, bestehend aus Transformator, Gleichrichterröhre und Kondensator, besser am Platze. Dem Kathodenstrahl kann man eine größere Intensität verleihen, und man kann mit größerer Geschwindigkeit schreiben.

Die Zeitdauer des Vorganges bei den Oszillogrammen (Abb. 11 a und b) betrug $3 \cdot 10^{-5}$ s bei dem oberen und etwa $5 \cdot 10^{-5}$ s bei dem unteren Oszillogramm. Hier sollte auch keine besonders schnelle Schwingung gezeigt werden sondern nur die Art, in der der Oszillograph funktioniert. Natürlich kann man mit ihm auch wesentlich schnellere Schwingungen aufnehmen, auch in Verbindung mit der Influenzmaschine. Bei den letzten Oszillogrammen (Abb. 12) handelt es sich um Wellenlängen von 2000 bzw. 960 m. Die Aufnahme des ersten (12 a) erfolgte noch mit der Influenzmaschine. Erst bei der letzten (12 b) wurde eine Glühkathodengleichrichtung angewandt.

Herr **Scheller:** Liegt ein besonderer Grund vor, den Filmvorrat in das Vakuum zu bringen?

Herr **Hochhäusler:** Ja. Herr Prof. MATTHIAS hat insbesondere darauf hingewiesen, daß ein möglichst großer Filmvorrat im Vakuum vorhanden sein soll. Der Film gibt nämlich viel leichter Gase ab als Platten. Man muß deshalb den Filmvorrat vertrocknen und entgasen. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, den Film in das Hochvakuum oder wenigstens in ein Vorvakuum zu bringen.

Herr **Matthias:** Ich will ergänzend bemerken, daß es sehr gut möglich ist, den Film auf der einen Seite hinein und auf der anderen Seite wieder herauszubringen. Wir sind seinerzeit mit Rücksicht auf die Gewitteraufnahmen von einem recht großen Filmvorrat (300 m) ausgegangen. Der Apparat ist von HOCHHÄUSLER um die Jahreswende 1926/27 konstruiert worden und sollte für die bevorstehende Gewitterperiode in Betrieb genommen werden. Um nicht Zeit zu verlieren und sicher zu gehen, haben wir uns schnell entschlossen, nur die Filmeinführung zu benutzen.

Herr **Hochhäusler:** Ich möchte noch bemerken, daß ich gleichzeitig Versuche unternommen habe, wobei ich den Film von außen durch das Quecksilberrohr in das Vakuum hineingeführt und auf demselben Wege wieder hinausgeführt habe. Auch hierbei zeigte sich keine Störung des Vakuums und auch keine Veränderung des Films durch das Quecksilber. Ich habe mit dem Film nachher gute Landschaftsaufnahmen machen können.

Herr **Schmalz:** Mich würde interessieren, wie die Aufnahmen in der Gewitterstation praktisch gemacht werden. Von einer kontinuierlichen Aufnahme kann man doch wohl nicht reden, da ich jedesmal die Spannung zur Ablenkung einschalten muß. Ich kann also immer nur kurze Momente erfassen. Wie fasse ich nun den Augenblick, der mich interessiert, also den Blitz?

Herr **Matthias:** Das Problem, den richtigen Zeitpunkt zu erwischen, ist eine Technik für sich, die in dem Kipprelais enthalten ist. Hierüber verweise ich auf die Arbeiten GABORS. Die Frage ging wohl auch dahin, wie man auf dem fortlaufenden Film den ganzen Vorgang aufnehmen kann. Der Filmstreifen läuft langsam mit einer gewissen Vorschubgeschwindigkeit. Wenn ein Vorgang kommt, wird der Strahl gewissermaßen aus einem Versteck plötzlich herausgeschleudert und auf der Achse, auf der sich zufällig der Film bewegt, mit einer bestimmten Geschwindigkeit in der Längsrichtung vorwärtsgeschoben. Senkrecht dazu wird der Vorgang aufgeschrieben. Wenn der Vorgang zu Ende ist, wird der Strahl verdeckt zurückgeschoben und verschwindet in seinem Versteck. Meist besteht nun der Blitz aus einer Reihe von Vorgängen, die einige hundertstel Sekunden auseinanderliegen. Bei dem zweiten Vorgang ist also der Apparat wieder betriebsbereit. Wenn man Glück hat, ist das Band schon um mehrere Zentimeter weitergelaufen. Immerhin kann man auch schon bei einigen Millimetern das Ende des ersten und den Anfang des zweiten Vorgangs sehr gut feststellen.

Herr **Meyer:** Mich interessiert zu erfahren, ob eine Vorrichtung getroffen ist, durch die verhindert wird, daß der Film etwas Quecksilber in den Hochvakuumraum mit hineinnimmt.

Herr **Hochhäusler:** Ich hatte gesagt, daß ein Oszillograph, bei dem der Film durch das Quecksilber hindurch in den Hochvakuumraum eingeführt wird, noch nicht ausgeführt ist, daß ich aber Vorversuche in dieser Richtung bereits unternommen habe. Dabei hat sich herausgestellt, daß geringe Mengen des Quecksilbers in das Innere des Vakuumraumes gelangen. Die Oberfläche des Quecksilberrohres ist selbstverständlich schmal gehalten. Wenn man den Oszillographen abschließen würde, dann würde sich im Oszillographen der Quecksilberdampfdruck einstellen, so daß sich der Kathodenstrahl nicht mehr recht ausbilden könnte. Aber die Hochvakuumpumpe muß so leistungsfähig sein, daß der Gasdruck im Hochvakuumraum unter dem Partialdruck des Quecksilberdampfes liegt. Dann schadet die geringe Menge Quecksilber nicht mehr. Bei dem ausgeführten Oszillographen ist auch verhindert, daß das Quecksilber in das Entladerohr gelangen kann. Das verdampfende Quecksilber wird sofort von der Pumpe abgeführt. Eine Störung des Vakuums tritt also nicht ein."

Hierauf führt Herr Dipl.-Ing. Hochhäusler den Oszillographen vor.

Mit Worten des Dankes an den Vortragenden und die Diskussionsredner schließt der Vorsitzende die Sitzung.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär.
Dr. Schmidt.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Von der T. H. Danzig wurden zum Dr.-Ing. E. h. ernannt: Der Präsident des Reichspostzentralamtes in Berlin August Kruckow in Anerkennung hervorragender Verdienste auf dem Gebiete der Fernmeldetechnik, insbesondere um die technische Entwicklung und Ausgestaltung des Selbstanschlußbetriebes, ferner der Direktor der Siemens & Halske A. G. Dr. phil. h. c. Fritz Lüschen in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Entwicklung der technischen Elektroakustik, der Fernsprech- und Telegraphentechnik. — Dem Direktor der Siemens-Schuckertwerke A. G. Hermann Tonnemacher, Berlin, wurde von der T. H. Hannover in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Entwicklung und Förderung des Kraftmaschinen- und Kraftwerkbaus die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen. Direktor Tonnemacher ist Leiter der Abteilung zur Errichtung maschineller Kraftwerke der SSW und konnte vor kurzem sein 35jähriges Dienstjubiläum feiern. Viele Wasser- und Dampfkraftwerke verdanken ihre Entstehung seiner Initiative.



BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Der Parallelkondensator in Frequenzvervielfachungs-Schaltungen.

Das in der Arbeit von HILPERT und SEYDEL in der ETZ 1929, S. 149 wiedergegebene Schaltbild (Abb. 7) stellt eine kapazitive Ankopplung des Sekundärkreises vor, wie aus einem vervollständigten Prinzipschema (Abb. 1) zu entnehmen ist. Gegenüber der üblichen Schaltungsweise (Abb. 2), bei welcher der Sekundärkreis induktiv angekoppelt ist, kann daher bei entsprechender Dimensionierung kein wesentlicher Unterschied bezüglich Kurvenform der Sekundärkreisschwingung und abgegebener Leistung zu erzielen sein, vielmehr bietet die induktive Ankopplung durch ihre leichte Veränderlichkeit einen großen Vorteil. Maßgebend für die Dimensionierung des Stoßkreises ist vor allem die Größe der Induktivität des gesättigten Wandlers, die „Frequenzwandlerstreuung", die wesentlich niedriger gehalten werden muß, als sie in der Arbeit angegeben und auch dort aus Abb. 3 ... 6 zu entnehmen ist. Es ist dann ohne weiteres möglich, bei ausreichender Größe der Kopplungsspule die Stoßkreiskapazität C_{II} groß zu halten (etwa 5 : 1 gegenüber der Primärkreiskapazität C_{II} bei Verneunfachung) und durch entsprechende Ausführung des Sekundärkreises eine Siebwirkung vorzunehmen. (Verringerung der Dämpfung durch Vergrößerung des Verhältnisses L_{III} C_{III}, Symmetrierung mit Sperrkreis usw.)

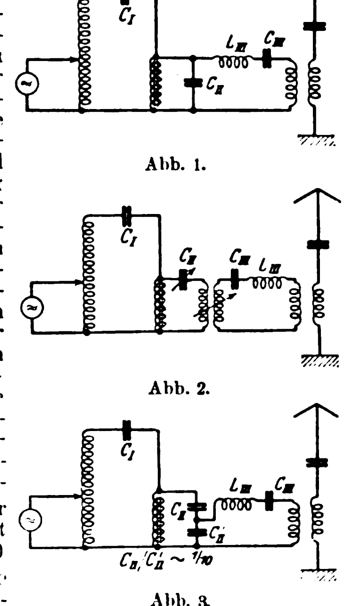


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 3.

Sollte aber aus irgendeinem Grunde kapazitive Ankopplung des Sekundärkreises vorteilhaft erscheinen, z. B. wegen räumlicher Verkleinerung von Sendern großer Leistung, womit gleichzeitig Verringerung der Raumkapazität des Stoßkreises verbunden ist, so muß diese Ankopplung durch Spannungsteilerschaltung nach Abb. 3 vorgenommen werden. Denn für genügend lose Ankopplung müßte nach der vorgeschlagenen Schaltung (Abb. 1) C_{III} sehr klein und damit L_{III} sehr groß werden, die Spannung dieser zwei Bestimmungsstücke somit sehr hoch werden, was für Raumkapazität und eventuell Spuleneigenschwingung ungünstig werden kann.

Bedauerlicherweise ist eine Vergleichsmessung des Nebenwellenverhältnisses mit und ohne Parallelkondensator nicht ausgeführt worden, denn der verhältnismäßig geringe Unterschied des Abklingens der Amplituden des Sekundärstromes in Abb. 11 u. 12 des Aufsatzes (auf 12 % ohne, auf ca. 30 % mit Parallelkondensator), der wahrscheinlich auch auf zu feste Ankopplung zurückzuführen ist, läßt die Behauptung des Verschwindens des breiten Frequenzbandes bis auf nur eine Nebenwelle in der angegebenen Schaltung ohne jede Siebmittel zweifelhaft erscheinen.

Berlin, 14. V. 1929. Kramar.

Erwiderung.

1. Die Schaltung Abb. 1 ist nicht gleichbedeutend mit der Schaltung Abb. 2. Während nämlich in Abb. 2 der Antennenkreis, der Zwischenkreis und der direkt mit dem Frequenztransformator verbundene Sekundärkreis (mit dem Kondensator C_{II}) auf eine bestimmte, ungerade höhere Harmonische der Maschinenfrequenz abgestimmt sein müssen, hat in Abb. 1 das System Parallelkondensatorkreis und Sekundärkreis zwei verschiedene, aber bei bestimmter Antennenfrequenz ebenfalls genau festgelegte Frequenzen. Nur so kann nämlich die „entdämpfende" Wirkung des Parallelkondensators voll zur Wirkung kommen.

2. Weil gewöhnlich die durch den Parallelkondensator hauptsächlich bestimmte Frequenz diejenige ist, welche niedriger (und zwar erheblich) als die Antennenfrequenz ist, kann der Parallelkondensator verhältnismäßig groß sein und seine aussiebende Wirkung ausüben.

3. Streuinduktivität des Wandlers dürfte bei der hier benutzten Anordnung kaum in Frage kommen, da der Frequenzwandler als Toroid ausgebildet und vollkommen gleichmäßig bewickelt ist.

4. Die Spannungsteilerschaltung, welche Herr KRAMAR anführt, ergibt keine Leistungsänderung in der Antenne, auf keinen Fall eine Verbesserung. Die Befürchtung bzgl. der Eigenkapazität der Sekundärkreisspule ist wegen ihrer verhältnismäßig geringen Größe bei dem hier benutzten hohen Vervielfachungsgrad praktisch kaum vorhanden.

5. Bezüglich des Abklingens der Amplituden des Sekundärkreisstromes innerhalb einer Maschinenhalbperiode ist zu bemerken, daß bei Einschaltung eines Parallelkondensators die Amplituden nicht, wie Herr KRAMAR angibt, auf 30 % ihres Höchstwertes absinken, sondern nur auf etwa 50 %, wie auch aus der Abb. 12 unserer Arbeit hervorgeht. Bei gleicher Leistung ist der Abfall der Amplituden des Sekundärkreisstromes ohne Benutzung eines Parallelkondensators dagegen etwa 88 %, der Amplitudenwert sinkt dann also bis auf etwa 12 % ab.

6. Aus einem Vergleich der Amplitudenbegrenzungskurven mit und ohne Parallelkondensator (Abb. 10 unserer Arbeit) ist schon ohne Fouriersche Analyse deutlich zu erkennen, daß die Zahl und Größe der von der Antennenfrequenz abweichenden höheren Harmonischen der Maschinenfrequenz im Sekundärkreis kleiner ist, wenn ein passender Parallelkondensator eingeschaltet wird.

Breslau, 24. V. 1929.

Gg. Hilpert. H. Seydel.

LITERATUR.

Besprechungen.

Handbuch der Physik. Herausg. v. H. Geiger u. K. Scheel. Bd. 3: Mathematische Hilfsmittel in der Physik. Redig. v. H. Thirrig. Mit 138 Abb., XIV u. 617 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 57 RM; geb. 59,50 RM.

Man hat es für nötig gehalten, dem großen Sammelwerk „Handbuch der Physik", das das physikalische Wissen im Zusammenhange zur Darstellung bringen soll, einen Band einzufügen, der den „Mathematischen Hilfsmitteln in der Physik" gewidmet ist. Die Herausgeber des Handbuches sowohl als auch der Bandredakteur Herr H. Thirring werden sich bewußt gewesen sein, wie schwierig und gleichwohl undankbar die Aufgabe sein mußte. Der zur Verfügung der Bearbeiter zu stellende Raum konnte nur ein beschränkter sein. Demgegenüber ist die Stoffmenge eine ungeheure, denn es gibt doch kaum Gebiete der Mathematik, die überhaupt keine Anwendung in der Physik finden. Die Entwicklung der Analysis war ja gerade nicht zum wenigsten dadurch bedingt, daß es galt, für die exakte quantitative Behandlung physikalischer Fragen geeignete Denkmittel zu schaffen. Anderseits braucht man nur daran zu erinnern, daß die Relativitätstheorie große Gebiete abstrakter geometrischer Forschung in den Gesichtskreis des Physikers gerückt hat, und die Entwicklung der Atomtheorie die Heranziehung von manchen Kapiteln der linearen Algebra und der Theorie der algebraischen Formen notwendig macht. Schließlich erfordert die Notwendigkeit, die Ergebnisse praktischer Messungen ebensowohl wie die der theoretischen Spekulation bis zu genauen zahlenmäßigen Angaben auszuwerten, ein Eingehen auf die mathematische Exekutive, die sog. praktische Mathematik. Man sieht, wie schwer die Aufgabe des Redakteurs sein mußte, als es galt, den Rahmen richtig abzustecken, den Stoff so auszuwählen, daß nichts Wesentliches fehlt, und anderseits Dinge beiseite gelassen werden, die, mögen sie auch an einzelnen Stellen der Physik auftreten, doch für ihr Gesamtgebiet von geringerer Wichtigkeit sind. Nicht geringer war die Schwierigkeit, als es galt, die allgemeinen Richtlinien festzulegen, die den Verfassern der einzelnen Abschnitte für ihre Darstellung die Wege weisen sollten. Bei der Wahl der Grundlagen, auf denen man aufbauen wollte, konnte es zweifelhaft sein, ob man die Infinitesimalrechnung als bekannt voraussetzen oder sie mit aufnehmen sollte. Der Redakteur hat sich für die Aufnahme entschieden und damit den Stoff so abgegrenzt, daß alles, was zur Hochschulausbildung zu gehören pflegt, in dem Buche seine



Stätte hat. Des weiteren war die Frage offen, wie man den Stoff darbieten sollte. Sollte man rein die mathematischen Tatsachen zusammenstellen, ohne ihre Beziehungen zu den physikalischen Fragen, zu denen sie gehören, zu berühren, oder sollte man gerade von den physikalischen Problemen aus sich den Zugang zu ihrer mathematischen Formulierung suchen, wofür die geschichtliche Entwicklung die schönsten Beispiele zahlreich darbietet. Wohl der Gedanke, daß dieses Letztere ja in den vielen Bänden des Handbuches genügend aufgezeigt werde, hat den Redakteur bestimmt, sich für die Wahl des ersten Weges zu entscheiden. Damit ist auch bereits gesagt, daß dem Werke jede pädagogische Zielsetzung fernliegt. Jeder, der auf den Gedanken käme, sich mit Hilfe dieses Bandes mathematische Kenntnisse anzueignen, würde bald in Verzweiflung geraten. Ja, es erscheint mir fraglich, ob es einem Physiker mit einer durchschnittlichen mathematischen Bildung leicht fallen würde, sich an Hand eines Artikels des Buches in ein Sondergebiet, das ihm fremd ist, einzuarbeiten. Der Redakteur und die Verfasser haben den Sinn ihrer Darstellung wohl vielmehr darin gesehen, unter Verzicht auf alle physikalischen Beispiele ein Nachschlagewerk zu schaffen, in dem sich ein Physiker, der ein mathematisches Gebiet im ganzen kennt, über Einzelheiten, die ihm entfallen sind, rasch Rat holen kann.

Der Inhalt des Bandes gliedert sich, wie man leicht auch ohne daß es ausdrücklich hervorgehoben ist, erkennen kann, in drei Hauptteile. Die ersten vier Kapitel, die 180 Seiten umfassen und von A. Duschek herrühren, behandeln die Gebiete, die das Hochschulstudium einzuleiten pflegen. Es mag zur Kennzeichnung des gewählten Standpunktes angeführt sein, daß die Darstellung der Infinitesimalrechnung mit den Axiomen der Mengenlehre einsetzt. Vielleicht berührt es einen Leser dann eigentümlich — ist aber natürlich im Wesen eines Handbuches wohl begründet — wenige Seiten später eine Zusammenstellung der Formeln der elementaren Trigonometrie zu finden. Hat man sich an dieses Nebeneinander ganz elementarer und verhältnismäßig schwieriger Dinge gewöhnt, so wird man nicht zögern, das Geschick des Verfassers für eine vollständige Darbietung und übersichtliche Anordnung seines Stoffes anzuerkennen. Neben der Infinitesimalrechnung behandelt er aus der Algebra die Lehre von den Determinanten und Matrizen, die linearen Gleichungen und die quadratischen Formen, die für die Kristallphysik wichtige elementare Gruppentheorie und streift kurz die Theorie der algebraischen Gleichungen, deren numerische Auflösung nicht vergessen wird. Weiter hat er in zwei Kapiteln die Geometrie einschl. der Differentialgeometrie dargestellt, wobei auch Liniengeometrie, nichteuklidische Geometrie und Topologie eingeordnet sind.

Die Kapitel 5 ... 11, die das Mittelstück bilden, stammen von Th. Radakovic und J. Lense, sie behandeln die wichtigsten Gebiete der Analysis. Ihre Darstellung war wohl am schwierigsten, weil die Fülle des Stoffes hier jeden Rahmen zu sprengen droht. So wird man auch bei aller Anerkennung des gewählten Standpunktes in manchen Dingen anderer Meinung als die Verfasser sein können. Vielleicht wäre hier eine engere Bezugnahme auf wirkliche physikalische Probleme für die Darstellung von Vorteil gewesen und würde auch zu einer etwas anderen Auswahl des Stoffes geführt haben. Hier folgt einem Abschnitt über Vektor- und Tensorrechnung mit den Erweiterungen, wie sie die Entwicklung der Relativitätstheorie notwendig gemacht hat, eine Darstellung der Funktionentheorie, bei der neben der ausführlichen Behandlung der elliptischen Funktionen die etwas stiefmütterliche Behandlung der konformen Abbildung auffällt. Wohl allzuknapp sind die beiden Abschnitte über die Reihenentwicklungen der mathematischen Physik und die Integralgleichungen geraten, die zusammen nur 20 Seiten umfassen. Den beiden Abschnitten über gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen folgt schließlich eine Darstellung der Variationsrechnung, bei der neben der klassischen Theorie auch die neuen direkten Methoden aufgezeigt werden.

Den Übergang vom Mittelstück zum letzten Teil bildet der besonders wertvolle, ausführlicher gehaltene Artikel von F. Zernike über Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik, der etwa 80 Seiten umfaßt. Wenn er naturgemäß auch nicht zur Einführung eines Anfängers in das Gebiet geeignet ist, so wird doch jeder Leser mit einer gewissen Kenntnis des Gebietes sich über die Vervollkommnungen, die durch neuere Forschungen erreicht sind, in bester Weise unterrichten können. Die letzten drei Kapitel, im Umfange von etwa 150 Seiten sind von K. Mader verfaßt. Sie umfassen die als praktische Mathematik bezeichneten Disziplinen der Ausgleichsrechnung, des graphischen und numerischen Rechnens. Diese Abschnitte werden dem praktisch tätigen Physiker besonders willkommen sein, da die behandelten Gebiete auch heute wohl noch nicht an allen Universitäten die für den Praktiker notwendige Pflege erfahren. Rühmend hervorgehoben werden müssen noch das 12 engbedruckte Seiten umfassende Sachregister sowie die bekannt gute Ausstattung des Springerschen Verlages.

Man hat wohl die Frage aufgeworfen, ob die mannigfachen enzyklopädischen Unternehmen von heute die mühsame Arbeit, die sie verlangen, lohnen werden. Wünschen wir den Mitarbeitern an diesem Bande, daß ihre Leistung vielen die Mühe langwieriger Suchens ersparen möge.

G. Prange.

Handbuch der Physik. Von H. Geiger u. K. Scheel. Bd. 6, Mechanik der elastischen Körper, redigiert von R. Grammel. Mit 290 Abb., XII u. 632 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 56 RM, geb. 58,60 RM.

Der Inhalt dieses Buches hat fast noch größere Bedeutung für die heutige Technik als Bd. V. Kap. 1, Physikalische Grundlagen der Elastomechanik von A. Busemann u. O. Föppl, befaßt sich mit den Festigkeitseigenschaften der Baustoffe und bezüglichen Versuchen. Man erkennt die Fülle der bisher geleisteten Arbeit und ersieht, was alles noch der Aufklärung und Erledigung harrt. In Ziffer 6, 18, 22, 24 ist auf die Bedeutung der Vererbungsmechanik hingewiesen; der Name V. Volterra, der hiermit eng verknüpft ist, findet sich nirgends. Kap 2, Mathematische Elastizitätstheorie von E. Trefftz, gibt eine ausgezeichnete Übersicht über die allgemeinen Probleme auch als Grundlage für die beiden folgenden Kapital. Kap. 3 enthält die Elastostatik von J. W. Geckeler. Es wird wohl kaum ein Gebiet dieses Zweiges geben, das hier nicht angeschnitten ist, so daß der Ingenieur, der sich heute ganz intensiv mit dieser Sache befassen muß, eine wertvolle Übersicht erhält. Kap. 4, Elastokinetik von F. Pfeiffer, widmet einen Abschnitt den fortschreitenden Wellen in unendlich ausgedehnten elastischen Medien, den Rest den Schwingungen von allseitig begrenzten elastischen Systemen: Saite, Stab, Membran, Platten, Schalen, Kugeln und Zylindern. Genau wie der Inhalt von Kap. 3 sind auch die hier behandelten Disziplinen für den Techniker unentbehrliches Hilfsmittel; die übersichtliche Anordnung der schwierigen Materie wird ihm die Durchdringung in hohem Maße erleichtern. Die Elastizitätstheorie anisotroper Körper von J. W. Geckeler (Kap. 5) hat trotz seiner Bedeutung für die theoretische Physik vorläufig kaum Verwendung in der Technik gefunden. Plastizität und Erddruck von A. Nádai (Kap. 6) bildet eine notwendige Ergänzung der vorhergehenden Kapitel, namentlich mit Rücksicht auf die Erscheinung des Fließens beim Bruch. Der Stoß von Th. Pöschl (Kap. 7) gibt eine ausführliche Diskussion aller hierher gehörigen Fragen und läßt erkennen, welche Schwierigkeiten noch zu überwinden sind, bis eine technischen Ansprüchen genügende Sicherheit bei Beschreibung der Vorgänge erreicht ist. Den Schluß bildet eine Besprechung experimenteller Methoden. Das 8. Kap. Seismik von G. Angenheister gibt eine Übersicht über die Theorie der seismischen Instrumente, Theorie der Erdbebenwellen und diesbezügliche Beobachtungen. Die klare Darstellung dürfte allgemeines Interesse beanspruchen. Die Zahlentafeln des Anhangs werden bei Anwendungen wertvolle Dienste leisten. Der ganze Band, der in der glücklichen Auswahl des Stoffes und der Darstellung auch die geschickte Hand der Redaktion erkennen läßt, reiht sich in jeder Beziehung würdig dem bereits besprochenen Band V an und gibt mit diesem zusammen eine Übersicht über das gesamte Gebiet der Mechanik fester Körper, die sich in der wissenschaftlichen und technischen Welt nur Freunde schaffen wird. Druck und Ausstattung sind vorzüglich wie bei Band V.

Georg Duffing.

Untersuchungen zur Quantentheorie. Von L. de Broglie. Übers. v. Dr. W. Becker. Mit 6 Textabb. u. 88 S. in 8°. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1927. Preis kart. 5,80 RM.

Das große Interesse, das seit dem Auftreten der Quantenmechanik den einschlägigen Veröffentlichungen zugewandt worden ist, hat zu einem Neudruck mancher ihrer grundlegenden Abhandlungen geführt. Unter diesen Neudrucken verdient die Arbeit de Broglies aus den Annales de Physique 10, III, besonderes Interesse, ist doch de Broglie der eigentliche Begründer wellenmechanischer Vorstellungen in der Dynamik des Elektrons gewesen

Nachdem seine Ideen dann durch die Wellenmechanik Schrödingers einen ungeahnten Ausbau gefunden haben, ist es vor allem für den deutschen Physiker, der diese Gedanken zumeist nur aus der fertigen Form der Schrödingerschen Theorie kennt, von ganz besonderem Wert, den ursprünglichen Entwurf de Broglies kennenzulernen. Einer historischen Einleitung folgen Kapitel über die Phasenwelle, das Maupertuissche und das Fermatsche Prinzip, die quantentheoretischen Stabilitätsbedingungen der Bahnen, Quantisierung der gleichzeitigen Bewegungen zweier elektrischen Zentren, die Lichtquanten, die Streuung der X- und γ-Strahlen, die statistische Mechanik und die Quantentheorie. Der deutschen Ausgabe ist von de Broglie ein französisch geschriebenes Vorwort vorangesetzt worden, in dem er die weitere Entwicklung seiner Ideen in der Quantenmechanik Schrödingers und Heisenbergs kurz skizziert. Sein Urteil über diese Entwicklung möge mit seinen eigenen Worten wiedergegeben werden: „la Dynamique de Newton et la théorie des Ondes de Fresnel sont venues se rejoindre et cette synthèse d'une grande beauté intellectuelle nous a fait pénétrer au coeur même de la question des quanta et a ouvert à la Physique théorique d'immenses horizons nouveaux."

Hans Reichenbach

Sveriges Elektricitetsverksindustri. Minnesskrift vid Svenska Elektricitetsverksföreningens 25 Års Jubileum. Von J. Körner. Mit zahlr. Abb. u. 160 S. in 4°. Stockholm 1928. Preis 5 Kr.

Die schwedische Vereinigung der Elektrizitätswerke hat im September 1928 ihr 25jähriges Jubiläum gefeiert und aus diesem Anlaß diese Festschrift veröffentlicht. Das Vorwort erinnert daran, wie die Elektrotechnik im Laufe von 100 Jahren aus einem unbedeutenden Keim zu einem der wichtigsten Hilfsmittel der Menschheit entwickelt wurde, u. zw. nicht geradlinig, sondern in einem Tempo, das man am besten durch Exponentialfunktionen ausdrückt. Namentlich die Forschritte in der elektrischen Fernübertragung und die darauf gegründete Stromversorgung haben sich in den jüngsten 25 Jahren entwickelt. Die Kraftquellen Schwedens ließen sich dank der Elektrotechnik zu einem bedeutenden Nationalvermögen aufwerten, dessen Ausnutzung und Verwaltung zu pflegen ist. Diese Aufgabe liegt der Elektrizitätswerksindustrie in erster Linie ob, wozu allerdings das Verständnis der Allgemeinheit und der Behörden erwünscht ist. Zur Förderung dieses Gedankens hat der Verfasser sich die Aufgabe gestellt, den Werdegang der Elektrizitätswerksindustrie und deren Zukunftsaussichten in allgemeinverständlicher Form zu erörtern. Wenngleich die Schrift sich eigentlich nur an die schwedischen Interessenten wendet, kann sie doch denjenigen empfohlen werden, welche sich rasch über die einschlägigen Fragen unterrichten wollen, und die graphischen Darstellungen machen vielfach den Inhalt auch für den mit der Sprache nicht vertrauten Leser durchaus verständlich.

Halden.

Eingegangene Doktordissertationen.

Gottfried Rose, Die Durchlässigkeit von Glas für ultraviolettes Licht. T. H. Dresden 1929.

Herbert Draeger, Einfluß der Abrundung beim Ziehen von Hohlkörpern aus dünnen Blechen. T. H. Dresden 1929. VDI-Verlag GmbH, Berlin.

Alfred Mann, Untersuchungen von Räumnadeln mit verschiedenen Schnittwinkeln und Fasenbreiten. T. H. Dresden 1929. VDI-Verlag GmbH, Berlin.

Artur Mayer, Die magnetischen Verhältnisse an schraubenförmigen Eisenkörpern. T. H. Stuttgart 1927.

Kurt Mütze, Die Festigkeit der Schraubenverbindung in Abhängigkeit von der Gewindetoleranz. T. H. Dresden 1929. Verlag Bauer & Schaurte, Rheinische Schrauben- u. Mutternfabr., Neuß a. Rh.

Karl Niemeyer, Über die Messung kleiner Kapazitätsänderungen mittels ungedämpfter elektrischer Schwingungen. T. H. Hannover 1929. Universitätsverlag Robert Noske, Borna-Leipzig.

Bruno Reiter, Untersuchungen über die Abhängigkeit der Meßgenauigkeit von der künstlichen Beleuchtung. T. H. Dresden 1929.

Horst Teichmann, Über die Höchstgeschwindigkeit lichtelektrischer Elektronen im selektiven Empfindlichkeitsbereich des Kaliums. T. H. Dresden 1929. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

AEG-General Electric Co. — Nach Informationen der Frankf. Zg. schweben zwischen diesen beiden Gesellschaften seit einiger Zeit Verhandlungen mit dem Zweck, die General Electric Co. in stärkerem Maß als bisher an der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft zu interessieren und gleichzeitig durch neue Verträge auf technischem und wirtschaftlichem Gebiet eine Wahrung und Stärkung der deutschen Belange und ihre bessere Einschaltung in internationaler Beziehung zu erreichen[1]. Wenn, so sagt die genannte Zeitung, die Verhandlungen programmäßig verlaufen, dürfte man schon bald mit einer Kapitalerhöhung der AEG zu rechnen haben, bei der die General Electric zu ihrem bereits im freien Markt erworbenen Besitz einen beachtlichen Betrag neuer AEG-Aktien zu übernehmen hätte. Dieser Notiz hat die Frankf. Zg. sodann eine weitere Ausführung folgen lassen[2], in der sie bemerkt, daß die seit längerer Zeit beobachteten Ankäufe von AEG-Aktien teils als Vorbereitung, teils als Begleitmusik der schwebenden Verhandlungen gelten dürften, die auf eine engere Verbindung zwischen den beiden von alters her befreundeten Gruppen hinzielen. Was auf amerikanischer Seite als Leitmotiv für diese Verstärkung der schon vorhandenen Beziehungen gelten könnte, lasse sich vielleicht folgendermaßen umschreiben: „Die General Electric steht in einer Periode stärkster Kraftentfaltung. Gleichzeitig mit der Vollendung ihrer riesigen Anlagen in Schenectady hat sie ihre Absatzorganisation auf dem nordamerikanischen Kontinent ausgebaut, sich aber in dem gleichen, für die industrielle Entwicklung drüben typischen Tempo auch Stützpunkte für das Auslandsgeschäft geschaffen, teils in eigenen Gründungen, teils in Form von Beteiligungen. Dafür gab es zwei Gebiete: das noch recht unerschlossene Mittel- und Südamerika und anderseits Europa. Unter Einsatz gewaltiger Mittel aus Neuemissionen und Gewinnen ist es ihr z. B. in Südamerika gelungen, im Wettlauf mit europäischen Konkurrenten überall dort Fuß zu fassen, wo sie Aussichten für die Verwertung ihrer zahlreichen, vielseitigen Patente erkannte. Ihre Finanzkraft und ihre Monopolstellung im Technischen hat sie frühzeitig auch in Europa erfolgreich eingesetzt. Verträge und Kapitalbeteiligungen sicherten ihr Einfluß in fast allen bedeutenden Staaten. Ein ganzes Netz von Verträgen und Kapitalbeziehungen geht also von den V. S. Amerika aus; an seiner Verdichtung wird laufend gearbeitet. Ist dadurch schon die Möglichkeit häufigen Zusammentreffens im Wettbewerb gegeben, so mag gerade im Falle AEG noch etwas Besonderes mitspielen: die deutsche Gesellschaft besitzt auf Grund jahrelanger praktischer Eigenbetätigung reiche Erfahrung im Ostgeschäft, besonders mit Rußland. Und wenn auch die General Electric die bekannten Abmachungen mit dem Starkstromtrust der UdSSR[3] selbständig getroffen hat, so ist es doch durchaus wahrscheinlich, daß sie zu deren Abwicklung einer erfahrenen Hand nicht entraten kann. Auch die Harrimanschen Konzessionen in Polen[4] und starke Initiative französischen Kapitals auf dem Balkan mögen Anlaß geben, sich über die Zukunftschancen dieser Märkte zu unterhalten. Wie das im einzelnen erfolgen soll, ob durch Ausdehnung der laufenden Patentverträge auf diese Länder, ob durch Abgrenzung der beiderseitigen Interessensphären, ob durch Preisvereinbarungen, ob durch gemeinsame Expansion oder wie auch immer, das wird sich über kurz oder lang zeigen. Jedenfalls ist für die Ausdehnungsbestrebungen der General Electric vor allem in Mittel- und Osteuropa die AEG der historisch gegebene Helfer."

Inzwischen sind die Verhandlungen beider Gesellschaften bereits zum Abschluß gekommen, und die AEG hat soeben deren Ergebnis in einem ausführlichen Kommuniqué veröffentlicht, das wir im nächsten Heft dem Leser mitteilen werden. Die International General Electric Co. erwirbt danach 30 Mill RM Stammaktien der AEG.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[5]. — Dem Monatlichen Nachweis für Juni 1929 zufolge hat sich innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B die Einfuhr gegen den Vormonat (23 934 dz bzw. 5,923 Mill RM) um 15 496 dz (65 %) und 1,567 Mill RM (26 %) verringert. Ebenso zeigt die Ausfuhr gegenüber dem Mai (139 292 dz bzw. 44,757 Mill RM) eine Abnahme um 9948 dz (7 %) bzw. 2,426 Mill RM (5 %); sie weist an Reparationssachlieferungen 993 dz im Wert von 0,479 Mill RM auf. Während des ersten Halbjahres ist, verglichen mit der gleichen Periode des Vorjahres, die Einfuhr um 13 936 dz (27 %) und 4,477 Mill RM (20 %) gestiegen, und der Stückzahl nach ergeben sich für sie 7711 Licht-

[1] Vgl. hierzu auch ETZ 1929, S. 1071.
[2] 1929, Nr. 554.
[3] Vgl. ETZ 1929, S. 735.
[4] Vgl. ETZ 1929, S. 1029.
[5] Vgl. ETZ 1928, S. 1283; 1929, S. 1071.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz Juni 1929	Einfuhr in dz Januar/Juni 1929	Einfuhr in dz Januar/Juni 1928	Ausfuhr in dz Juni 1929	Ausfuhr in dz Januar/Juni 1929	Ausfuhr in dz Januar/Juni 1928
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	101	562	1 167	575*	4 256*	3 218*
907 b bis g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1].	3 395	17 271	24 073	24 566*	150 520*	159 924*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	523	1 208	467	1 817*	9 912*	15 582*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden) . .	414	3 220	3 613	4 357*	24 548*	25 745*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	1 351	27 692	8 835	49 789*	288 268*	208 571*
910 a bis c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	18	87	63	328	2 418*	1 873
911 a	Metallfadenlampen	207	1 085	1 009	1 095*	5 770*	5 607*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	7	21	23	27	210*	415
912 A 1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	23	74	22	16	167*	112
912 A 2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon .	132	375	255	1 569*	9 227*	7 616*
912 A 3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	538	3 057	1 780	3 428	24 921*	18 793*
912 A 4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	148	1 016	1 130	2 437*	16 906*	14 735*
912 B	Bügeleisen; Bestandteile davon	—	13	14	865	3 667*	3 065
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; Bestandteile davon	204	1 017	701	1 080*	7 254*	5 729*
912 D	Röntgenröhren; Bestandteile davon	2	12	5	15	97*	62
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	269	1 544	1 551	1 750*	12 740*	8 204*
912 F 1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	19	96	91	1 159	6 144*	5 263*
912 F 2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	982	6 708	6 320	24 674*	153 579*	151 592*
912 F 3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	64	390	308	1 528	9 173*	8 205*
912 F 4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	32	250	308	4 944	30 835	23 019
912 F 5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	4	143	133	[6]	[6]	[6]
912 F 6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	5	32	69	35*	300*	259*
912 F 7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 287	15 650*	11 168*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet .	—	—	—	3	6	21
	Summe von Tarifunterabschnitt 18 B: Menge in dz . .	8 438	65 873	51 937	129 344*	776 568*	678 778*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18 B: Wert in 1000 RM	*4 356*	*26 256*	*21 779*	*42 331**	*268 910**	*228 397**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	28	184	238	427	6 275	6 273
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	6	38	28	80	418*	409
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	78	625	24	705	4 366	3 937
648 d	Elektroden	493	3 585	6 673	25 316	139 338	126 260
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	178	87	6 528*	34 598*	28 700*
740 a	Glühlampenkolben	39	135	157	1 516	8 723	5 174
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	230	881	1 512	[8]	[8]	[8]
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	99	353	438			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	155	1 251	1 055	11 723	68 488*	57 440*

maschinen (12 134 i. V.), 86 778 Dynamos, Elektromotoren usw. (65 304 i. V.), 2739 Bogen- usw. Lampen (373 i. V.), 2.434 Mill Metalldrahtlampen (2,064 i. V.) und 34 800 Kohlefaden- usw. Lampen (48 900 i. V.). Der Export zeigt ebenfalls eine Zunahme, u. zw. um 97 790 dz (14 %) bzw. wertlich um 40,513 Mill RM (18 %); er enthielt an Reparationssachlieferungen 64 342 dz im Wert von 21,014 Mill RM und umfaßte mit letzteren 44 817 Lichtmaschinen (40 279 i. V.), 344 558 Dynamos, Elektromotoren usw. (289 023 i. V.), 21 215 Bogen- usw. Lampen (10 501 i. V.), 29,907 Mill Metalldrahtlampen (26,786 i. V.) und 0,583 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (1,112 i. V.). Sein Überschuß betrug 710 695 dz bzw. 242,654 Mill RM (626 841 dz bzw. 206,618 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. —
* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 308: Wer stellt die „Ulma"-Schalttafelklemme her?

Abschluß des Heftes: 3. August 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

AEG-Ambeck-Scherenstromabnehmer für elektrisch betriebene Fahrzeuge.

Mitteilung der AEG.

Die Rolle als Stromabnehmer wird immer mehr verlassen; auch der gewöhnliche Lyrabügel entspricht nicht mehr den heutigen Betriebserfordernissen, an seine Stelle ist der stets nach beiden Richtungen fahrbereite Scherenstromabnehmer getreten, der die zuverlässigste, wirtschaftlichste und betriebssicherste Stromabnahme vermittelt.

Von einem Scherenstromabnehmer, der allen neuzeitlichen Anforderungen entspricht, verlangt man:

Leichtes Gewicht, keine höhere Dachbelastung als beim alten einfachen Lyrabügel,
niedrige Anschaffungskosten,
Verwendungsmöglichkeit vom leichtesten bis zum schwersten Schleifstück jeden Systems,
gleichmäßigen und leicht verstellbaren Anpressungsdruck in allen Hubstellungen,
großen Hubbereich,
Flachlage in der Tiefstellung (etwa 285 mm über Dachbohle), wichtig bei Unterführungen,
Fahrtrichtungswechsel ohne Bedienung,
große Steifheit der Schere trotz geringen Gewichtes,
Hochempfindliche, kugelgelagerte Wippe (Oberbügel),
Fußgestell auf Kugellagern,
leichte Zerlegbarkeit,
einfache und zweckmäßige Form,
äußerste Beschränkung der Wartung,
gefälliges Aussehen,
geringen Platzbedarf und einfachste Befestigung auf dem Wagendach.

Der AEG-Ambeck-Scherenstromabnehmer erfüllt alle diese Bedingungen.

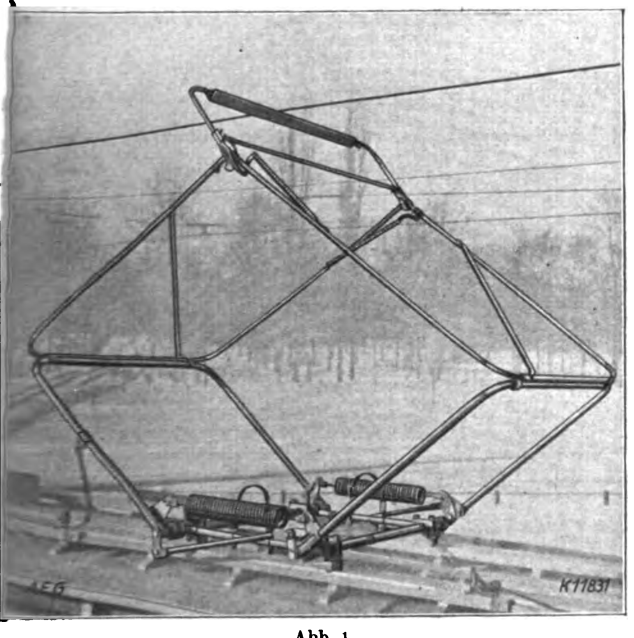


Abb. 1.
AEG-Ambeck-Scherenstromabnehmer bei normaler Fahrdrahtlage.

Das Gewicht des Scherenstromabnehmers beträgt ausschließlich Schleifstück nur etwa 87 kg, die Dachbelastung wird also nicht höher als beim einfachen Lyrabügel der bisherigen Art.

Durch das geringe Gewicht und die einfache und zweckmäßige Form des Scherenstromabnehmers sind die Anschaffungskosten verhältnismäßig niedrig, was für eine allgemeine Einführung des Stromabnehmers von großer Wichtigkeit ist.

Von wesentlicher Bedeutung ist ferner die Möglichkeit, beim AEG-Ambeck-Scherenstromabnehmer Schleifstücke jeden Systems zu verwenden. Um Rundfunkstörungen zu beseitigen, war es bekanntlich vor einiger Zeit erforderlich, von der Verwendung der früher üblichen Aluminium-Schleifstücke abzugehen und dafür breitflächige Schleifstücke aus Messing oder Eisen einzuführen. Sie, die sogenannten Radio-Sparbügel, weisen natürlich ein höheres Gewicht auf, als die Aluminium-Schleifstücke, so daß sie nicht ohne weiteres zusammen mit den Lyrabügeln benutzt werden konnten; beim AEG-Ambeck-Scherenstromabnehmer ist das

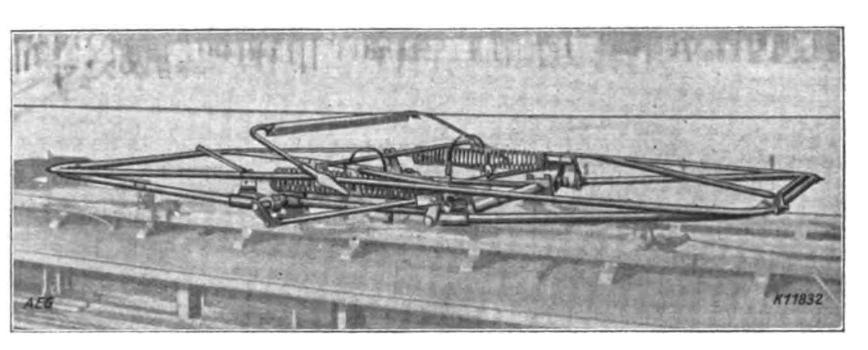


Abb. 2. AEG-Ambeck-Scherenstromabnehmer bei tiefster Fahrdrahtlage.

aber ohne weiteres möglich. Der Anpressungsdruck des Schleifstückes an den Fahrdraht, der im allgemeinen 5 bis 6 kg betragen soll, ist bei dem neuen Scherenstromabnehmer gleichmäßig und leicht verstellbar. Der Hubbereich ist außerordentlich groß, da die Steighöhe 2700 mm und die tiefste Lage etwa 285 mm beträgt. Es können also mit dem AEG-Ambeck-Stromabnehmer sehr niedrige Unterführungen durchfahren werden, ohne daß die Gefahr besteht, daß ein für die Schleifstücke schädlicher, übermäßig hoher Anpressungsdruck an den Fahrdraht stattfindet und ein Wiederaufrichten des Stromabnehmers in Frage gestellt ist.

Bei der heutigen, fast allgemein zu beobachtenden starken Besetzung der Straßenbahnwagen und der dadurch bedingten Inanspruchnahme der Schaffner ist es sehr vorteilhaft, daß sich das Bahnpersonal während des Betriebes nicht um den Stromabnehmer zu bekümmern hat. Auch bei Fahrtrichtungswechsel, der bisher ein Drehen des Lyrabügels um 180° oder zum mindesten eine gewisse Bedienung der nicht drehbaren Bügel erforderte, arbeitet der Scherenstromabnehmer vollständig selbsttätig.

Das weitestgehende Zusammenfassen aller Bauelemente und die besonders beachtenswerte Gestaltung des Scherenober- und -unterteiles geben dem Stromabnehmer eine außerordentliche Steifheit und Standsicherheit. Der Oberbügel (Wippe), der eine Kugellagerung erhalten hat, ist hochempfindlich und folgt Unebenheiten in der Fahrleitung, ohne daß sich plötzliche Stöße auf die Schere in nennenswertem Maße übertragen.

Die Lagerungen der Achsen an den Lagerböcken bestehen aus Pendelkugellagern, so daß eine Lagerverspannung beim Verschrauben der Fußwinkel auf den Dachbefestigungsbohlen nicht eintreten kann.

Die Wartung des AEG-Ambeck-Scherenstromabnehmers erfordert nur sehr geringen Zeitaufwand. Das Schmieren erfolgt durch Schmiernippel, die an allen wichtigen Schmierstellen eingeschraubt sind. Mit Hilfe einer Überdruckpresse werden die Schmiernippel mit Fett versorgt.

Die Pendelkugellager in den Lagerböcken sind in Vaseline eingesetzt und mit Lederdichtung versehen, so daß ein weiteres Schmieren überflüssig ist.

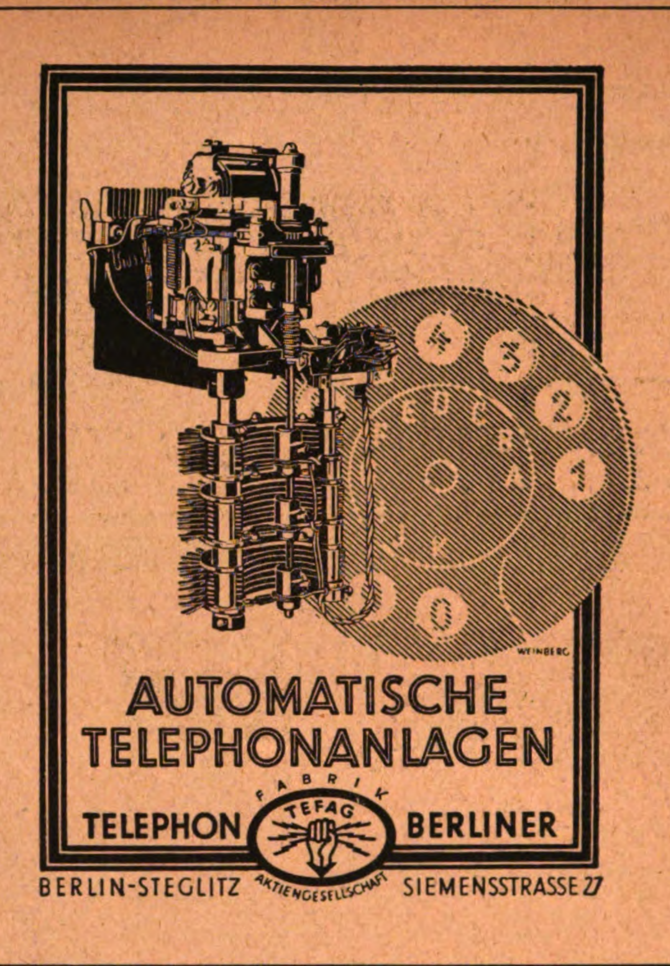
Berücksichtigt man schließlich noch das sehr gefällige Aussehen, den geringen Platzbedarf und die einfache Befestigung auf dem Wagendach, so kann wohl gesagt werden, daß der AEG-Ambeck-Scherenstromabnehmer allen Anforderungen entspricht, denen ein wirklich brauchbarer Scherenstromabnehmer gerecht werden muß.



Digitized by Google



…HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
…—1220) 15. AUGUST 1929


AUTOMATISCHE
TELEPHONANLAGEN
FABRIK
TEFAG
TELEPHON BERLINER
AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN-STEGLITZ SIEMENSSTRASSE 27

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 15. August 1929 | Heft 33

Betriebserfahrungen mit Drosselspulen zur Strombegrenzung bei der Berliner Städtische Elektrizitätswerke A. G.*.

Von Dr.-Ing. **Gustav Levi**, Berlin.

Übersicht. Schwierigkeiten in der Beherrschung der großen Kurzschlußleistung im BEWAG-Netz bei Parallelschaltung der Kabel machten die Einführung der Gruppenschaltung und den Einbau von Drosselspulen notwendig. Es werden nach Erläuterung der Begriffsbestimmungen die verschiedenen Spulenkonstruktionen beschrieben und die Erfahrungen mitgeteilt, die sich beim Betrieb dieser Spulen ergaben. Die Betriebserfahrungen führten zur Festlegung allgemeiner Lieferungs- und Prüfbestimmungen.

1. Vorwort.

Nach der Amerikareise der Herren Dir. Dr. Rehmer und Dr. Rühle von der BEWAG wurden eingehende Untersuchungen der Gruppenschaltung, die jetzt in Berlin eingeführt ist, angestellt, um den Einfluß von Drosselspulen auf die Größe der auftretenden Kurzschlußleistung in diesem Netz festzustellen. Die Untersuchung zeigte, daß es möglich ist, in dem Netzgebilde, das hier kurz nochmals erläutert werden soll (Abb. 1), die maximal mögliche Kurzschlußleistung unabhängig von der Größe des Netzes eindeutig zu bestimmen.

Der Kurzschlußstrom bei einem Fehler in einem 30 kV-Kabel ist bestimmt durch die Reaktanz in den beiden Zuleitungskabeln und durch einen geringen Rückstrom, der von dem Unterspannungsnetz über die Transformatoren der Kurzschlußstelle zugeführt wird. Die maximale Kurzschlußleistung ergibt sich, wenn man bei der Kurzschlußstromberechnung mit starrer Sammelschienenspannung rechnet. Die weitere Entwicklung des Netzes kann bei diesem Netzbild eine Steigerung der Kurzschlußleistung hinter den Drosselspulen nicht mehr nach sich ziehen. Es ist hierdurch die maximale Abschaltleistung der Ölschalter einwandfrei zu bestimmen, mit denen die Anlage ausgebaut werden muß.

Die Einschaltung der Drosselspule in der Schaltanlage ist in verschiedener Art möglich, u. zw. (Abb. 2):

Erste Anordnung: Sammelschiene, Ölschalter, Drosselspule, Kabel.

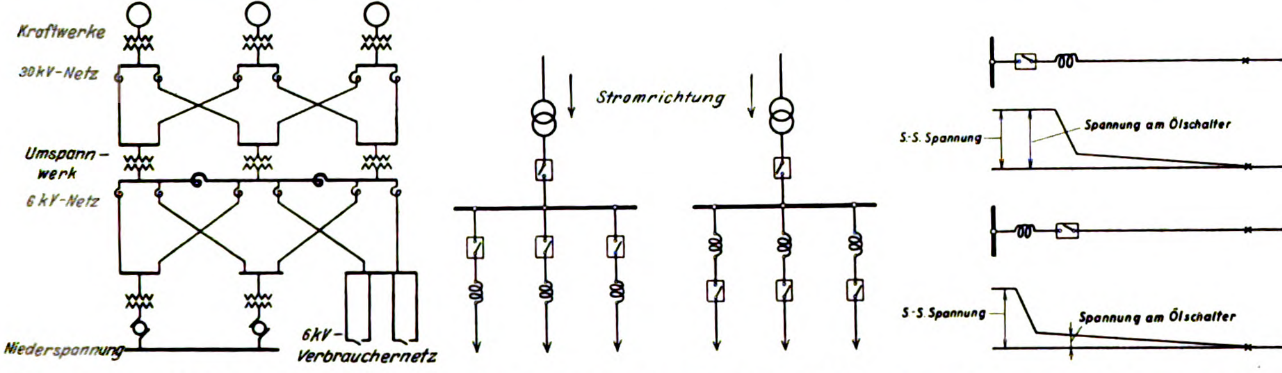


Abb. 1. Gruppenschaltung des BEWAG-Netzes.

Abb. 2. Schaltmöglichkeit von Drosselspulen.

Abb. 3. Spannungsverhältnisse am Ölschalter bei verschiedener Drosselspulenanordnung.

Zweite Anordnung: Sammelschiene, Drosselspule, Ölschalter, Kabel.

Diese beiden Anordnungen sind verschieden zu bewerten. Rechnet man bei der 1. Anordnung mit einer absoluten Sicherheit der Drosselspule, so ist es möglich, den Ölschalter entsprechend der verringerten Kurzschlußleistung auszulegen. Rechnet man jedoch damit, daß auch ein Defekt an der Drosselspule oder zwischen Ölschalter und Drosselspule möglich ist, so ist man gezwungen, den Ölschalter vor der Drosselspule für die Leistung auszulegen, die dann auftritt, wenn die Drosselspule defekt wird, um eine Gefährdung des Schalters zu vermeiden. Die 2. Anordnung rechnet mit einer unbedingten Sicherheit der Spulen. Das Defektwerden einer Spule bedeutet für diese Anordnung einen Sammelschienenkurzschluß, der die gesamte Anlage außer Betrieb setzt. Da bei dieser Anordnung der Ölschalter nicht mehr mit dem größeren Kurzschlußstrom belastet wird, kann man ihn für die durch die vorgeschaltete Drosselspule bedingte Leistung auslegen.

Von der wirtschaftlichen Seite betrachtet ergibt die erste Anordnung folgende Gesichtspunkte: Die Verwendung von Ölschaltern entsprechend der verkleinerten Kurzschlußleistung würde eine wesentliche Verringerung der Anlagekosten bedeuten. Da jedoch der Ölschalter für die gesamte Kurzschlußleistung ausgelegt werden muß, ist dieser wirtschaftliche Vorteil nicht zu erzielen, es ist dann nur mit einer Beruhigung des Betriebes gegenüber Anlagen ohne Drosselspulen zu rechnen, die im wesentlichen darin besteht, daß bei einem Fehler in einem Abzweig die Spannungsabsenkung im Netz nur einen Bruchteil des Wertes erreicht, den sie erreichen würde, wenn die Drosselspule nicht vorgeschaltet ist. Die üblen Folgen weitgehender Spannungsabsenkungen im Netz sind bekannt.

Die zweite Anordnung weist von selbst auf Verwendung von Ölschaltern für kleinere Abschaltleistung hin, da ja beim Defekt einer Spule nicht mehr der Abzweigschalter die Abschaltung des Schadens zu übernehmen hat sondern der Zuleitungschalter zur Sammelschiene, in diesem Fall der Ölschalter des Transformators. Es würde sich also für vorliegende Anordnung folgendes System ergeben: Die Abzweigschalter sind für verringerte Kurz-

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 5. III. 1929.

schlußleistung zu bemessen, der Transformatorenschalter für die maximal mögliche Kurzschlußleistung, die dann auftritt, wenn sich ein Sammelschienenkurzschluß entwickelt hat. Beim Schadhaftwerden einer Drosselspule in der zweiten Anordnung ist immer mit dem Herausfallen einer gesamten Sammelschienengruppe zu rechnen, bei der ersten Anordnung nur dann, wenn der Ölschalter versagt.

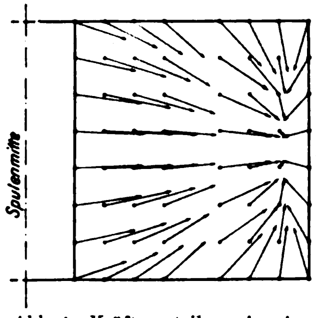
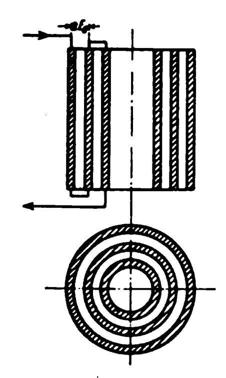


Abb. 4. Kräfteverteilung in einer Reaktanzspule.

Ein weiterer Vorteil der zweiten Anordnung ist noch folgender (Abb. 3): Bei einem Kurzschluß in einem Abzweig tritt der größte Spannungsanstieg an der Spule selbst auf. Der Ölschalter liegt in der erwähnten Anordnung auf der Seite der Spule, auf der die geringe Spannung ist, so daß die Bedingungen, unter denen der Ölschalter gegenüber der ersten Anordnung zu schalten hat, viel leichter sind.

Trotz der erwähnten Vorteile hat sich bisher niemand dazu entschließen können, eine Anlage nach der zweiten Anordnung auszuführen, ebensowenig konnte man sich bisher entschließen, bei Anordnung der Drosselspule hinter dem Ölschalter, Schalter mit der verkleinerten Abschaltleistung einzubauen, da die Drosselspule in der bisherigen Ausführung noch ein derartig unsicherer Apparat ist, daß die Verantwortung für diese beiden Anordnungen augenblicklich noch von niemand übernommen werden kann. Es ist jedoch ersichtlich, daß die zweite Anordnung derartig bedeutende wirtschaftliche und betriebliche Vorteile mit sich bringt, daß danach zu streben ist, die Spulen mit einem Sicherheitsgrad, der dem der Sammelschienen entspricht, zu bauen.


Abb. 5. Zylinderspule.

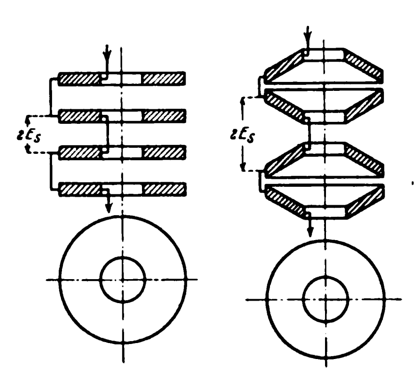
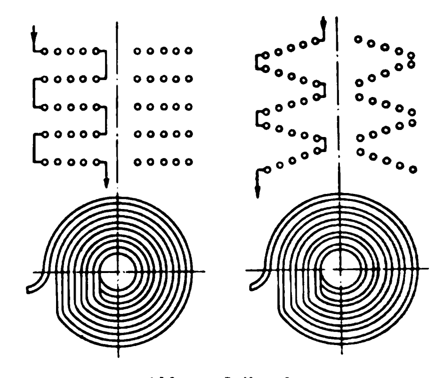


Abb. 6. Scheibenspulen.


Abb. 7. Seilspulen.

2. Begriffsbestimmungen.

In der Starkstromtechnik kann im wesentlichen zwischen zwei Drosselspulen-Bauarten unterschieden werden. Die erste Bauart ist die Schutzdrosselspule für Apparate, die zweite Bauart ist die Strombegrenzungsspule. Nur die letzte Bauart soll hier näher behandelt werden. Im allgemeinen erfolgt die Kennzeichnung der Strombegrenzungsspulen nach dem prozentualen Spannungsabfall bei einem bestimmten Strom, bezogen auf die verkettete Netzspannung. Diese Angabe ist außerordentlich bequem zur Kennzeichnung der Spulen. Insbesondere ist die Bestimmung des Verhältnisses Normalstrom zu Kurzschlußstrom ohne weiteres hieraus ersichtlich. Für die Berechnung ergibt jedoch diese Angabe gewisse Unbequemlichkeiten. Es hat sich daher in der letzten Zeit der Brauch herausgebildet, den induktiven Widerstand einer Spule in Ohm anzugeben, da hierbei eine weitere Bezeichnung der Drosselspule nicht mehr erforderlich wird, während bei der Angabe des prozentualen Spannungsabfalls gleichzeitig der Normalstrom der Spule und die Netzspannung mit angegeben werden müssen.

Eine Drosselspule ist durch folgende Werte gekennzeichnet:

1. Dauerstrom,
2. Überlaststrom nach diesem Dauerstrom für eine bestimmte Zeit,
3. Kurzschlußstrom nach Dauerstrom und Überlaststrom für eine bestimmte Zeit,
4. maximale Übertemperatur nach Dauerstrom und darauf folgendem Überlast- und Kurzschlußstrom,
5. induktiver Widerstand,
6. Betriebspannung.

Ein Maß für die Größe einer Spule gibt noch die Angabe der Eigenleistung in kVA, definiert durch das Produkt Normalstrom mal Reaktanzspannung bei diesem Strom. Ergeben die Forderungen der Bemessung einer Spule in bezug auf Überlaststrom und Kurzschlußstrom andere Kupferquerschnitte als durch den Dauerstrom bedingt, so erhält man eine Spule, deren tatsächlicher Normalstrom höher liegt als der geforderte. Es ist daher gut, diese drei Werte in Übereinstimmung miteinander zu bringen.

Für die Bemessung einer Drosselspule ist im wesentlichen das Verhältnis Normalstrom zu Kurzschlußstrom maßgebend. Hiernach hat sich der mechanische Aufbau der Spule zu richten. Für den Normalstrom ist ein bestimmter Kupferquerschnitt erforderlich. Dieser Querschnitt ist einmal in bezug auf Kurzschlußstrom und Kurzschlußdauer thermisch zu kontrollieren, dann aber auch auf die dynamische Widerstandfähigkeit im Kurzschlußfall. Es ist nicht ratsam, eine Drosselspule einzubauen, die eine geringere Reaktanz als 5 % hat, d. h. ein Verhältnis Normalstrom zu Kurzschlußstrom, das größer als 1 : 20 ist. Die Beanspruchung der Spulen unter 5 % Reaktanz ist so hoch, daß besondere Vorsichtsmaßregeln bei der Konstruktion anzuwenden sind. Ergibt sich durch die Berechnung, daß zu dem Betrieb in bezug auf Spannungshaltung nur eine Spule mit einer Reaktanz < 5 % verwendet werden kann, so hat man es in der Hand, eine Drosselspule für einen größeren Normalstrom zu wählen und hierdurch bessere Verhältnisse zu schaffen.

Beispiel: Einer Drosselspule für 150 A, 3 % Reaktanz entspricht in bezug auf Spannungshaltung eine Spule für 250 A, 5 % Reaktanz. Baut man die 250 A-Spule ein, so hat man wohl etwas mehr an Kapital aufzuwenden, vermeidet aber die Nachteile einer Spule mit 3 % Reaktanz.

Auf die Berechnung von Drosselspulen soll hier nicht näher eingegangen werden. Es ist noch auf einige Arbeiten zu verweisen, besonders auf die von Buchholz[1] (VDE-Tagung 1927), in der eine Berechnungsmethode der Kräfte innerhalb der Spule angegeben wird. Gleichzeitig wurden von Buchholz Versuche an einer Modellspule gemacht, die die Formveränderung der Leiter beim Kurzschluß zeigen. Abb. 4 zeigt die Verteilung der Kräfte auf die einzelnen Leiter im Schnitt eines Spulenpaketes. Es ist zu ersehen, daß sich ein Kraftzentrum innerhalb des Spulenpaketes bildet, nach dem die einzelnen Leiter hingezogen werden. Die resultierenden Kräfte der äußeren Leiter zeigen nach innen, die Kräfte der inneren Leiter nach außen.

Aus den Werten, die die Berechnung ergibt, ist die theoretische Bemessung der Abstützungen feststellbar, auch ihre Anzahl. Nicht zu vernachlässigen ist die Verringerung der Festigkeit der einzelnen Leiter durch die Erwärmung im Kurzschlußfall. Durch die Erwärmung wird das für den Bau der Spule angewandte Hartkupfer

[1] Buchholz, VDE-Fachber. 1927, S. 10.



weich und macht die Spule unbrauchbar, wenn bei der Auslegung der Abstützungen hierauf nicht Rücksicht genommen wurde. Die Kräfte innerhalb der Spule variieren mit der Frequenz, so daß eine dauernd wechselnde Belastung der Abstützungen auftritt. Die Wicklung hämmert gegen diese. Es besteht bei loser Wicklung die Gefahr, daß die Abstützungen zerschlagen werden.

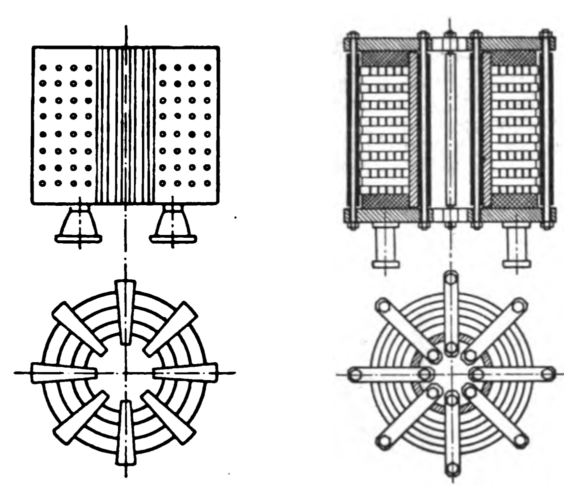


Abb. 8. Beton-Drosselspule. Abb. 9. Drosselspule; Betonkern, Messingzugstangen.

Weiter soll auf Arbeiten von Kropff[1] und von Gramisch und Hak[2] hingewiesen werden. Die Materialausnutzung einer Spule ist eine Funktion der Spulenform. Die günstigste Form ist die quadratische. Diese Form ergibt dementsprechend auch den günstigsten Preis.

3. Konstruktionen.

I. Allgemeiner Aufbau.

Die vorliegende Betrachtung erstreckt sich nur auf Luftdrosselspulen ohne Eisen. Für die Strombegrenzung kommen Öldrosselspulen mit Eisen nicht in Betracht. Der Preis für diese Spulen ist das 3- bis 5fache desjenigen der Luftdrosselspulen. Die Gewichte und die Maße derselben sind auch ein Mehrfaches

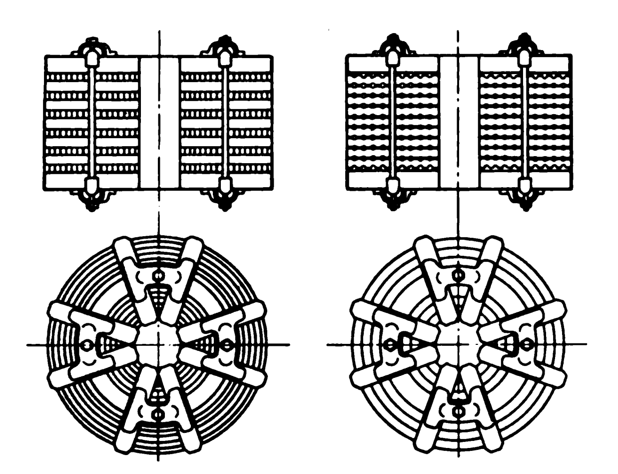


Abb. 10. Drosselspulen mit Porzellanabstützung und Porzellanzugstangen.

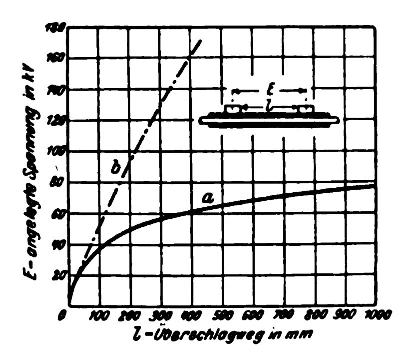
der Luftspulen, so daß aus wirtschaftlichen Gründen beim Bau einer Anlage diese Spulen von Anfang an schon nicht in Frage kommen. Unter anderem wurde der Vorschlag gemacht, Spulen aus einadrigem Bleikabel aufzubauen. Derartige Lösungen sind jedoch aus verschiedenen Gründen nicht möglich.

Die Grundformen der Drosselspulen sind:

a) Zylinderspulen,
b) Scheibenspulen,
c) Seilspulen.

[1] Kropff, Siemens-Z. 1928, Nr. 1, S. 14.
[2] Gramisch u. Hak, El. u. Maschinenb. 1928, H. 5, S. 105 u. H. 11, S. 249.

a) Zylinderspulen. — Diese Spule (Abb. 5) ist aus mehreren Zylindern aufgebaut, die übereinandergeschoben werden. Die Verbindung der Zylinder untereinander geschieht oben und unten. Der Nachteil dieser Bauart ist, daß die Teile der Spule, die ziemlich hohe Spannungen gegeneinander haben ($2E_c$), nicht allzuweit voneinander entfernt sind, daß bei wirtschaftlicher Bauart große Entfernungen hierfür nur schwer zu schaffen



a Isolierte metallische Spannbolzen
b Spannbolzen aus Glimmer, Porzellan u. ä. (ohne Metalleinlage)

Abb. 11. Überschlagsspannungen längs der Oberfläche.

sind und daher die Spule an diesen Stellen gefährdet ist. Fabrikatorisch ist die Spule einfach herzustellen. Bei mäßigen Beanspruchungen steht ihrer Verwendung nichts im Wege.

b) Scheibenspulen. — Die Scheibenspule (Abbildung 6) wird aus mehreren, im allgemeinen aus Flachkupfer gewickelten Scheiben zusammengesetzt. Die Verbindung der Scheiben untereinander geschieht abwechselnd innen und außen. Es ist hierbei durch Verwendung einer größeren Anzahl Scheiben möglich, die Spannung zwischen denselben ($2E_s$) an den der Verbindung abgekehrten Stellen weitestgehend zu unterteilen. Werden die Scheiben schräg gewickelt, so kann man die Stellen, die miteinander verbunden werden, nahe aneinander legen, die Teile, die Spannung gegeneinander führen, ohne Vergrößerung der Bauhöhe der Spule auseinanderrücken. Diese Spulenbauart ist für größte Beanspruchungen anwendbar.

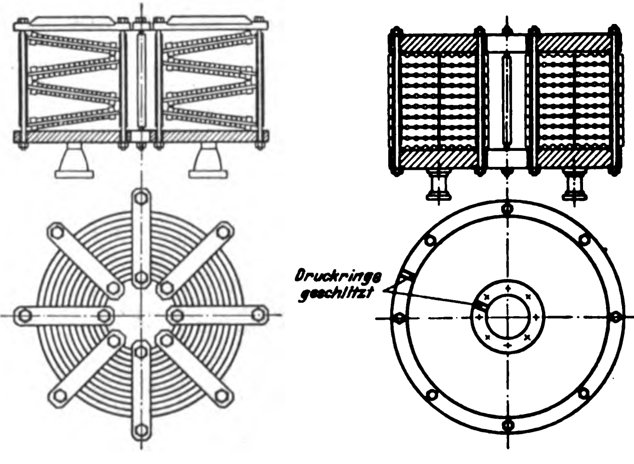


Abb. 12. Drosselspule mit Scheibenwicklung. Abb. 13. Drosselspule mit Seilwicklung und Betonpreßplatten.

c) Seilspulen. — Die Seilspulen (Abb. 7) werden aus einem einzigen Seil hergestellt. Es ist nicht notwendig, innerhalb der Spule irgendwelche Verbindungen herzustellen. Diese Verbindungsstellen bedeuten immer, wenn sie nicht einwandfrei hergestellt werden, eine Gefahr. In der Anordnung der einzelnen Lagen unterscheiden sich diese Spulen nicht von den Scheibenspulen. Die Seilspulen sind für größte Beanspruchungen verwendbar. Es ist jedoch auch auf eine Erscheinung zu achten, die noch besonders zu betrachten ist.

II. Bauarten.

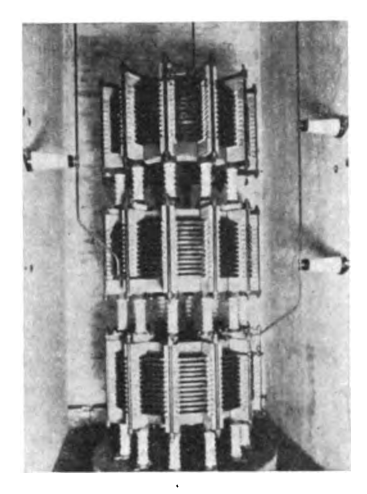
Die Betonspule (Abb. 8) gehört zur Kategorie c) (Seilspulen). Die Abstützung der einzelnen Lagen und Windungen gegeneinander wird hier aus Beton hergestellt, der besonders gealtert wird, um ihn vor Veränderungen zu schützen. Diese Betonsäulen werden um die Leiter gegossen. Der Abstand der einzelnen Windungen

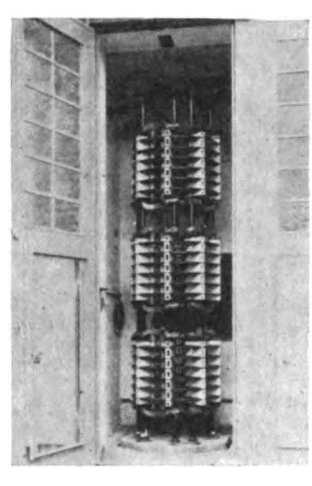


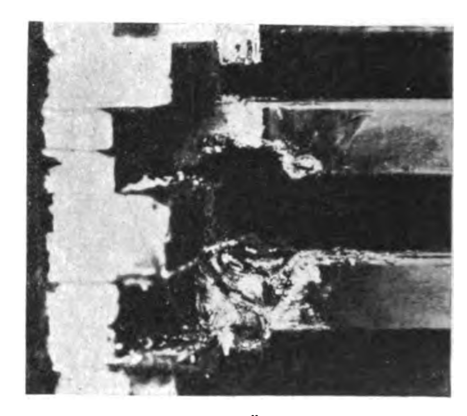
ist dann fixiert. Eine Veränderung der Lage ist nicht möglich. Diese Art der Abstützung ist als druckfrei zu bezeichnen. Eine Beobachtung der Festigkeit der Verspannung erübrigt sich daher. Die Isolationsfähigkeit des Betons ist bei geeigneter Behandlung als ausreichend zu betrachten, ebenso die mechanische Festigkeit, da Zugbeanspruchungen nicht in Frage kommen. Als Nachteil ist das große Gewicht der Spulen zu erwähnen.

Eine Spule anderer Bauart (Abb. 9) ist um einen Betonring aufgebaut. Diese Bauart gehört zur Kategorie b) (Scheibenspulen). Die Abstützung der Lagen und Windungen gegeneinander wird mit Zementasbest durchgeführt. Die Verspannung erfolgt durch Messingbolzen, die mit Mikanit umpreßt sind, und durch Preßstücke aus Messing. Die einzelnen Scheiben sind aus

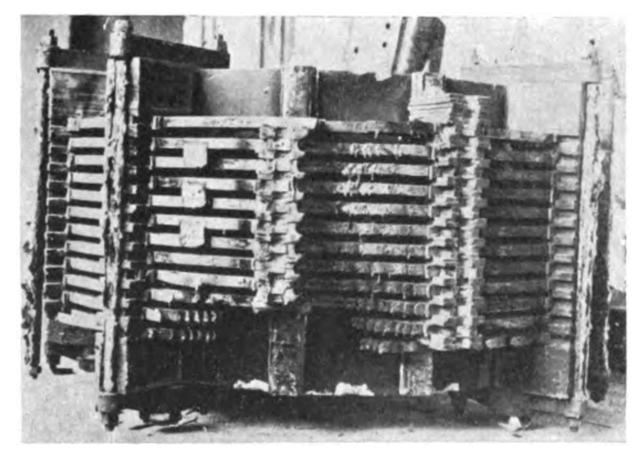
und bei steigender Spannung ab. Bei Spulen mit Metallzugstangen ist daher das Maß der zu erreichenden Spannungssicherheit durch die umpreßten Metallbolzen begrenzt. Bei Spannbolzen aus Isolierstoff nimmt die Überschlagspannung nach Kurve *b* zu. Es ist hieraus ersichtlich, daß mit dieser Anordnung größere Sicherheitsgrade zu erreichen sind. Als Abstützmaterial wird bei diesen Spulen Porzellan oder Steatit verwendet. Die Metallteile werden mit den Eingangs- und Ausgangswindungen verbunden und so auf gleichem Potential wie diese gehalten, um Aufladungen und hierdurch eingeleitete Überschläge zu verhindern. Als Nachteil ist auch wieder die geschichtete Bauart zu betrachten. Die Spulen müssen von Zeit zu Zeit und besonders nach jedem überstandenen Kurzschluß nachgezogen werden.


Abb. 14. Drosselspulenanordnung für 30 kV, 125/250 A.


Abb. 15. Drosselspulenanordnung für 30 kV, 190/250 A. Abstützung nach oben aus unmagnetischem Material (Austenitguß).


Abb. 17. 30 kV-Spule, Überschlag zwischen zwei Lagen.

Flachkupfer gewickelt. Die Verbindung erfolgt durch Verschweißen. Als Nachteil dieser Bauart ist der zu nennen, der jeder geschichteten Spule anhaftet, daß mit der Zeit durch das Schwinden der Abstützteile die Wicklung lose wird und die Spule dann nachgespannt werden muß. Besonders groß ist die Lockerung der Wicklung nach einer Beanspruchung der Spulen im Kurzschluß.


Abb. 16. 30 kV-Drosselspule nach Phasenkurzschluß.

Eine dritte Bauart (Abb. 10) zeigt als Besonderheit die Ausbildung der Spannbolzen aus keramischem Material. Bei richtiger Anfertigung der Bolzen und richtiger Beanspruchung sind dieselben mit einem Zug von rd. 4 t zu beanspruchen, dies ergibt schon bei vier Spannbolzen einen erreichbaren Preßdruck von 16 t. Die Herstellung der Spannbolzen aus Isolationsmaterial erfolgt aus folgendem Grund: Die Überschlagspannung eines umpreßten Metallbolzens, der nach einer in Abb. 11 angegebenen Art beansprucht wird, nimmt nach Kurve *a* zu. Der prozentuale Wert der Überschlagspannung nimmt bei steigender Länge des Isolierstoffes

Die vierte Bauart (Abb. 12) bietet nach Betrachtung der vorher gezeigten Konstruktionen nichts besonders Neues. Die Spule ist als Scheibenspule mit schrägen Scheiben aufgebaut. Als Abstützungsmaterial kommt Steatit zur Anwendung, oft auch Porzellan oder Holz. Verspannt ist die Spule mit umpreßten Messingbolzen und Preßplatten aus Messing. Nachspannen der Spulen ist notwendig.

Die fünfte Bauart (Abb. 13) ist aus Seil aufgebaut. Die Abstützungen bestehen aus Porzellan, die Spannbolzen aus umpreßten Messingbolzen. Als Besonderheit sind die Preßplatten zu erwähnen. Dieselben sind aus Beton hergestellt. Gefaßt werden sie durch entsprechend gebogene **U**-Eisen, die an einer Stelle aufgeschlitzt sind. Es hat sich herausgestellt, daß eine besonders hohe Erwärmung dieser Eisen nicht eintritt. Zu beachten ist, daß die Trennfugen der oberen und unteren Ringe übereinander stehen müssen, da sonst eine Kurzschlußwindung gebildet wird, die zu Schwierigkeiten führt. Auch hier ist eine Nachspannungsmöglichkeit vorzusehen. Auf eine gute Lüftung ist zu achten, da die Platten leicht zu Wärmestauungen Veranlassung geben.

III. Einbauarten.

Da im allgemeinen die Grundfläche für die Aufstellung der Spulen sehr beschränkt ist, besteht meistens die Notwendigkeit, die Spulen übereinander aufzubauen (Abb. 14). Es ist ratsam, den Durchmesser des Stützerkreises so groß zu wählen, daß eine genügende Stabilität gewährleistet ist. Bei eisernen Pfeilern in der Nähe und bei Aufstellung mehrerer Spulensätze nebeneinander ist es ratsam, eine Abstützung der Spulen gegen die Wände und evtl. gegen die Decke vorzusehen, um ein Umkippen zu vermeiden (Abb. 15). Wenn möglich, sollen die Spulen nebeneinander im Dreieck angeordnet aufgestellt werden. Eine gegenseitige Abstützung ist auch dann vorzusehen.

4. Betriebserfahrungen.

Nach den vorangegangenen mehr theoretisch-konstruktiven Betrachtungen soll im folgenden auf die Betriebserfahrungen mit einigen dieser Spulen eingegangen werden. Es soll zuerst eine Konstruktion für 30 kV Betriebspannung besprochen werden. Zu erwähnen ist, daß bei der Konstruktion dieser Spulen noch keinerlei Er-



fahrungen vorlagen. Die Konstruktion wurde daher nach rein theoretischen Erwägungen durchgebildet.

Bei der BEWAG bestand der Wunsch, die Spulen ohne jedes brennbare Material zu bauen, da sonst bei Schäden größere Brände befürchtet wurden. Die Beanspruchungen waren jedoch größer als man vorausgesehen hatte. Abb. 16 zeigt eine zerstörte Drosselspule. Die Zerstörung ist so stark, daß die Fehlerursachen nicht mehr zu erkennen sind. Der Fehler hat durch das Übereinanderstellen der Spulen noch zu einem Phasenkurzschluß Veranlassung gegeben. Hierauf ist die große Zerstörung im wesentlichen zurückzuführen. Aus dem Bild ist ersichtlich, daß die Wicklung sehr stark verbrannt ist, die Spannbolzen sind vollkommen zerstört und die Isolatoren sind zerplatzt.

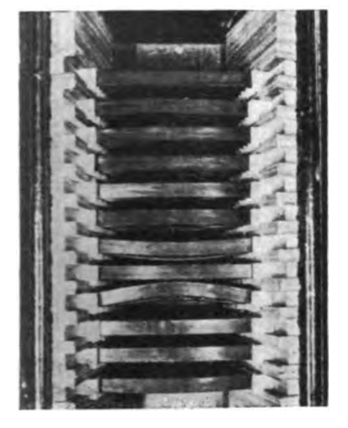




Abb. 18.

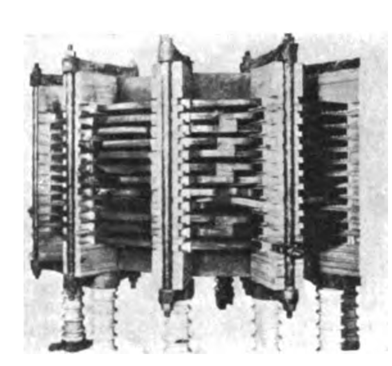


Abb. 19.

Abb. 18 und 19. 30 kV-Spule mit Windungsschluß.

Der Fehler in Abb. 17 ist geringer. Das Bild zeigt einen Ausschnitt aus einer Spule. Der Kurzschluß, der diesen Schaden hervorrief, war ein rein metallischer, durch einen Schaltfehler verursacht. Auf den Abstützungen hatte sich Staub abgelagert, so daß die im Kurzschluß zwischen den Lagen auftretende Spannung einen Lichtbogen verursachen konnte, der das Kupfer zum Schmelzen brachte.

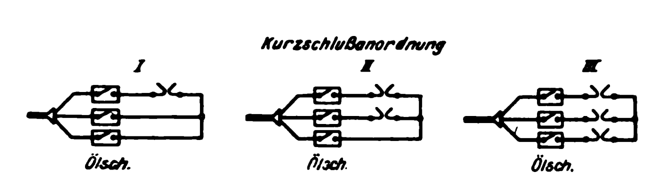
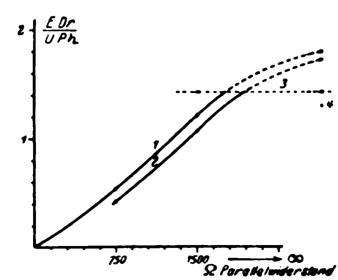


Abb. 20. Schaltung zur Drosselspulenprüfung.

Abb. 18 zeigt einen durch seine Eigenart bemerkenswerten Fehler, der bisher noch nicht wieder beobachtet wurde. Die 4. und 6. Lage von unten sind hochkant nach der 5. Lage hin durchgebogen, außerdem sind die äußeren Windungen nach innen gezogen. Der Schaden ist wohl auf einen Windungsschluß, durch das Zusammenschlagen der Leiter verursacht, zurückzuführen. Ein Windungsschluß zieht in einer Spule immer die Auslösung außerordentlich großer Kräfte nach sich. Der Defekt ist ohne größere Lichtbogenbildung verlaufen. Es sind nur wenige Schmelzperlen an der 2. Windung der 4. Lage zu erkennen. Abb. 19 zeigt eine Gesamtaufnahme der betreffenden Spule. Es ist zu erkennen, daß die 4. und 6. Lage über den gesamten Umfang der Spule in Mitleidenschaft gezogen sind. Man kann besonders hieraus den Schluß ziehen, daß eine Kurzschlußwindung die Ursache dieses Fehlers war.

Zur Erforschung der Ursachen dieser Fehler wurden eingehende Versuche durchgeführt. Von einer Maschine aus wurde über einen Transformator, Ölschalter und eine Drosselspule ein etwa 12 km langes 30 kV-Kabel unter Spannung gesetzt. Es wurden zuerst Versuche mit Zu- und Abschalten des unbelasteten Kabels durchgeführt, dann wurden über einen Ölschalter Erdschlüsse, ein-, zwei- und dreiphasige Kurzschlüsse mit verminderter Spannung eingeleitet. Bei diesen Versuchen wurden oszillographisch und mit Funkenstrecken die Spannung längs der Spule, die Lagenspannungen und die sonst noch in Betracht kommenden Werte ermittelt. Abb. 20 zeigt die Versuchsschaltung. Die Kurzschlüsse waren teils metallisch, zum größten Teil jedoch Lichtbogenkurzschlüsse. Es kam nicht darauf an, die Kräftewirkungen an den Spulen zu studieren, nur die Spannungsverhältnisse sollten klar erkannt werden. Es zeigten sich hierbei an der Spule Spannungen, die das Doppelte der Phasenspannung erreichten. Parallel geschaltete Widerstände setzen diese Spannungen zwischen Anfang und Ende einer Phase um ein Wesentliches herab (Abb. 21). Es zeigte sich weiter, daß mit blanken Leitern eine betriebsichere Spule wirtschaftlich nicht zu bauen ist. Es wurde daher beschlossen, nur noch Spulen mit isolierten Windungen einzubauen. Die untersuchten Spulen erhielten daher nachträglich eine gute Isolation



1 Leerlauf *2* Kurzschluß, 3phas.
3 Erdschluß *4* Kurzschluß, 2phas.

Abb. 21. Überspannug längs der Drossel im Verhältnis zur Phasenspannung, abhängig vom Parallelwiderstand (Kurzschluß mit $r = 50\ \Omega$).

der Windungen und verstärkte Abstützungen. Bisher sind Fehler an diesen Spulen nicht mehr vorgekommen.

Das Oszillogramm Abb. 22 zeigt noch die Netzspannung E_p, den Ladestrom I_0 und die Spannung an der Drosselspule E_{Dr}, u. zw. bei unbelastetem Kabel. Obwohl die Maschine nicht voll erregt ist — die Spannung an den Klemmen des Transformators war rd. 25 000 V.

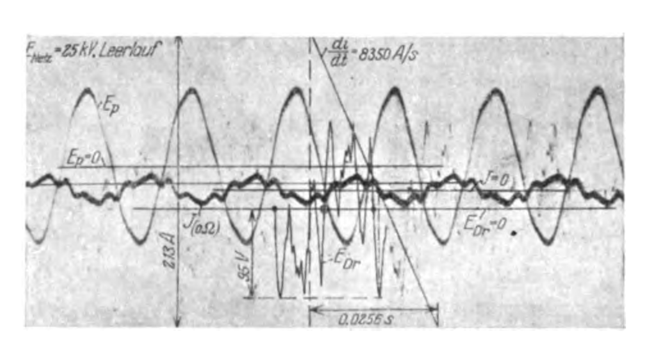


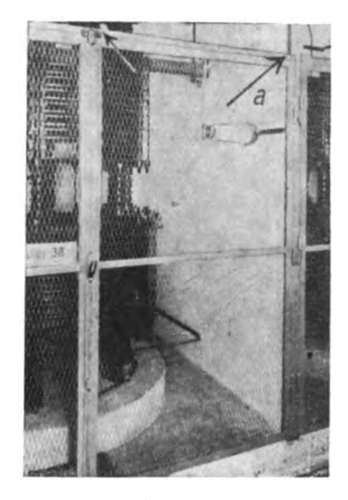
Abb. 22. Drosselspulenspannung (E_{Dr}) bei Speisung eines unbelasteten Kabels.

anstatt normal 30 000 V — und der Transformator nur eine Sättigung von 13 000 Gauß bei Normalspannung hat, ist der Ladestrom schon stark verzerrt. Die Spannung an der Spule besteht fast nur aus höheren Harmonischen. Die Grundwelle tritt vollkommen zurück. Die Möglichkeit einer Resonanz ist vorhanden. So hat sich auch bei den Versuchen gezeigt, daß die Spannung an der Spule regelmäßig bei Fehlern eine Frequenz in der Größenordnung 1500 ... 2500 Hz aufweist. Hieraus sind wohl in erster Linie die hohen Spannungen an der Spule, durch diese höhere Frequenz verursacht, und manche Defekte zu erklären. Es ist daher wesentlich, daß die Prüfung der Spulen auch mit Frequenzen in dieser Größenordnung durchgeführt wird.

Eine besondere Erscheinung ist noch zu erwähnen. Die Drosselspulenzellen sind durch eiserne Gittertüren abgeschlossen (Abb. 23). Die massiven Eisenteile, die in der Höhe der Mitte einer Phase liegen, werden im normalen Betrieb warm. Im Kurzschluß einer Spule ereignete es sich, daß die Schrauben bei *a* abgeschert wur-

den und die Tür samt Anschlageisen an die Spule flog. Die Isolation der Spulen verhütete weitere Folgen. In einem anderen Fall ging die Erhitzung so weit, daß die Tür im Schloß verschweißte und die Öffnung der Zelle gewaltsam erfolgen mußte.

Vor der allgemeinen Einführung der Drosselspulen in das Netz der BEWAG war es erforderlich, zwei abgehende Kabel, die einen 30 kV-Abnehmer speisten, mit Drosselspulen zu versehen. Da es sich um Spezialkabel handelte, wurden die Spulen auch mit Spezialadern gewickelt und hierdurch mit in den Schutzbereich einbezogen. Diese Konstruktion erwies sich als unrichtig, da sehr bald zwischen den Teilleitern Schlüsse auftraten, die den Schutz zum Ansprechen brachten. Die Drosselspulen (Abb. 24) sind als Zylinderspulen gewickelt. Die Abstützung besteht aus Holz. Bei einem Kurzschluß in dem betreffenden Kabel wurde die Spule schadhaft. Die Deformation erfolgte in der Richtung der Kräfte, die schon vorher angegeben wurde. Das Spulenpaket hat sich in sich zusammengezogen. Die äußeren Windungen sind nach innen gezogen. Gleichzeitig fand ein Überschlag statt, der die Eingangswindung abschmorte. Es zeigte sich hier wieder die bereits vorher erwähnte schwache Stelle der Zylinderdrosselspulen.



Schrauben bei *a* abgeschert, Tür in die Zelle gezogen

Abb. 23. Betriebstörung durch die eiserne Tür einer Drosselspulenzelle.

fest, daß die Überbrückung wesentliche Vorteile bringt. Es sind ausschließlich Materialfragen, denen hier nachzugehen ist. — Obwohl die Widerstände entfernt waren, schlug eine Spule zwischen den Klemmen über (Abb. 26), ohne daß die Ursache des Fehlers festgestellt werden konnte. Die Wicklung ist vollkommen intakt. Es besteht die Vermutung, daß der Überschlag durch Spritzen der Anschlußstellen eingeleitet wurde.

Versuche, die mit einem neuen Widerstandsmaterial vorgenommen wurden, ergaben die in den beiden Kurven der Abb. 27 dargestellten Resultate. Die Prüfung wurde mit Gleichstromstoß entsprechend dem angegebenen Schaltbild durchgeführt. Es ist ersichtlich, daß die Längsbeanspruchung der Drosselspule durch diese Parallelwiderstände stark herabgesetzt wird. Das hier geprüfte Material scheint den Ansprüchen zu genügen.

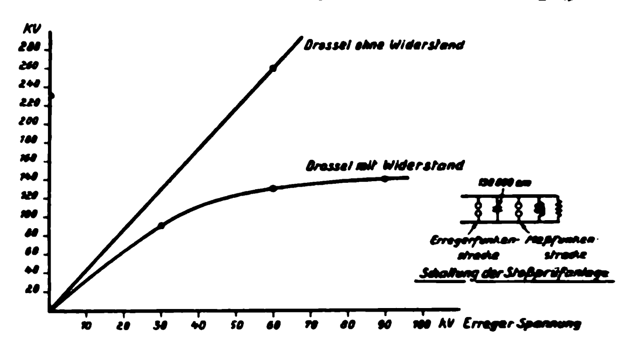


Abb. 27. Spannungsverhältnisse an einer Drosselspule mit Parallelwiderstand.

Der Schaden, der an einer 6 kV-Drosselspule auftrat, ist besonders interessant, da sich an der Spule gleichzeitig mehrere Fehlerursachen besonders deutlich zeigten. Abb. 28 zeigt die zerstörte Spule. Besonders bemerkenswert ist neben der großen Zerstörung das schon vorher erwähnte Sintern der Spule im Kurzschluß. Zwischen den oberen Preßstücken und den obersten Porzellanabstützungen ist ein Zwischenraum zu sehen, der etwa 10 mm groß ist. Die einzelnen Drähte der verbrannten Kupferseile sind stark auseinandergetrieben. Dies ist wahrscheinlich auf die dynamischen Wirkungen des Kurzschlußstromes zurückzuführen. Die Zeit, in der diese große Zerstörung vor sich ging, ist aus den Aufzeichnungen eines schnellaufenden Registriervoltmeters ersichtlich. Der gesamte Vorgang dauerte 1,25 s.

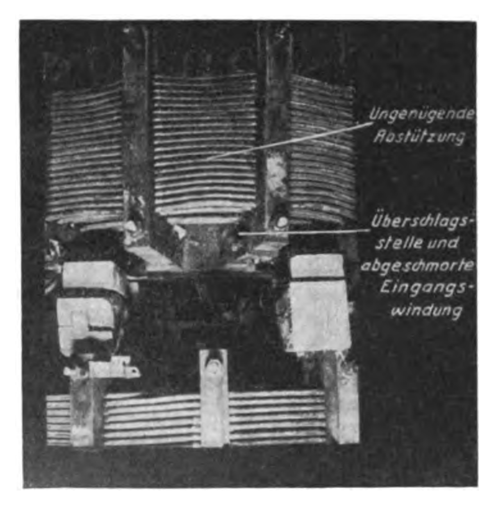


Abb. 24. Schaden an einer älteren 30 kV-Drosselspule.

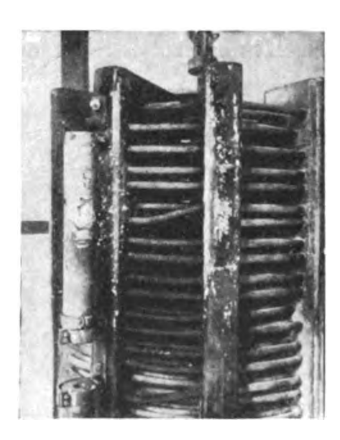


Abb. 25. Widerstandsdefekt an einer 30 kV-Spule (hierdurch Erdschluß).

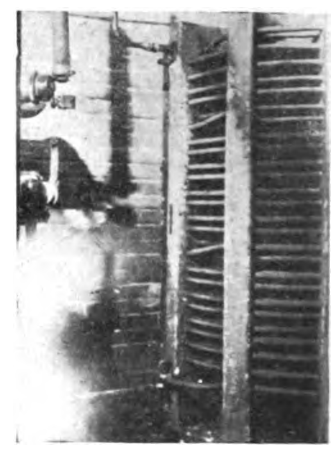


Abb. 26. Überschlag zwischen Anfang und Ende an einer Spule ohne Parallelwiderstand.

Oft überbrückt man die Spulen mit einem Widerstand nach dem Campospatent (Abb. 25). Der Widerstandswert nimmt bei dem gewählten Material mit zunehmender Spannung sehr stark ab, so daß durch den Widerstand selbst im Kurzschluß ein großer Strom fließt. Ist der Widerstand nicht richtig bemessen, so zerplatzt er. Die Erscheinungen, die den in Abb. 25 gezeigten Schaden verursachten, sind wohl auf die schlechten Übergänge von der Fassung zum Widerstandsmaterial zu suchen. Es zeigte sich bei der Prüfung einer Spule mit Gleichstromstoß, daß sich von dem Ende des Kupferüberzugs an beiden Enden zum Widerstand kleine Funken bilden. Es besteht die Möglichkeit, daß diese Funken die Zerstörung einleiten.

Nachdem mehrere durch die Widerstände verursachte Schäden aufgetreten waren, wurden an sämtlichen Spulen die Widerstände abmontiert. Es soll hierdurch nicht die Widerstandsüberbrückung als abgetan gelten. Es steht

An einer anderen Stelle dieses Spulensatzes (Abb. 29) war zu erkennen, daß durch zu geringe Abstützung der Windungen ein Aneinanderschlagen dieser stattgefunden hat. Bei *a* ist eine derartige Schmorstelle zu erkennen. Auf eine andere besonders interessante Stelle ist noch hinzuweisen (Abb. 30). Es zeigt sich allgemein bei Seilen, daß bei großen Strömen Überschläge zwischen blank aufeinanderliegenden Teilen dieser Seile auftreten. Diese Erscheinung ist schon mehrfach beobachtet worden. Die Ursache ist wahrscheinlich in der Stromverdrängung



innerhalb des Leiters zu suchen. Bisher konnte diese Erscheinung noch nicht geklärt werden. Auf Abb. 30 ist eine derartige Stelle zu sehen.

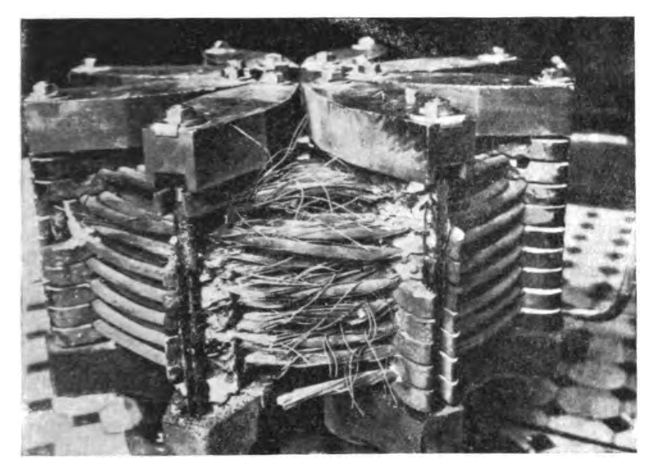


Abb. 28. Windungsüberschlag an einer 6 kV-Spule.

An den in Abb. 31 gezeigten 30 kV-Spulen ist äußerlich nichts zu erkennen. Bei der Inbetriebsetzung der Spulen machte sich ein starkes Glimmgeräusch bemerkbar. Selbst im Dunkeln war nichts zu sehen. Es konnte festgestellt werden, daß dieses Glimmen auf die Entladung ungesteuerter Metallteile zurückzuführen ist. Seitdem diese Teile an Spannung liegen, ist die Er-



Abb. 29. 6 kV-Spule mit zusammengeschlagenen Windungen (zu wenig Abstützungen).

scheinung verschwunden. — Nach einem Kurzschluß, den die Spulen zu überstehen hatten, zeigte sich, daß Kitt aus den Kittstellen der Stützer herausgefallen war. Man führte dies auf ein Hüpfen der Spulen im Kurzschluß zurück. Es scheint jedoch vielmehr daran zu liegen, daß der Durchmesser des Stützerkreises zwischen den Spulen zu klein ist und hierdurch das ganze System in sich elastisch ist. Durch das Schwingen des Systems kann dann ein Lösen des Kittes erfolgen.

5. Lieferungs- und Prüfbedingungen.

Die Schäden führten zu einer Reihe von Erkenntnissen, die zu bestimmten Forderungen für die Konstruktion und Prüfung führten. Es muß hierbei erwähnt werden, daß die Bedingungen nur auf Drosselspulen anzuwenden sind, die schweren Beanspruchungen standzuhalten haben. Kommen weniger stark beanspruchte Spulen in Betracht, so würden diese Forderungen zu unnötig teueren Konstruktionen führen.

Die Bedingungen lauten:

I. Elektrische Bedingungen.

Die Isolation der Phasen gegeneinander hat den R.E.H./1928 zu entsprechen. Die Spulen sollen bezüglich Überschlag so bemessen sein, daß zwischen Anfang und Ende der Wicklung die vierfache verkettete Spannung dauernd bestehen kann. Diese Prüfung ist, da sie mit 50 Hz nicht durchzuführen ist, mit höherer Frequenz vorzunehmen. Überschläge dürfen an keiner Stelle stattfinden. Beide Spulenenden sind als Eingangswindungen zu betrachten. Die Spulen sind ferner mit einer Stoßspannung vom vierfachen Amplitudenwert der verketteten Spannung zu prüfen. Die Spannungsicherheit darf durch angesammelten Staub nicht verringert werden. Der Leiter ist so auszubilden, daß die zusätzlichen Verluste auf ein Minumum beschränkt werden. Wird ein Seil verwendet, so darf im Kurzschlußfall möglichst keine Licht-

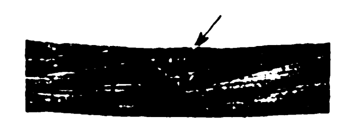
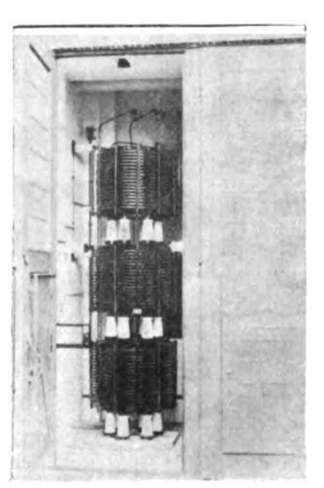


Abb. 30. Lichtbogenspuren an Teilleitern eines Kupferseils (unter Isolation).

bogenbildung zwischen den Teilleitern auftreten. Bei dieser Anordnung etwa entstehende Metalldämpfe dürfen nicht nach außen dringen können, um eine Ionisierung der Luft zu vermeiden. Sämtliche Metallteile der Spule sind elektrisch zu steuern. Die Ableitungen sind so auszubilden, daß ein Spritzen im Kurzschluß nicht auftreten kann.

II. Mechanische Bedingungen.

Der Aufbau der Spulen soll im allgemeinen übereinander erfolgen können. Es ist darauf zu achten, daß ein Sintern der Spulen durch Druck oder Erschütterung nicht eintritt. Die einzelnen Lagen müsse so fest und sicher aufeinandergepreßt sein, daß ein Nachspannen nicht erforderlich wird. Die Verwendung von unmorelsten Metallbolzen als Verspannung ist auf jeden Fall unzulässig. Es sind Spannbolzen aus nicht brennbarem Isolierstoff zu verwenden. Die Übergänge von einer Lage zur anderen sind mit besonderer Sorgfalt zu behandeln. Lötstellen mit Weichlot sind nicht zulässig. Alle Verbindungen müssen verschweißt oder hart verlötet werden. Scharfe Ecken sind zu vermeiden. Die Ableitungsfahnen sind mechanisch einwandfrei zu befestigen. Sämtliche Gewindemuttern sind mit zuverlässigen Sicherungen zu versehen. Abstützungen nach den Wänden und der Decke sind vorzusehen. Der Vollast-, Überlast-, Dauerkurzschluß- und der Stoßkurzschlußstrom dürfen keinerlei Deformation der Spulen zur Folge haben.



Spannung 30 kV
Strom 190/250 A
Induktiver Widerstand 3,5 Ω
Abstützung: Steatit
Zugbolzen: Hartpapier
Wicklung: Scheiben, Flachkupfer.

Abb. 31. Drosselspulen.

III. Thermische Bedingungen.

Bei übereinander angeordneten Spulen muß für besonders gute Durchlüftung Sorge getragen werden. Die Übertemperatur von 150 ° ist ein Höchstwert, der an keiner Stelle überschritten werden soll. Die Übertemperatur ist zu bestimmen nach vorangegangener Dauerbelastung mit dem Nennstrom, darauffolgender einstündiger Überlast und daran anschließender Beanspruchung durch Dauerkurzschlußstrom 20 s lang. Das Isoliermaterial darf bei den geforderten Höchsttemperaturen keine nachteilige Veränderung erleiden, insbesondere darf ein Verdampfen nicht stattfinden. Das Isoliermaterial darf sich auch durch den Einfluß der Luft nicht verändern. Als zusätzliche thermische und dynamische Beanspruchung müssen die Spulen ferner einen Stoßkurzschlußstrom von mindestens dem 2,5fachen Amplitudenwert des Dauerkurzschlußstroms aushalten können.

Die beste Spule wird bei schlechtem Einbau versagen, wenn die Montage nicht besonders sorgfältig vorgenommen wird. Besonders ist auf die Anschlüsse zu achten. Auch hier ist das von Roth als bester Überspannungschutz bezeichnete Werkzeug — der Schraubenschlüssel — ein unentbehrliches Hilfsmittel.

Fortschritte im Bau von Regulierpol-Querfeldmaschinen.

Von Dr. E. Rosenberg, Weiz (Steiermark).

Übersicht. Die „Rosenbergdynamo" mit Regulierpolen wurde für Stromstärken von 10 ... 800 A entwickelt, die kleineren Typen für Speisung von Kinolampen, die größten für Warmschweißung und maschinelle Schweißung mit Kohlelichtbogen. Bei Hinzufügung einer schwachen Nebenschlußzur überwiegenden Reihenschlußwicklung werden die Kinomaschinen auch für Akkumulatorenladung geeignet. Größere Schweißdynamos erhalten eine „Dünndrahtwicklung", die, zwischen die Hauptwicklung geschachtelt, den erreichbaren Strom herabsetzt und den inneren Widerstand der Maschine so vergrößert, daß bei dünnen Drahtelektroden derselbe innere Spannungsabfall erreicht wird wie bei dicken. Die Regulierpole werden als Rotationskörper mit Kurvenumgrenzung ausgeführt, so daß die Stromabnahme der Verschraubung proportional wird. Das Maschinengehäuse ist als längliche Stahltrommel mit stählerner Lagerplatte zur Aufnahme des Wälzlagers ausgebildet.

Einleitung.

Für diejenigen, denen die Literatur über die Querfelddynamo[1] nicht geläufig ist, will ich in wenigen Sätzen das Prinzip der Maschine darstellen, u. zw. in etwas anderer Art als bisher. Wenn man bei einer Wendepolmaschine, deren Hauptpole keinerlei Magnetwicklung tragen, auf dem Kommutator in der Mitte zwischen den normalen Bürsten kurzgeschlossene Hilfsbürsten anbringt, so wird durch den remanenten Magnetismus der Wendepole im Anker ein Strom erzeugt, der durch die Hilfsbürsten fließt und ein Feld schafft, das seinen Weg durch die Hauptpole und das Magnetjoch nimmt. Dadurch entsteht zwischen den Hauptbürsten eine Spannung. Schließt man den Stromkreis durch Anker, Wendepolspulen und einen äußeren Widerstand, so wird zuerst bei kleinem Strom die Wendepolspule die Ankerrückwirkung überwiegen und ein kräftigeres Wendepolfeld schaffen, das seinerseits zwischen den Hilfsbürsten einen stärkeren Ausgleichstrom, dadurch ein stärkeres Feld in der Richtung der Hauptpole und so eine stärkere Spannung erzeugt. Von einer gewissen Höhe des Stromes aber wird infolge der Sättigung des Wendepols und der eintretenden Streuung der Überschuß des Wendepolfeldes immer geringer werden, so daß der Strom zwischen den Hilfsbürsten und damit die Spannung sinkt. Bei äußerem Kurzschluß entsteht ein ganz bestimmter Strom. Wenn man einen Teil des Eisens im Wendepol herausschraubbar macht, so kann man den bei Kurzschluß erreichbaren Strom auf ein beliebig kleines Maß herunterdrücken und so die Maschine für variablen Nutzstrom einstellen. In der praktischen Ausführung werden die Hauptpole und das Joch der normalen Maschine durch zwei stark ausgebildete Polschuhe ersetzt (Abb. 1), die an der Stelle, wo die Hilfsbürsten angebracht sind, eine feldfreie Zone ergeben und an der Stelle, wo die Hauptbürsten sich befinden, bei Maschinen für kleine Stromstärke eine Aussparung, bei Maschinen für große Stromstärke oder Spannung einen richtigen Wendepol zeigen. Hinter dem Polschuh befindet sich der mit Reihenschlußerregung versehene Pol mit ausschraubbarem Einsatzstück.

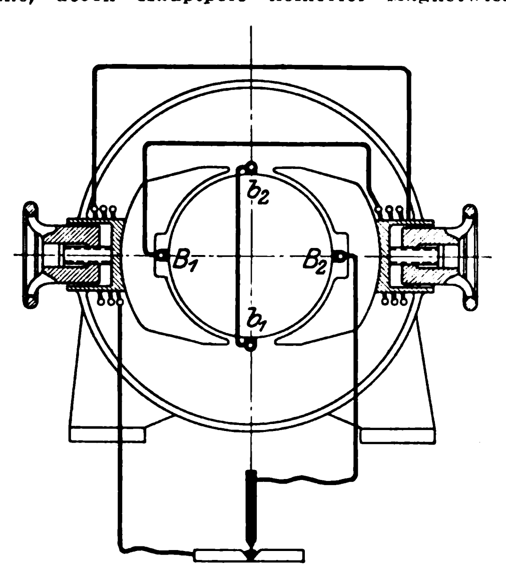


Abb. 1. Elektrische Verbindungen und Schnitt durch das Magnetfeld.

Zum Antrieb der Maschinen beim Anschluß an Drehstromnetze dienen Robaxmotoren (Motoren mit geschweißten Läuferkäfigen und angebautem Stern-Dreieck-Schalter), gleichgültig ob es sich um Umformer für 1 kW oder 40 kW handelt. Der Anlaufstrom der Motoren in Sternschaltung ist nicht größer als der eines Schleifringmotors, und die Elektrizitätswerke haben mit diesen Motoren, die bei Drittellast einen Leistungsfaktor von 0.9 und denselben Wirkungsgrad ergeben wie bei Vollast, die beste Erfahrung gemacht.

Im Jahre 1928 wurde eine ganze Typenreihe von Regulierpol-Querfeldmaschinen (Rosenbergmaschinen[2]) nach einheitlichen Konstruktionsgrundsätzen und über ein weites Anwendungsgebiet hin entwickelt. Verschiedene Größen dieser Typenreihe sind in Abb. 2 zu sehen. Die kleinsten für Stromstärken von 10 A aufwärts dienen für Kinobetrieb, die größten für Stromstärke bis 800 A für Warmschweißung und für den Betrieb selbsttätiger Schweißmaschinen mit Kohlelichtbogen. Die Konstruktionsgrundsätze wurden bei der ganzen Typenreihe einheitlich durchgeführt.

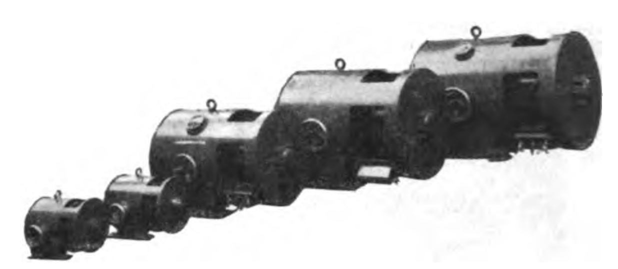


Abb. 2. Regulierpol-Querfeldmaschinen (Rosenbergmaschinen) für Stromstärken von 10 ... 800 A.

Kinomaschinen.

Die Verwendung der Regulierpol-Querfeldmaschine bringt für den Operateur den großen Vorteil, daß die Vorschalt- und Regelwiderstände entfallen, daß die einmal eingestellte Stromstärke selbsttätig unabhängig von der Längenänderung des Lichtbogens praktisch konstant bleibt und daß er sich auch um die Spannung nicht zu bekümmern braucht, weil sie sich selbsttätig der Länge des Lichtbogens anpaßt. Es kann deshalb auch das Voltmeter entfallen und der Betrieb ist der denkbar einfachste. Die Lampe brennt sehr ruhig und stetig. Durch den Wegfall der Vorschaltwiderstände verbessert sich auch der Wirkungsgrad. Die Leistungsaufnahme des Kinoumformers sinkt dadurch auch so sehr, daß bei den üblichen Stromtarifen die Anschaffungskosten des Kinosatzes in kurzer Zeit durch die Stromersparnis amortisiert werden. Es werden Maschinen für 10 ... 100 A für Lichtspieltheater gebaut. Handelt es sich um den Betrieb einer einzelnen Lampe, so genügt die einmalige Einstellung des Stromes mittels des Regulierpoles. Bei Kinos, in denen die Stromstärke stark verändert werden muß, weil abwechselnd farbige Filme, Schwarz-Weiß-Filme und feststehende Glasbilder zu durchleuchten sind, kann die Verstellung des Regulierpoles von der Kabine des Operateurs aus je nach der Entfernung der Maschine von der Kabine entweder durch Kettenübertragung oder durch einen kleinen Antriebsmotor mit Schneckenvorgelege erfolgen.

In manchen kleinen Lichtspieltheatern werden die Kinomaschinen auch verwendet, um Akkumulatoren für

[1] ETZ 1928, S. 43. — E. Rosenberg, Die Gleichstrom-Querfeldmaschine. Verlag Julius Springer, Berlin 1928.

[2] Patente angemeldet und erteilt.



die Notbeleuchtung zu speisen. Solche Maschinen erhalten außer den Reihenschlußspulen auch schwache Nebenschlußspulen. Die Strom-Spannungs-Kennlinien einer solchen Kompound-Kinodynamo sind in Abb. 3 für verschiedene Einstellungen des Regulierpoles gegeben, während Abb. 4 die Charakteristik für eine reine Reihenschlußmaschine mit etwas verschiedener Ankerdrahtzahl zeigt. In der Nähe des Normalstromes ist der Unterschied in der Charakteristik unmerklich, bei Unterbrechung des äußeren Stromkreises aber, wenn der Strom sich dem Werte Null nähert, steigt die Spannung der Kompoundmaschine, während die der Reihenschlußmaschine wieder sinkt. Ein Nebenschlußregler wird nicht verwendet. Die Batterie kann entweder in Pausen des Kinobetriebes oder unter Umständen in Reihe mit der Lampe geladen werden.

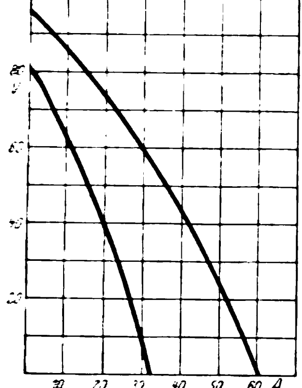



Abb. 3. Strom-Spannungs-Kennlinien bei Kompounderregung.

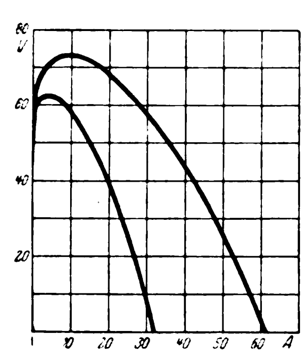


Abb. 4. Strom-Spannungs-Kennlinien bei Serienerregung.

Schweißmaschinen.

Für bestimmte Schweißungen kommen auch die kleinen Maschinen in Betracht, die eigentlich als Kinodynamos entwickelt wurden. Hierher gehört die Bleischweißung. Bleiblech wird mittels dünner Kohleelektrode mit kleinem Strom geschweißt, u. zw. einfacher, billiger und schneller als im Wasserstoffgebläse. Schwache Eisenbleche von 1 ... 2 mm Stärke werden ebenfalls mit kleinen Strömen von 50 .. 100 A mittels Eisenelektrode von Hand geschweißt. Dabei ist kein Umbördeln der Eisenbleche erforderlich. Bei umgebördelten Blechen kann mit großem Vorteil die selbsttätige Kohlelichtbogenschweißung verwendet werden. Bei dieser wurde durch Steigerung der Stromstärke die Möglichkeit einer hohen Schweißgeschwindigkeit erzielt. Die selbsttätige Kohlelichtbogenschweißung erlaubt deshalb schon bei Verwendung von dünnen Blechen die Benutzung der sonst allgemein für Handschweißung üblichen Maschinengrößen für eine Stromstärke von 200 ... 300 A und erfordert für die Schweißung sehr starker Bleche Stromerzeuger, die dauernd 300 ... 600 A liefern. Die hohe Stromstärke wurde in viellen Fällen durch die Parallelschaltung zweier Maschinen gewonnen, doch werden auch Einzelmaschinen für so große Stromstärken ausgeführt.

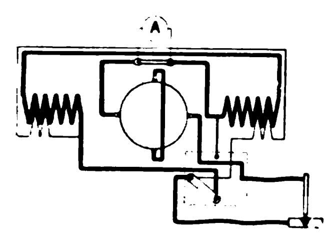


Abb. 5. Schaltbild einer Schweißmaschine mit Dünn- und Dickdrahtwicklung. Dünndrahtwicklung überbrückt bei Verwendung starker Eisendrahtelektroden.

In Werkstätten, die nicht dauernd eine Maschine für die gleiche Arbeit verwenden, ergibt sich dann der Wunsch, große Maschinen auch für Handschweißung zu verwenden. Dies bringt ein neues Problem mit sich. Bekanntlich entsteht durch den Kurzschluß, mit dem jeder Schweißprozeß beginnt, ein Momentanstrom, der vom Dauerkurzschlußstrom für die gleiche Einstellung verschieden ist. Bei Kurzschluß von Drehstrommaschinen entsteht bekanntlich ein Momentanstrom, der den 5- bis 10-fachen Wert des Dauerkurzschlußstromes erreicht. Fast ähnlich große Werte werden auch von Schweißmaschinen berichtet, deren Hauptfeld durch eine Nebenschlußund fremderregte Wicklung erzeugt wird, denn bei plötzlichem Kurzschluß muß die vorhandene Leerlaufspannung einen Momentanstrom erzeugen, der das Feld plötzlich vernichten will. Durch transformatorische Wirkung aber wird der Nebenschlußstrom dann plötzlich verstärkt, so daß der Momentanstrom recht hohe Werte annehmen muß. Beim Kohlelichtbogen tritt der Kurzschluß nur zu Beginn des Schweißens ein. Bei der Drahtschweißung entstehen, wie die oszillographischen Aufnahmen von Bung[3] und die Filmaufnahmen von Hilpert und Thun[4] gezeigt haben, in jeder Sekunde viele Tropfen unter Kurzschließung des Lichtbogens, so daß hier niemals der Dauerzustand eines Gleichstromes sondern ein stetiges Schwingen des Stromes mit großen Amplituden erreicht wird. Ein gegebener Widerstand des Stromkreises dämpft die Schwingungen um so weniger, je geringer der mittlere Strom ist, auf den eine Maschine eingestellt ist. Die Spannung des Eisenlichtbogens bleibt ja in der Größenordnung von 20 V, gleichgültig ob man mit starkem oder schwachem Draht schweißt. Ein Maschinenwiderstand, der bei dem vollen Strom einen gewissen Spannungsabfall gibt, wird bei dem vierten Teil des Stromes nur den vierten Teil des Ohmschen Spannungsabfalles ergeben. Die absolute Größe der Stromschwankung bleibt bei gleichgehaltenem Widerstand die gleiche, wird daher bei kleinerem mittleren Strom prozentual viel stärker fühlbar werden. Deshalb empfehlen viele Erzeuger von Schweißmaschinen, beim Schweißen mit dünneren Drähten einen Widerstand vorzuschalten, auch dort, wo ein solcher beim Schweißen mit dicken Drähten entbehrt werden kann. Maschinen, die an und für sich Vorschaltwiderstände nötig haben, müssen beim Schweißen mit dünneren Drähten größere Vorschaltwiderstände erhalten.

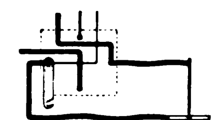


Abb. 6. Brücke geöffnet bei Verwendung der Dünndrahtwicklung.

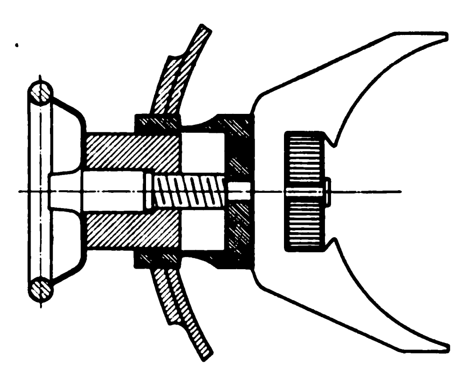


Abb. 7. Kurvenregulierpol und Polschuh mit Wendepol.

Bei der reihenschlußerregten Querfeldmaschine liegen die Verhältnisse günstiger als bei Nebenschlußmaschinen, weil der Widerstand der Reihenschlußwicklung selbst als zusätzlicher Beruhigungswiderstand dient und weil der Strom in der Reihenschlußwicklung zwangläufig gesteuert wird, so daß die transformatorische Wirkung nicht wie bei Nebenschlußwicklung aufkommen kann, ferner weil die Leerlaufspannung eine geringere ist als bei allen sonst üblichen Maschinen. Der Momentanwert der Stromschwankung ist daher bei dieser Maschine viel kleiner, aber er ist fast unabhängig von der Stellung des Regulierpoles, ist daher auch hier beim Schweißen dünner Drähte prozentual größer als beim Schweißen dicker Drähte. Bei den Maschinen für große Stromstärke wurde nun eine neue Einrichtung geschaffen[5], die den inneren Widerstand der Maschine beim Schweißen dünner Drähte auf den geeigneten Wert bringt und äußere Widerstände entbehrlich macht. Die Magnetspulen sind Spiralen aus hochkantig gewickeltem Flachkupfer. Zwischen sie wird, isoliert von den Windungen der Hauptspirale, eine Spirale aus Kupferfolie eingelegt, deren Windungen so verbunden sind, daß die gesamte wirksame Windungszahl kleiner ist als die der Hauptwicklung. Haupt- und gegenwirkende „Dünndrahtwick-



[3] Bung, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 490.
[4] Hilpert u. Thun, ETZ 1929, S. 576.
[5] Patent angemeldet.

lung" sind hintereinander geschaltet (Abb. 5). Bei Verwendung dicker Drähte wird die Dünndrahtwicklung überbrückt, beim Schweißen mit dünneren Drähten wird die Brücke geöffnet (Abb. 6). In letzterem Falle ist wegen der geringeren wirksamen Windungszahl der Höchstwert des Stromes auf einen solchen Wert reduziert, daß er die Kupferfolie nicht übermäßig erwärmt. Die Kupferfolie gibt ihre Wärme an die wegen des geringen Stromes selbst kalt bleibende Hauptspirale ab. Der Spannungsabfall in der gesamten Maschine ist dadurch auf den gleichen prozentualen Wert gebracht, den er bei einer für den kleinen Strom gebauten Maschine hätte, ein äußerer Widerstand ist entbehrlich, und es erfolgt keine Überlastung der Dünndrahtwicklung. Wird ein größerer Strom gebraucht als der, für den die Dünndrahtwicklung bestimmt ist, so wird die Brücke in Abb. 5 zwangsweise kurzgeschlossen. Die Dünndrahtwicklung wird bei Maschinen für einen Nennstrom von mehr als 250 A verwendet.

Abb. 8. Regelung des Stromes bei Verwendung der Dickdrahtwicklung.

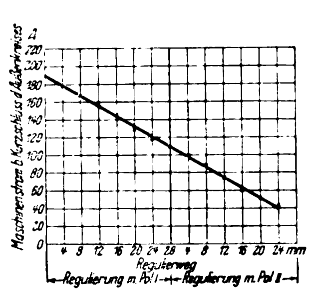


Abb. 9. Regelung des Stromes bei Verwendung der Dünndrahtwicklung.

Längenmaß einer gleichmäßigen Abnahme der eingestellten Stromstärke entspricht. Abb. 8 zeigt das Resultat für die Dickdrahtwicklung, Abb. 9 für die Dünndrahtwicklung.

Konstruktive Ausführung.

Bei der Maschine sind keine gußeisernen Lagerschilder verwendet, so daß auch bei der rohen Behandlung, denen Schweißmaschinen in Bergwerken, beim Aufbringen an Bord von Schiffen u. dgl. ausgesetzt sind, Brüche nicht mehr vorkommen. Das Gehäuse ist als Trommel ausgebildet; gegen seinen Flansch wird die stählerne Lagerplatte geschraubt, die das Wälzlager enthält. Belüftet wird die Maschine durch einen auf der Kupplungseite angebauten Fächer, der die Luft durch das Maschinengehäuse gegen den Kommutator zu treibt; sowohl die Längsnähte der Trommel als auch die Rundnähte, die die Trommel mit den Flanschen verbinden, werden durch maschinelle Schweißung hergestellt. Die Trommelform, die zuerst für diese Schweißmaschinen entwickelt wurde, wird von der „ELIN" Aktiengesellschaft für elektrische Industrie seitdem auch für Drehstromgeneratoren und Motoren verwendet. Sowohl bei Kino- als auch Schweißumformern erhält die Querfeldmaschine im allgemeinen nur ein Außenlager und einen Kupplungsflansch, so daß sie an jedem beliebigen zweilagerigen Motor angekuppelt werden kann. Bei einem der häufigst verwendeten normalen Werkstatt-Schweißumformer werden Stromerzeuger und Motor auf gemeinsamer Welle mit nur zwei Lagern insgesamt zusammengebaut (Abb. 10). Die Räder sind durch maschinelle Schweißung hergestellt, die Grundplatte ebenfalls geschweißt. Von der Konstruktion, wie sie in der ETZ 1928, S. 43, beschrieben wurde, sind 500 Maschinen in erfolgreichem Betrieb. Von den Stahlkonstruktionen mit den soeben beschriebenen Verbesserungen sind nahezu 300 Schweißmaschinen in Betrieb, eine große Zahl von Schweißmaschinen und Kinomaschinen ist in den Werkstätten der „ELIN" in Fabrikation.

Kurvenregulierpol[6].

Der Regulierpol besteht bekanntlich aus einem becherähnlichen Körper, innerhalb dessen ein eisernes Einsatzstück verschraubt werden kann. Der Becher wird jetzt als Rotationskörper mit einer besonderen Kurve als Erzeugenden ausgeführt (Abb. 7), so daß seine Wandstärke

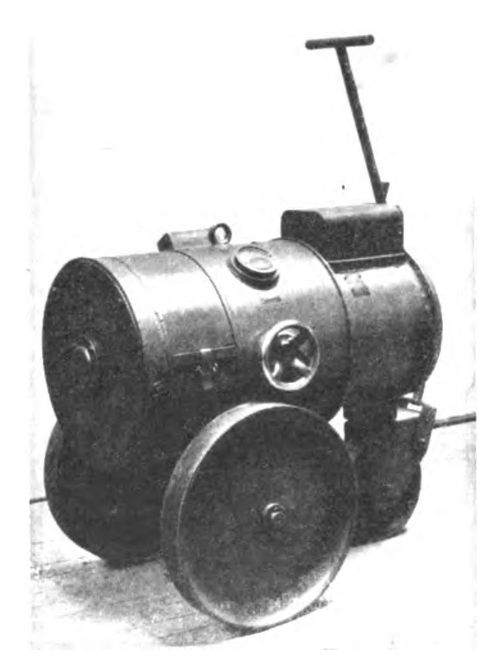


Abb. 10. Fahrbarer Schweißsatz RF 67 für 200 A mit Drehstrommotor.

am Bechergrund stark ist und sich dann nach außen wie der Eiffelturm verjüngt. Dadurch ist es möglich, den magnetischen Widerstand fast genau proportional der Längsverschiebung des Einsatzstückes zu gestalten, so daß eine Verschraubung des Einsatzstückes um ein bestimmtes

[6] Patent angemeldet.

Ein neuer Kraftverstärker.

Während bisher der Rundfunk sich mehr oder weniger auf die einzelnen Privathaushalte beschränkte, hat man neuerdings erkannt, daß er auch für größere Gaststätten eine bequeme und unabhängige Möglichkeit bietet, Unterhaltung für die Gäste zu schaffen. Es entsteht hier die Aufgabe, von einer zentralen Empfangsanlage aus auf eine größere Anzahl von einzelnen Lautsprechern, die auf die verschiedenen Räume verteilt sind, die Rundfunkmusik zu übertragen. Besonders willkommen ist es noch, wenn man sich von den Zufälligkeiten des Programms der einzelnen Sender unabhängig macht dadurch, daß man Schallplattenmusik elektrisch verstärkt über die gleiche Lautsprecheranlage verteilt. Da für die ausreichende lautstarke Wiedergabe für eine größere Anzahl Lautsprecher die Energie normaler Rundfunkempfänger nicht ausreicht, muß man für solche Zwecke eine besondere Kraftverstärker-Endstufe hinter das Empfangsgerät schalten. Der kürzlich herausgekommene Kraftverstärker Telefunken KV 11 stellt eine solche Endstufe größerer Leistung dar (unverzerrte Ausgangsleistung etwa 3 W). Der Kraftverstärker KV 11 kann an jeden normalen Lautsprecher-Empfänger angeschlossen werden und gestattet dann ausreichende Aussteuerung einer größeren Anzahl von Lautsprechern (z. B. bis zu 8 Arcophonen). Der Kraftverstärker ist mit einer leistungsfähigen Kraftverstärkerröhre Telefunken RV 218 ausgerüstet und entnimmt alle erforderlichen Spannungen aus dem Wechselstrom-Lichtnetz. Zur Gleichrichtung dienen zwei in Serie geschaltete Gleichrichterröhren RGN 1503. *fi*

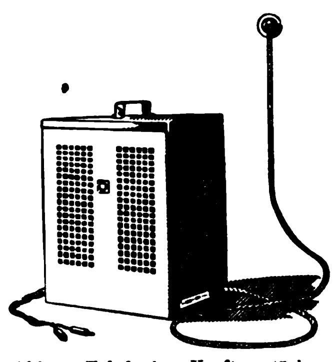


Abb. 1. Telefunken-Kraftverstärker KV 11.



Neuerungen im Differentialschutz von Transformatoren.

Von Dr.-Ing. **Hermann Schulze**, Auma.

Übersicht. Die Anwendung des Differentialschutzes von Transformatoren stößt in den bisher bekannt gewordenen Ausführungsformen auf Schwierigkeiten, wenn es sich darum handelt, Umspanner bzw. Umspannergruppen mit stetig veränderlichem Übersetzungsverhältnis (Drehregler, Schubtransformatoren, Leistungstransformatoren in Verbindung mit solchen) zu schützen. Nachstehend werden sowohl für den Differentialstromschutz als auch für den Differentialwattschutz Ausführungsformen angegeben, welche sich auch zum Schutz von Transformatoren mit stetig veränderlichem Übersetzungsverhältnis eignen.

Die mit zunehmender Steigerung der Zentralen- und damit der Übertragungsleistungen der Fortleitungsanlagen in immer größerem Ausmaße in den Großumspannern je Einheit zu investierenden Anlagewerte rechtfertigen die Arbeit, die auf die weitere Durchbildung der an sich schon zu so beachtlicher Vollkommenheit entwickelten Transformatoren-Schutzeinrichtungen[1] verwendet wird. Der Schutz größerer Transformatoren, der ziemlich einheitlich geworden ist, wird gegenwärtig außer durch den so universell wirkenden Buchholz-Schutz[2] in der Hauptsache durch den sowohl auf reinem Stromvergleich als auch Leistungsvergleich beruhenden Differentialschutz[3] bewirkt.

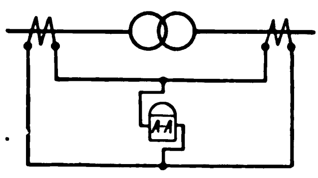


Abb. 1. Grundsätzliche Schaltung des Differentialstromschutzes für Transformatoren.

Bei dem Differentialschutz, der, genau wie der Buchholzschutz, beim Parallelbetrieb mehrerer Umspanner die selektive Abschaltung des von einer Störung betroffenen bewirkt, u. zw. sowohl bei dem — zwecks Berücksichtigung des Transformatoren-Leerlaufstromes — auf etwa 20 % Fehlerstrom abgestimmten Differentialstromschutz (Abb. 1) als auch bei dem zur Überwachung der Eisenverluste (Schutz gegen Eisenbrand) üblichen Differentialwattschutz, müssen die Meßwandler außer durch ihre Schaltung die durch die innere Schaltung der Umspanner bedingte Phasenverschiebung zwischen Primär- und Sekundärströmen bzw. -spannungen auch das evtl. durch Anzapfungen usw. veränderliche Übersetzungsverhältnis der Umspanner berücksichtigen. Die letztgenannte Forderung vermögen die bisher bekanntgewordenen Ausführungsformen des Differentialschutzes nur dann zu erfüllen, wenn das Transformatoren-Übersetzungsverhältnis stufenweise veränderlich ist, z. B. durch Anzapfungen der Leistungs- oder Zusatzumspanner (Verwendung zusätzlicher Abgleichwandler mit entsprechenden Anzapfungen), nicht aber bei **stetig** veränderlichem Übersetzungsverhältnis, wie dies z. B. durch die Verwendung von Drehreglern und Schubtransformatoren gegeben ist. Zur Überwindung dieser Schwierigkeiten bei der Verwendung des Differentialschutzes werden Ausführungsformen von nachstehend beschriebenem grundsätzlichen Aufbau vorgeschlagen.

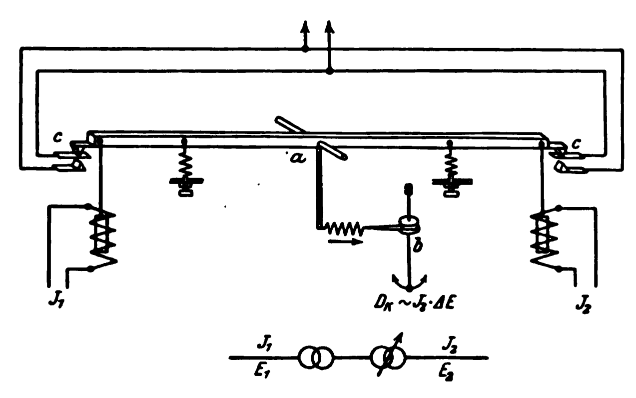
1. Differentialstromschutz.

Die „Differenzbildung" der Ströme erfolgt bei dem neuartigen[4], z. B. nach dem Waagebalkenprinzip durchgebildeten Differentialstromrelais nicht, wie bei den bisher entwickelten Ausführungsformen (s. Abb. 1), auf elektrischem sondern auf mechanischem Wege: die Primär- und Sekundärströme werden zwei Stromspulen zugeführt, deren bewegliche Systeme bzw. Kerne auf die beiden Hebelarme eines Waagebalkens wirken und bei gesundem Transformator die mit zwei Kontakten zur Ölschalterauslösung versehene Relaisanordnung im Gleichgewichtszustand halten (Abb. 2). Selbstverständlich können an Stelle der auf einen Waagebalken wirkenden zwei Kerne auch zwei in entgegengesetzter Richtung auf eine gemeinsame Welle arbeitende Dreheisen-Stromrelais verwendet werden. Auf konstruktive Einzelheiten der verschiedenen Ausführungsformen soll jedoch, da es sich hier nur um Überlegungen grundsätzlicher Art handelt, nicht weiter eingegangen werden.

Die Größe des bei veränderlicher Umspannerübersetzung abzugleichenden Differenzdrehmomentes $D_{J_2} - D_{J_1} \geq 0$ (Abb. 3) der beiden Stromsysteme wird bestimmt durch

a) das jeweils eingestellte Transformatoren-Übersetzungsverhältnis (Regelbereich) und

b) den jeweiligen Belastungszustand des Umspanners.



a Waagebalken-Differentialstromrelais *b* Welle d. Ferraris-Syst. z. Erzeug. d. Regelbereich- u. Belastungs-Korrektur *c* Kontakte z. Ölschalterauslösung.

Abb. 2. Schema des Differentialstromrelais für Transformatoren mit stetig veränderlichem Übersetzungsverhältnis.

Das Abgleichen des Waagebalkenrelais umfaßt demzufolge eine Regelbereich- und eine Belastungskorrektur. Das hierzu für gesunden Transformator nach der Beziehung $\sum D = D_{J_2} - D_{J_1} - D_K = 0$ erforderliche Abgleichmoment D_K muß proportional sein dem Produkt $J_2 . \Delta E$ wobei die Differenz ΔE der primären und sekundären EMKK ein Maß für den durch die Umspannerübersetzung

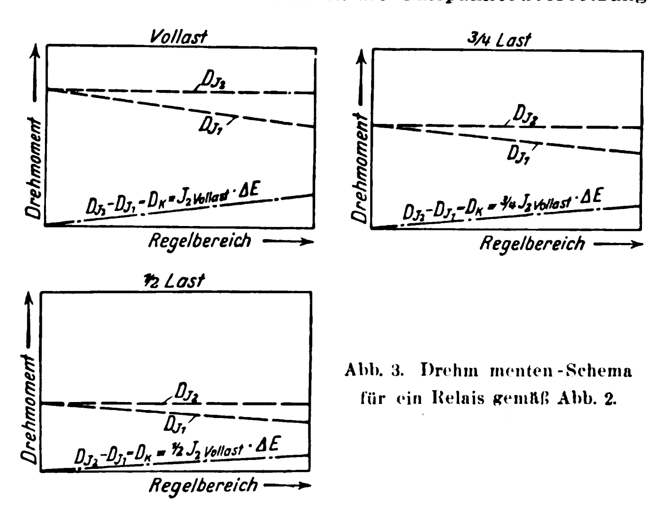


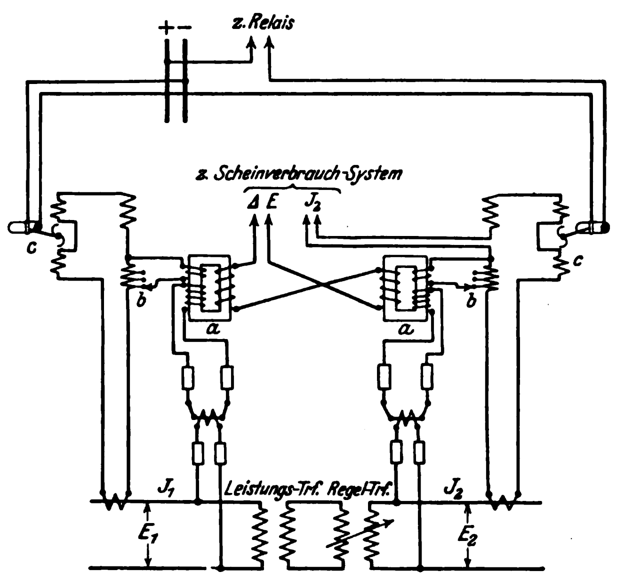
Abb. 3. Drehmomenten-Schema für ein Relais gemäß Abb. 2.

bestimmten jeweils eingestellten Regelbereich ist. Die Bildung des Abgleichdrehmomentes D_K und seine Einfügung in die Relaisanordnung wird nach folgenden grundsätzlichen Überlegungen bewirkt:

α) Die Differenz der EMKe ΔE ergibt sich mit hinreichender Genauigkeit aus der Differenzschaltung (Abb. 4) der auf Primär- und Sekundärseite des Umspanners bzw. der Umspannergruppe vorhandenen Spannungswandler, wobei die induktiven Spannungsabfälle der Transformatoren — die bei den neuzeitlichen „weichen" Großtransformatoren im Vergleich zu den induktiven Abfällen sehr kleinen Ohmschen Spannungsabfälle können vernachlässigt werden — z. B. nach Abb. 4, die zu diesem Zweck kleine Zwischenwandler vorsieht, eliminiert werden können. Die in

[1] ETZ 1928, S. 1521; El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 730.
[2] ETZ 1928, S. 1257; VDE-Fachbericht-Sonderheft 1928, S. 27.
[3] Kuhlmann, Arch. El. Bd. 1, S. 110; Siemens-Z. Bd. 6, S. 79.
[4] DRP. angem.

den Sekundärkreisen der Stromwandler zwecks „Abbildung" der induktiven Transformatoren-Spannungsabfälle vorhandenen induktiven Widerstände (Abb. 4) sind zwecks Anpassung der Relais an die bei den verschiedenen Transformatoren verschiedenen Reaktanzen mit entsprechend feinstufigen Anzapfungen auszurüsten. In Drehstromanlagen ist bei der Differenzschaltung der Spannungswandler die innere Schaltung der Drehstromumspanner, am einfachsten durch entsprechende Schaltung der Zwischenwandler, zu berücksichtigen und demzufolge sinngemäß bei Drehreglern nur die Ausführung als Doppeldrehtransformator zu verwenden.



a Zwischenwandler b Induktive Widerstände c Dreheisen-Stromrelais mit Quecksilber-Kipprelais

Abb. 4. Grundsätzliche Schaltung eines hochempfindlichen Differentialstromrelais für eine Einphasen-Transformatorengruppe.

β) Das Abgleichdrehmoment D_K ist zweckmäßigerweise stets nur nach einer Richtung hin, im vorliegenden Beispiel (Abb. 3) im Sinne der Unterstützung von D_{J_1}, zu entwickeln. Aus diesem Grunde ist das Verhältnis der Strom- und Spannungswandlerübersetzungen so zu wählen, daß die Abgleichwirkung Null für den Fall $D_{J_1} = D_{J_2}$ nicht bei einem Mittelwert sondern einem der Endwerte, dem oberen oder unteren der stetig veränderlichen Umspannerübersetzung, eintritt.

γ) Das Abgleichdrehmoment D_K muß unabhängig von der inneren Phasenverschiebung des Umspanners, d. h. der Phasenverschiebung von J_2 und ΔE, stets proportional sein dem Produkt $J_2 \cdot \Delta E$. Es wird deshalb zweckmäßigerweise mittels Ferraris-Systemen in Scheinverbrauchszähler-Anordnung erzeugt, deren Strom- und Spannungssysteme mit J_2 bzw. ΔE gespeist werden. Bei Differentialstromrelais für Umspanner mit Energietransport in nur einer Richtung können als Scheinverbrauchzähler alle bekannten Systeme, z. B. mit Überholungsgetriebe (AEG), Kugelgetriebe (SSW) usw., verwendet werden, deren der Größe J_2 ΔE proportionale Umdrehungszahlen in ein diesem proportionales Drehmoment D_K umgeformt werden durch eine nach Art der z. B. im Tachometerbau usw. üblichen Wirbelstromkupplung; um die durch den umlaufenden Scheinverbrauchzähler bewegten Massen klein zu halten, sind die die Wirbelströme bei Umlauf des Scheinverbrauchzählers erzeugenden kleinen Dauermagnete auf die Scheibe zu setzen, welche das erzeugte Abgleichdrehmoment D_K mittels Spiralfeder usw. im Sinne der Unterstützung von D_{J_1} auf die Waagebalkenanordnung überträgt. Bei Differentialstromrelais für Umspanner mit gleichzeitigem Auf- und Abspannbetrieb muß die Erzeugung der Abgleichdrehmomente D_K durch stillstehende Scheinverbrauch-Ferraris-Systeme (Kugelgetriebe von SSW[5] usw.) erfolgen, damit die bei Umkehr der Drehrichtung des Scheinverbrauchsystems unvermeidliche Unterbrechung in der Abgleichwirkung so kurz wie nur irgend möglich ist.

δ) Das Einstellen des Waagebalkenrelais auf den jeweils in Frage kommenden Transformatorleerlaufstrom zum Zwecke der Ansprechverhinderung im Leerlauf wird mittels zweier in ihrer Vorspannung veränderlicher Federn (Abb. 2) bewirkt, die dem Relais gleichzeitig die erforderliche Stabilität verleihen.

Infolge der mechanischen Differenzbildung der Ströme besteht selbstverständlich die Möglichkeit, den Schutz empfindlicher als auf etwa 20 % des Nennstromes einzustellen; das erfordert Ansprechverhinderung des Relais in den Zeiten vom erfolgten Einlegen des den Transformator unter Spannung setzenden Schalters auf der einen Seite bis zum Einlegen des die Belastung zuschaltenden Schalters auf der anderen Seite sowie für die betriebsmäßig vorkommenden Fälle des völligen Wegbleibens der Belastung. Die dadurch bedingte Ansprechverhinderung des hochempfindlich eingestellten Differentialstromschutzes läßt sich selbsttätig einfach erzielen, z. B. durch Zuschalten des Gleichstromauslösekreises auf das Relais mittels zweier Quecksilber-Kipprelais, welche durch auf Primär- und Sekundärseite des Umspanners vorhandene, auf geringste Belastung ansprechende hochempfindliche Dreheisen-Stromrelais (Abb. 4) gesteuert werden.

Der hochempfindliche Differentialstromschutz bietet für den Betrieb, namentlich bei der Versorgung großer, gegen Störungen sehr empfindlicher Verbrauchsgebiete, wie Großstädte, Landessammelschienen usw., wichtige Vorteile. Als Beispiel hierfür sei nur der Vorteil erwähnt, beim Parallelbetrieb mehrerer Umspanner, der ja für die Versorgung vorstehend genannter Verbraucher

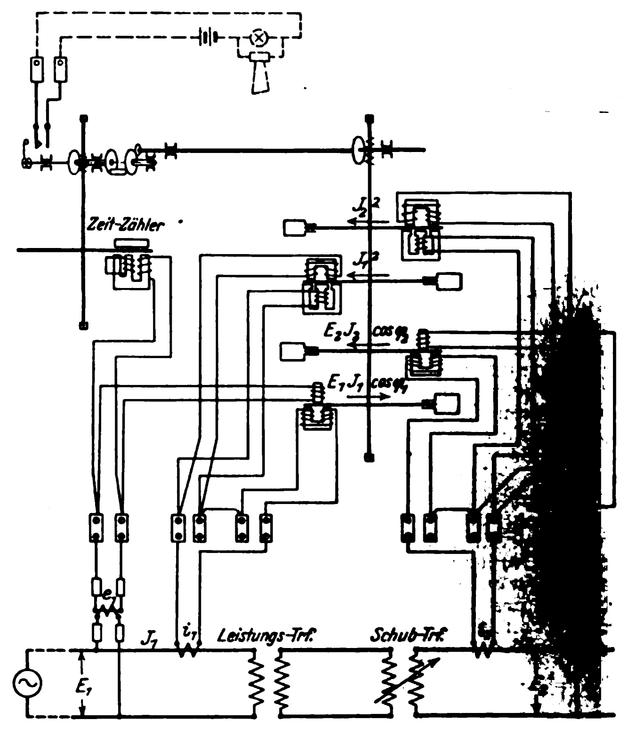


Abb. 5. Grundsätzliche Schaltung eines wattmetrischen Differentialschutzrelais für eine Einphasen-Transformatorengruppe.

durch die dadurch erst mögliche Bereitstellung betriebsbereiter Reserve unerläßliche Voraussetzung ist[6], den von einer Störung betroffenen Umspanner sofort im allerersten Stadium der Zerstörung selektiv abschalten und damit — neben größtmöglicher Beschränkung der Zerstörung — den Abnehmer gegen die Folgen dieser unvermeidlichen Störung wie Spannungsabsenkung usw. weitestgehend schützen zu können.

2. Differentialwattschutz[7].

Ein von der BEWAG entwickelter Differentialwattschutz zur Überwachung der Eisenverluste von Transformatoren mit stetig veränderlichem Übersetzungsver-

[5] Vgl. Möllinger, Wirkungsweise der Motorzähler und Meßwandler, S. 165. Verlag Julius Springer, Berlin 1925.

[6] Vgl. a. E. Rühle, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 409.

[7] Vgl. z. B. Siemens-Z. Bd. 6, S. 275.

hältnis besteht im Prinzip aus 2 an Primär- und Sekundärseite angeschlossenen Leistungsmesser-Systemen, die ihre in entgegengesetzten Richtungen wirkenden Drehmomente auf eine gemeinsame Welle abgeben. Dieses Schutzsystem, das die Differenz der Leistungen ebenfalls auf mechanischem Wege bildet, besitzt alle Vorteile der bekannt gewordenen Ausführungsformen, welche die Differentialschaltung elektrisch im sekundären Stromwandlerkreis bewirken.

Das wattmetrische Differentialschutzrelais hat im allgemeinen — im Gegensatz zum Differentialstromschutz — bei einer durch Eisenbrand usw. hervorgerufenen Erhöhung der Eisenverluste nicht die sofortige Abschaltung des betr. Umspanners sondern lediglich die Signalisierung dieser Störungserscheinung zu bewirken; es genügt, den betreffenden Transformator erst dann von Hand abzuschalten, nachdem ein entsprechender Reservetransformator zugeschaltet worden ist. Aus diesem Grund eignet sich als Schutz von Umspannern mit stetig veränderlichem Übersetzungsverhältnis außer dem vorstehend erwähnten auch ein nachstehend näher beschriebenes, in seinen Konstruktionselementen dem Zählerbau entnommenes wattmetrisches Differentialschutz-Relais nach dem Ferraris-Prinzip[6].

Dieses Relais (Abb. 5) besteht in der Hauptsache aus 2 durch ein Planetenradgetriebe miteinander verbundenen Zählersystemen. Auf das eine System arbeiten, in entgegengesetzten Richtungen wirkend, die zu einander gehörigen Primär- und Sekundär-Spannungen und -Ströme in Wirkverbrauchschaltung sowie — zwecks Eliminierung der Stromwärmeverluste — zwei J^2-Glieder; das resultierende Gesamtdrehmoment dieses Systems ist alsdann stets ein Maß für die vom Umspanner zur Deckung seiner Eisenverluste beanspruchte Wirkleistung. Das andere System trägt ein Zeitglied, u. zw. einen Zähler, der die Eigenschaft besitzt, zwischen 60 und 130 % der Nennspannung mit konstanter Drehzahl zu laufen. Die Kreuzwelle des Planetenradgetriebes schließt nach einer bestimmten Umdrehungszahl einen Schnappkontakt zur Betätigung eines Signals zur Meldung von Eisenbrand. Alle weiteren Einzelheiten der grundsätzlichen Anordnung läßt das Schema der Abb. 5 erkennen.

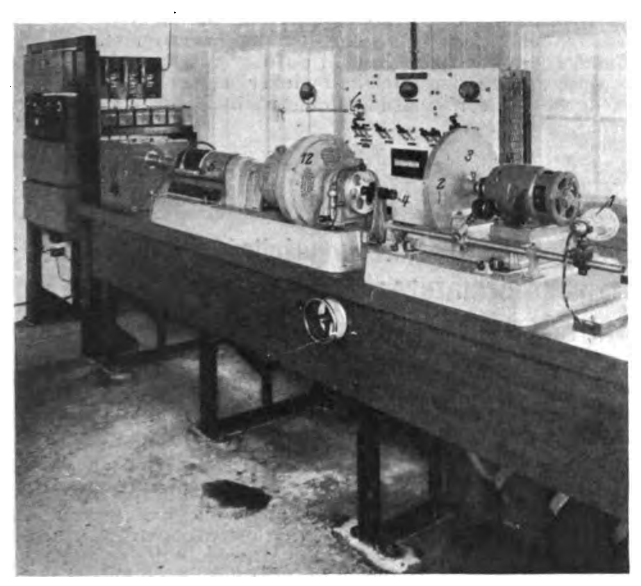
Ein besonderer Vorteil dieses wattmetrischen Differentialschutzrelais beruht darin, daß es aus zwei ständig umlaufenden Zählern besteht und sich deshalb sehr einfach betriebsmäßig überwachen läßt. Bei Leistungstransformatoren in Drehstromanlagen braucht die etwa vorhandene Phasenverschiebung zwischen Primär- und Sekundär-Spannungen und -Strömen nicht durch besondere Schaltung der Meßwandler bzw. Verwendung zusätzlicher Zwischenwandler eliminiert zu werden; bei Drehreglern kann aus demselben Grunde die Ausführung als Einfach-Drehtransformator verwendet werden. Durch Hinzufügen eines Zählwerkes zum Zeitglied (Betriebstunden) läßt sich das Relais gleichzeitig als Zeitzähler verwenden. Es ist zweckmäßig, auch das andere System mit einem Zählwerk (kWh) auszurüsten, dessen Angaben der Leerlaufsverluste in kWh, dividiert durch die vom Zeitglied registrierten Betriebstunden, in entsprechend großen Ableseperioden schon die geringste Veränderung der Eisenverluste erkennen lassen. In der Form gemäß Abb. 5 eignet sich das Relais zum Schutz von Umspannern, die mit Energietransport in nur einer Richtung, d. h. im Auf- oder Abspannbetrieb arbeiten (z. B. Kraftwerks-Umspanner). Für Transformatoren mit gleichzeitigem Auf- und Abspannbetrieb sind 2 Relais vorzusehen, deren Leerlaufverlust-Zählersysteme mit Rücklaufhemmungen arbeiten.

[6] DRP. angem.

Neues Bildfunkgerät von Marconi.

Von Dr. F. Noack, Berlin.

Marconi hat vor kurzem ein neues Bildfunkgerät fertiggestellt. Das Gerät kommt in der Hauptsache für die Übertragung von Pressebildern, im besonderen aber von Pressenachrichten in Betracht. Wie die beigegebene



1 Glühlampe *2* Öffnung in der Schutzhaube *3*, innerhalb welcher sich eine rotierende Lochscheibe befindet *4* Mikroskop, welches den Lichtstrahl in die hohle Achse des Senders leitet *5* feststehende Bildwalze *6* Kasten mit Photozelle *12* Antriebsmotor

Abb. 1. Marconi-Bildfunksender.

Übertragungsprobe (Abb. 4) zeigt, sind die übertragenen Nachrichten durchaus leserlich, allerdings nicht so scharf, wie beispielsweise beim Telefunken-Karolussystem. Marconi gibt an, daß zur Übertragung von zwei Bildern von 20 × 25 cm weniger als 20 min nötig seien. Wie die Abb. 1 ... 3 zeigen, ist das Gerät in der Bedienung sehr einfach gehalten, so daß es in der Hand des nicht absolut fachlich vorgebildeten Beamten durchaus zu gebrauchen ist. Das neue Gerät unterscheidet sich in mannigfacher Hinsicht von den Systemen anderer Firmen.

Es hat mit dem System der Firma Telefunken (Karolus[1]) in elektrischer Hinsicht manches gemeinsam, doch ist der Aufbau von diesem verschieden. Die Abb. 1 zeigt den Sender, Abb. 2 das Einlegen des abzutastenden Bildes, Abb. 3 den Empfänger. In Abb. 1 bedeutet *1* die Glühlampe, welche zur Erzeugung des zur Abtastung der Bilder benutzten Lichtstrahles dient. Der von der Glühlampe kommende Lichtstrahl durchwandert zunächst die Öffnung *2* in einer Haube *3*, welche im Innern eine Lochscheibe trägt. Dadurch wird der Lichtstrahl in bestimmtem Rhythmus unterbrochen, und wir erhalten später als Bildstrom einen Wechselstrom. Der von der Öffnung *2* kommende Lichtstrahl wird nun von einem Mikroskop *4* aufgefangen. Das Bemerkenswerte ist nun, daß der Licht-



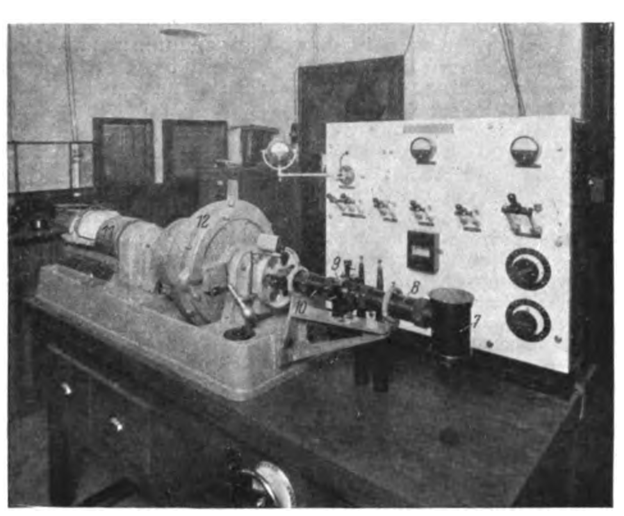
5 Bildwalze

Abb. 2. Einlegen des abzutastenden Bildes in die Bildwalze.

[1] ETZ 1929, S. 744.



strahl vom Mikroskop *4* durch die Achse der Bildwalze des Senders geschickt wird, welche hohl ist. Am (im Bilde) linken Ende des Senders, da, wo das Bild auf die Bildwalze gespannt wird, befindet sich in der Achse ein Prisma, welches den Lichtstrahl auf die Bildwalze wirft. Das Prisma wandert in der Richtung der Bildwalzenachse, so daß der Lichtstrahl das Bild in Schraubenform abtastet, aber von der Innenseite der Bildwalze, also anders als bei den sonst bekannten Systemen. *5* ist die Bildwalze. Das Bild wird mittels einer Klappe über diese Walze gespannt. Es dreht sich nicht selbst, vielmehr dreht sich nur das Prisma mit der Achse im Innern der Bildwalze. Die Klappe schließt gleichzeitig alle Lichtstrahlen ab. Diese Methode hat den Vorteil, daß die Bedienung des



7 Gehäuse mit Glühlampe *8* u. *10* Tuben mit Nikolschem Prisma *9* Kerrzelle *11* Empfängerbildwalze *12* Antriebsmotor

Abb. 3. Marconi-Bildfunkempfänger.

Gerätes besonders einfach ist. Das vom Bild reflektierte Licht wird überdies wiederum über ein Prisma in der Verlängerung der Achse weitergeleitet in einen Kasten *6*, in welchem sich die Photozelle befindet. Die Photozelle rotiert demnach nicht mit, sondern bleibt feststehen. Hinter dem Kasten *6* befindet sich ein Gestell, auf dem Verstärker montiert sind. Hinter dem Sender befindet sich die Hauptschalttafel.

Der Empfänger (Abb. 3) sieht ganz ähnlich aus wie der Sender. Er unterscheidet sich vom Sender dadurch, daß der in das Gerät hineingeschickte Lichtstrahl zuvor eine Kerrzelle, System Telefunken-Karolus, passieren muß, die dazu da ist, den Lichtstrahl im Rhythmus der Bildströme zu modulieren. *7* ist eine Glühlampe, welche zur Erzeugung des Aufzeichnungslichtstrahls dient. Der von der Glühlampe kommende Strahl durchwandert einen Tubus *8*, in dem sich ein Nikolsches Prisma befindet. *9* stellt die Kerrzelle dar, das eigentliche Steuerorgan, *10* ist wieder ein Tubus mit einem Nikolschen Prisma. Die Tuben *8* und *10* werden so justiert, daß der von der Glühlampe kommende, den Tubus *8*, Kerrzelle *9*, Tubus *10* durchlaufende Lichtstrahl genau in die hohle Achse des Empfängers hineingeleitet wird. Wie beim Sender befindet sich unter der Empfangswalze *11* in der Achse wieder ein Prisma, das den Lichtstrahl nach oben auf die Walze wirft. Die Kerrzelle löscht zusammen mit den beiden Nikolschen Prismen im Tubus *8* und *10* den Lichtstrahl mehr oder weniger aus, je nach der Größe der an ihr liegenden Spannung. Die Spannung wird der Kerrzelle über Verstärker vom Funkempfänger her zugeführt. Ueber die Bildwalze wird das zur Aufzeichnung dienende photographische Papier gespannt. Die Empfängerbildwalze *11* dreht sich ebensowenig wie die Senderbildwalze *5*; also auch hier ist die Bedienung einfach. Sowohl beim Sender, als auch beim Empfänger bedeutet *12* den Antriebsmotor. Die Abb. 4 zeigt eine Schriftprobe, einen Ausschnitt aus einer amerikanischen Zeitung, wie er mittels Kurzwellensenders drahtlos von Amerika nach England gesandt wurde.

...ener heard the London orchestra playing the last movement of Rachmaninoff's symphony in E minor, which ended at 3:16 P. M. here.

Behind the seemingly simple radio feat lay an intricate scientific arrangement. The music was carried by land wire to the short wave transmitter 5 SW at Chelmsford, thirty miles northeast of London, whence it was broadcast on a 25.53-meter channel. It was picked up at the receiving station of the Radio Corporation of America at Riverhead, L. I.

MORGAN AND YOUNG SAIL WITH ADVISERS

Business Questions Only to Be Studied, Says Young as Reparations Experts Depart.

Abb. 4. Mittels Kurzwellen auf dem Marconi-Bildfunkgerät von New York nach England übertragener Zeitungsausschnitt.

Im übrigen stimmt das neue Gerät mit anderen hochwertigen Bildfunkgeräten überein, denn es werden Stimmgabeln zur Synchronisierung verwendet. Diese Stimmgabeln erzeugen sowohl auf der Sender- wie auf der Empfängerseite den gleichen elektrischen Wechselstrom, der der Synchronwicklung des Antriebsmotors zugeführt wird.

Über die Flußverteilung und den zeitlichen Verlauf der Magnetisierungströme in drei- und fünfschenkligen Drehstromtransformatoren.

Von Dr.-Ing. **G. Stein**, Berlin.

Übersicht. Es ist bekannt, daß die Verzerrung der Magnetisierungsströme eines Drehstromtransformators infolge der Eisensättigung und des Spannungsabfalles in dem betreffenden Leitungsnetz recht lästige Oberwellen in den Spannungskurven dieses Netzes zur Folge haben kann. Der vorliegende Aufsatz unternimmt es, eine Methode zur Vorausberechnung des zeitlichen Verlaufes jener Magnetisierungsströme unter Zugrundelegung von sinusförmigen Klemmenspannungen für den drei- wie für den fünfschenkligen Drehstromtransformator zu entwickeln. Bei dem letztern wird auch ein einfacher Weg zur Bestimmung der Flußverteilung in Jochen und Hilfsjochen angegeben. Durchgerechnete Beispiele werden mit Meßergebnissen aus dem Versuchslaboratorium der AEG-Transformatorenfabrik verglichen.

Zur Berechnung der elektromagnetischen Verhältnisse beim Leerlauf von drei- und fünfschenkligen Drehstromtransformatoren fehlen heute noch vielfach einfache, in der Praxis verwendbare Methoden. Die folgende Untersuchung macht es sich zur Aufgabe, diese Lücken auszufüllen. Sie geht im wesentlichen von den vereinfachten Annahmen aus, daß die Schenkelflüsse sich unter Vernachlässigung des im Vergleich zu ihnen kleinen Jochstreuflusses[1] nur über die Eisenwege schließen, und daß man mit gewissen Mittelwerten der magnetischen Spannung rechnen kann. Eine Verfeinerung dieser Voraussetzungen ist nach Bedarf jederzeit möglich[2].

1. Der Dreischenkeltransformator.

Hier ist mit den drei Schenkelflüssen Φ_1, Φ_2, Φ_3 die gesamte Flußverteilung in einfacher Weise gegeben, da die Flüsse Φ_2 und Φ_3 der beiden äußeren Schenkel gleichzeitig auch durch die zugehörigen Jochteile gehen müssen (s. Abb. 1 und 3). Außerdem sind diese drei Flüsse für den Fall bekannt, daß der Transformator durch die sinusförmigen Drehstromspannungen:

$$\left.\begin{aligned} E_1 &= \bar{E}\cos\omega t\,; \\ E_2 &= \bar{E}\cos(\omega t + 120^\circ)\,; \\ E_3 &= \bar{E}\cos(\omega t + 240^\circ) \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

[1] S. Fr. Ollendorff: Studien über das Jochfeld von Transformatoren. Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, S. 33.

[2] Vgl. St. Bergmann: Über die Bestimmung der Verzweigungspunkte eines hyperelliptischen Integrals aus seinen Periodizitätsmoduln mit Anwendungen auf die Theorie des Transformators. Mathemat. Z. Bd. 19, S. 8; — ders.: Über die Berechnung des magnetischen Feldes in einem Einphasentransformator. Z. ang. Math. u. Mech. Bd. 5, S. 319. — G. Stein: Potentialtheoretische Untersuchung über Magnetfelder in Transformatoren und über ihre Streuinduktivität, spez. bei Zylinderwicklung. Z. ang. Math. u. Mech. Bd. 9, S. 23.

erregt wird, wobei ω die Winkelgeschwindigkeit der Vektoren im Kreisdiagramm, t die Zeit angibt. Dann folgt nämlich bei Dreieckschaltung (Abb. 1):

$$\left.\begin{aligned} \Phi_1 &= \bar{\Phi} \sin \omega t; \\ \Phi_2 &= \bar{\Phi} \sin (\omega t + 120°); \\ \Phi_3 &= \bar{\Phi} \sin (\omega t + 240°). \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Bei Sternschaltung (Abb. 3) anderseits wird bekanntlich:

$$\left.\begin{aligned} \Phi_2 - \Phi_3 &= \text{const}\, \bar{E} \sin \omega t; \\ \Phi_3 - \Phi_1 &= \text{const}\, \bar{E} \sin (\omega t + 120°); \\ \Phi_1 - \Phi_2 &= \text{const}\, \bar{E} \sin (\omega t + 240°); \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (3)$$

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

(Kirchhoffsches Gesetz der Flüsse), woraus sich

$$\left.\begin{aligned} \Phi_1 &= -\frac{1}{\sqrt{3}}\, \text{const}\, \bar{E} \cos \omega t \\ &= -\bar{\Phi} \cos \omega t; \\ \Phi_2 &= -\bar{\Phi} \cos (\omega t + 120°); \\ \Phi_3 &= -\bar{\Phi} \cos (\omega t + 240°) \end{aligned}\right| \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

ergibt. Mit diesen Angaben läßt sich der zeitliche Verlauf der Magnetisierungströme folgendermaßen ermitteln:

Bei Dreieckschaltung (Abb. 1) versteht man unter J_1, J_2, J_3 die verketteten Ströme, unter i_1, i_2, i_3 die der drei Phasen und unter n die Windungszahl einer Phase. Zur weiteren Rechnung dient das Ersatzschema Abb. 2. Hier bezeichnet der Buchstabe M die magnetischen Spannungen im Eisen rings um ein Luftgebiet, welche dort durch einen stromdurchflossenen Draht ⊗ dargestellt werden können. Daneben geben $\mathfrak{M}_1$, $\mathfrak{M}_2$, $\mathfrak{M}_3$ die Teilspannungen an, d. h. die Linienintegrale der magnetischen Feldstärke zwischen den Knotenpunkten a und b, wobei der Weg jeweils über den durch die Indices 1, 2, 3 gekennzeichneten Schenkel zu wählen ist (siehe Abb. 1, 2 und 3). M und $\mathfrak{M}$ werden in Amperewindungen gemessen. Die $\mathfrak{M}$ lassen sich als Funktionen $\mathfrak{M}(\Phi)$ des betreffenden Flusses Φ in üblicher Weise aus der Gleichstrommagnetisierungskurve des Eisens und den Transformatorabmessungen ermitteln, wobei das Ergebnis zweckmäßig graphisch in Kurvenform oder in Zahlentafeln dargestellt wird. Als Gleichstrommagnetisierungskurve wähle man die Hysteresisschleife oder ihre jungfräuliche Kurve, je nachdem welche Genauigkeit erzielt werden soll. Auch muß der Einfluß der Bolzenlöcher in Schenkeln und Jochen mit berücksichtigt werden. Ferner bilden wir auf Grund des Durchflutungsgesetzes:

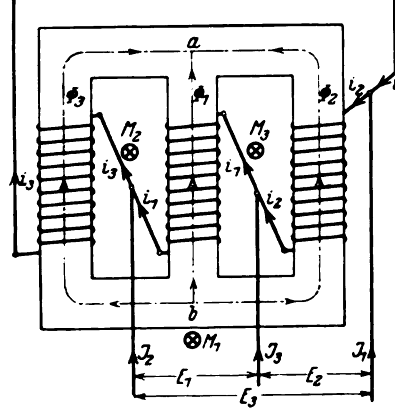


Abb. 1. Schema eines Zweischenkeltransformators für Dreieckschaltung.

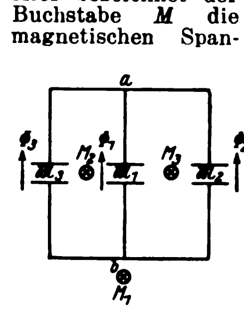


Abb. 2. Ersatzschema eines Dreischenkeltransformators.

$$\left.\begin{aligned} M_1 &= \mathfrak{M}_2 - \mathfrak{M}_3 = n(i_2 - i_3) = n J_1; \\ M_2 &= \mathfrak{M}_3 - \mathfrak{M}_1 = n(i_3 - i_1) = n J_2; \\ M_3 &= \mathfrak{M}_1 - \mathfrak{M}_2 = n(i_1 - i_2) = n J_3. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (6)$$

Die M sind demgemäß gleich dem Produkt aus der Windungszahl n und den verketteten Strömen J. Bei Bestimmung ihres zeitlichen Verlaufes ist zunächst aus Gl. (2) für jedes ωt der Wert des betreffenden Φ und mittels der Magnetisierungskurve $\mathfrak{M}(\Phi)$ auch $\mathfrak{M}(\omega t)$ gegeben. $\mathfrak{M}(\omega t)$ erhält also die bekannte Form einer Einphasenwechselstrom-Magnetisierungskurve[3]. Deshalb setzen sich die $M(\omega t) = n\, J(\omega t)$ der Gl. (6) jeweils aus zwei Einphasenmagnetisierungskurven zusammen, welche gleich den zugehörigen $\Phi(\omega t)$ um 120° gegeneinander verschoben sind, und besitzen so zwei Maxima. Ferner wird (vgl. a. Abb. 4) aus Symmetriegründen $\mathfrak{M}_2(\Phi_2) = \mathfrak{M}_3(\Phi_3)$, d. h. $\mathfrak{M}_3(\omega t) = \mathfrak{M}_2(\omega t + 120°)$. Unter der Voraussetzung von (2) hat ihre Fourierentwicklung bekanntlich die Form:

$$\begin{aligned} \mathfrak{M}_2(\omega t) = {} & A_1 \sin(\omega t + 120°) + A_3 \sin 3(\omega t + 120°) \\ & + A_5 \sin 5(\omega t + 120°) + \ldots \\ & + B_1 \cos(\omega t + 120°) + B_3 \cos 3(\omega t + 120°) \\ & + B_5 \cos 5(\omega t + 120°) + \ldots; \\ \mathfrak{M}_3(\omega t) = {} & A_1 \sin(\omega t + 240°) + A_3 \sin 3(\omega t + 240°) \\ & + A_5 \sin 5(\omega t + 240°) + \ldots \\ & + B_1 \cos(\omega t + 240°) + B_3 \cos 3(\omega t + 240°) \\ & + B_5 \cos 5(\omega t + 240°) + \ldots. \end{aligned}$$

Deshalb enthält

$$\begin{aligned} M_1(\omega t) = n J_1 &= \mathfrak{M}_2(\omega t) - \mathfrak{M}_3(\omega t) \\ &= A_1 [\sin(\omega t + 120°) - \sin(\omega t + 240°)] \\ &\quad + A_5 [\sin 5(\omega t + 120°) - \sin 5(\omega t + 240°)] + \ldots \\ &\quad + B_1 [\cos(\omega t + 120°) - \cos(\omega t + 240°)] \\ &\quad + B_5 [\cos 5(\omega t + 120°) - \cos 5(\omega t + 240°)] + \ldots \end{aligned}$$

die durch 3 teilbaren Oberwellen nicht. Dient nun außerdem als Gleichstrommagnetisierungskurve die jungfräuliche Kurve, so kommen in diesen Entwicklungen die Kosinusglieder zum Fortfall, und es besitzen die $\mathfrak{M}$ und mit ihnen M_1 eine symmetrische Halbperiode, d. h. es wird z. B. auf Grund von (1): $\mathfrak{M}_1(\omega t) = -\mathfrak{M}_1(-\omega t)$ und $\mathfrak{M}_2(\omega t + 120°) = -\mathfrak{M}_2(-\omega t)$ bzw. $\mathfrak{M}_3(\omega t) = -\mathfrak{M}_3(-\omega t)$; daraus wiederum folgt nach (6): $M_2(\omega t) = \mathfrak{M}_1(-\omega t) - \mathfrak{M}_2(-\omega t) = M_3(-\omega t)$; $M_2(\omega t)$ und $M_3(\omega t)$ sind also

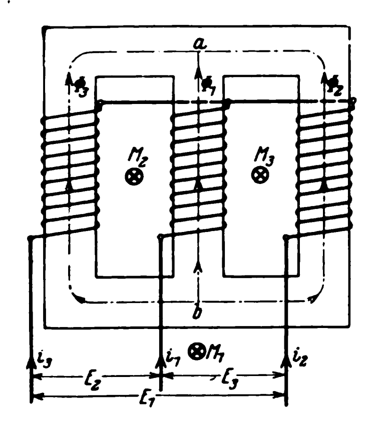


Abb. 3. Schema eines Dreischenkeltransformators für Sternschaltung.

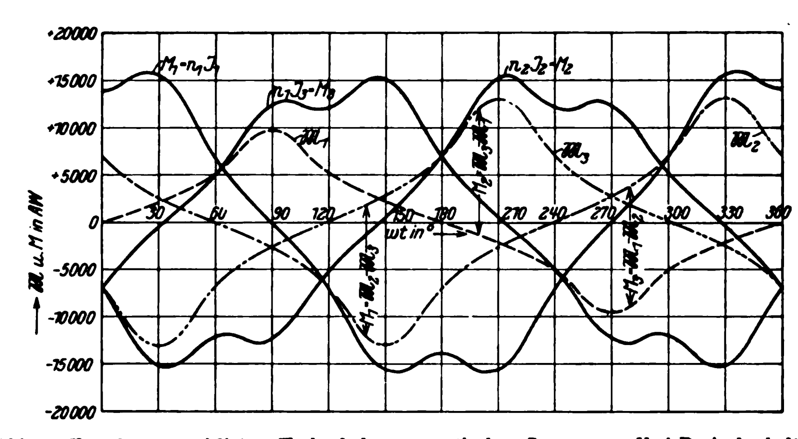


Abb. 4. Errechneter zeitlicher Verlauf der magnetischen Spannungen bei Dreieckschaltung eines Dreischenkeltransformators.

der Form nach einander gleich. Ihre Halbperiode weist aber eine unsymmetrische Gestalt auf. Daher kommt es, daß die Phasenverschiebungen zwischen den M- bzw. J-Kurven von 120° verschieden sind.

Bei Sternschaltung (Abb. 3) gelte das gleiche Ersatzschema Abb. 2 wie bei Dreieckschaltung. Die Ströme

[3] S. Arnold, Die Wechselstromtechnik Bd. 2, S. 9.

i in den drei Phasen genügen alsdann den Gl. (6) und nach dem Kirchhoffschen Gesetz der Beziehung:

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0. \qquad (7)$$

Letztere besteht übrigens nach den einleitend gemachten Voraussetzungen auch für die Phasenströme i bei Dreieckschaltung, da sich in ihrem geschlossenen Stromkreise in keiner Richtung ein Strom überlagern kann. Die Phasenströme i bei Dreieck- und Sternschaltung sind also dann einander gleich. Aus (6) und (7) erhält man für sie[4]:

$$\left.\begin{aligned} n\, i_1 &= \frac{2\,\mathfrak{M}_1 - (\mathfrak{M}_2 + \mathfrak{M}_3)}{3} = n\,\frac{J_3 - J_2}{3}\,; \\ n\, i_2 &= \frac{2\,\mathfrak{M}_2 - (\mathfrak{M}_3 + \mathfrak{M}_1)}{3} = n\,\frac{J_1 - J_3}{3}\,; \\ n\, i_3 &= \frac{2\,\mathfrak{M}_3 - (\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2)}{3} = n\,\frac{J_2 - J_1}{3}\,. \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

graphische Messung die Wechselstromkurven $J\,(\omega t)$ bei Dreieckschaltung bekannt, so lassen sich aus ihnen mittels der Beziehung (8) die Stromkurven für die entsprechende Sternschaltung konstruieren (s. Abb. 4). Anderseits sind aus den $i\,(\omega t)$-Kurven der Sternschaltung die $J\,(\omega t)$-Kurven der Dreieckschaltung auf Grund von (6) darstellbar (s. Abb. 6).

Als **Beispiel** diene ein 21 500 kVA-Transformator der AEG mit $n = 117$ Windungen in jeder Phase. Als maximale Schenkelsättigung wurde für die Rechnung 15 000 Gauß zugrunde gelegt. In Abb. 4 sind aus den $\mathfrak{M}(\omega t)$-Kurven die $M(\omega t)$-Kurven ermittelt. Abb. 5 zeigt die errechneten und oszillographisch gemessenen Kurven der Dreieckschaltung, Abb. 6 die der Sternschaltung. Bei der letztgenannten sind die gemessenen Kurven nicht so stark verzerrt wie die errechneten. Infolge der Jochstreuflüsse nämlich ist Gl. (4) nicht streng erfüllt, und es wird ein Teil der durch die Eisensättigung bedingten Verzerrung auch durch die Flußzeitkurven übernommen. Das kommt weiterhin dadurch zum Ausdruck, daß die aus den gemessenen Strömen der Sternschaltung konstruierten J-Kurven der Dreieckschaltung in Abb. 5 flacher verlaufen als die durch Rechnung und Messung direkt ermittelten.

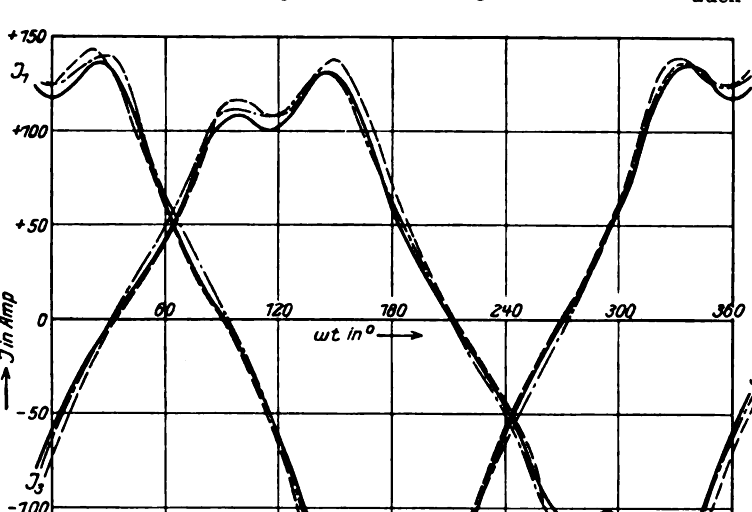


Abb. 5. Strom-Zeit-Kurven bei Dreieckschaltung eines Dreischenkeltransformators.

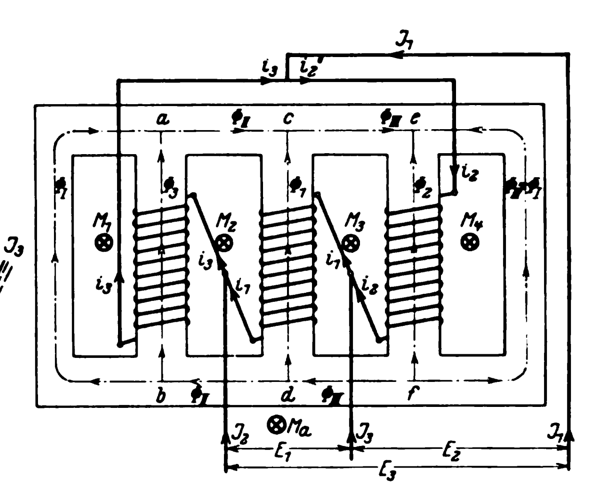


Abb. 7. Schema eines Fünfschenkeltransformators für Dreieckschaltung.

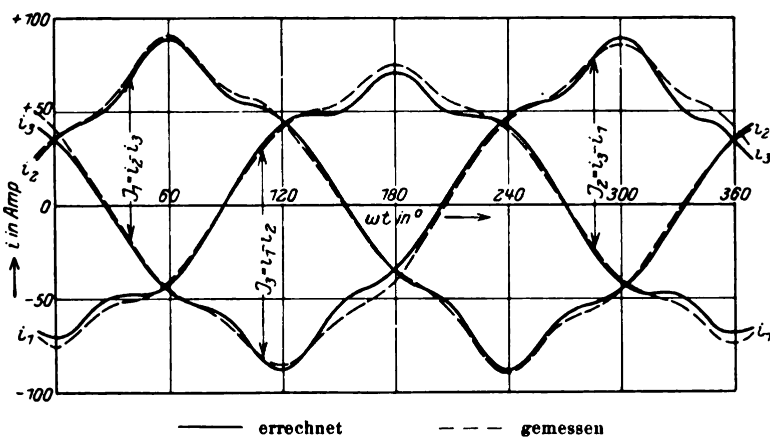


Abb. 6. Strom-Zeit-Kurven bei Sternschaltung eines Dreischenkeltransformators.

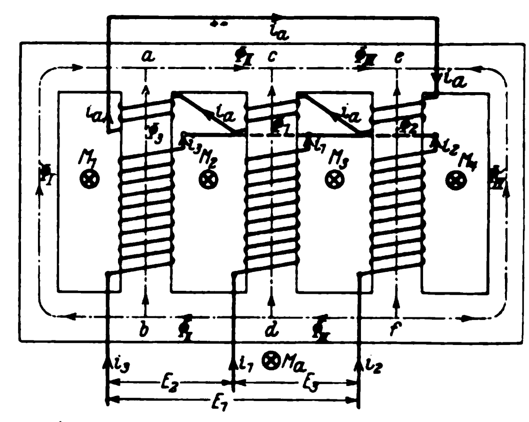


Abb. 8. Schema eines Fünfschenkeltransformators für Sternschaltung.

Die i-Kurven setzen sich demgemäß aus drei um 120° gegeneinander verschobenen Einphasenwechselstrom-Magnetisierungskurven zusammen, enthalten also im allgemeinen 3 Maxima. Nach einer analogen Schlußweise wie bei Dreieckschaltung und unter Zugrundelegung einer jungfräulichen Magnetisierungskurve besitzen i_1 eine symmetrische, i_2 und i_3 eine unsymmetrische Halbperiode sowie eine von 120° verschiedene gegenseitige Phasenverschiebung, wobei $i_2(\omega t) = i_3(-\omega t)$ zu setzen ist. Alle drei Kurven enthalten jedoch auch die durch 3 teilbaren Oberwellen. Sind schließlich durch Rechnung oder oszillo-

2. Der Fünfschenkeltransformator.

Wesentlich komplizierter als bei den dreischenkligen liegen die Verhältnisse bei den fünfschenkligen Transformatoren. Zwar ist hier bei Dreieckschaltung mit den sinusförmigen Erregerspannungen Gl. (1) der zeitliche Verlauf der Flüsse in den drei mittleren Schenkeln durch die Gl. (2) gegeben. Die Joche und Hilfsjoche — gemeint sind die beiden äußeren Schenkel — besitzen dagegen eine Flußverteilung, welche von ihren jeweiligen magnetischen Widerständen abhängig ist, d. h. von ihren $\mathfrak{M}\,(\Phi)$-Kurven. Sie ist bereits von Küchler und Stallmann[5], von

[4] Vgl. Arnold, Die Wechselstromtechnik Bd. 2, S. 93.

[5] Vgl. Küchler u. Stallmann, Feldkurven und Verluste des fünfschenkligen Großtransformatorenkernes, ETZ 1927, S. 314.



Klein[*] und anderen ermittelt worden, welche aber entweder die vereinfachende Annahme zeitlich konstanter Permeabilität machten oder sich sehr langwieriger Rechnungsmethoden bedienten. Bei Sternschaltung wiederum ist auch die Flußverteilung auf die mittleren Schenkel unbekannt.

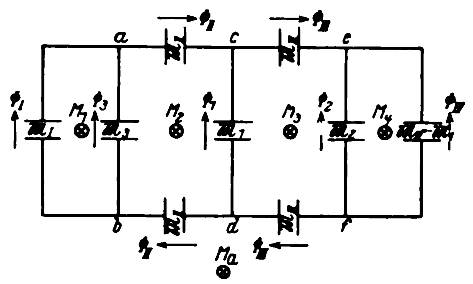


Abb. 9. Ersatzschema eines Fünfschenkeltransformators.

Für Dreieckschaltung (Abb. 7) wie für Sternschaltung (Abb. 8) gilt wieder ein gleiches Ersatzschema Abb. 9. Danach sind Φ_1, Φ_2, Φ_3 die Flüsse in den drei Mittelschenkeln, Φ_{II} und Φ_{III} die der Joche, Φ_I und Φ_{IV} die der beiden Hilfsjoche, während $\mathfrak{M}_1$, $\mathfrak{M}_2$, $\mathfrak{M}_3$, $\mathfrak{M}_I$, $\mathfrak{M}_{II}$, $\mathfrak{M}_{III}$, $\mathfrak{M}_{IV}$ die entsprechenden magnetischen Spannungen darstellen. Unter ihnen verstehe man die Linienintegrale der magnetischen Feldstärke in Amperewindungen zwischen den Knotenpunkten *a, b, c, d, e* und *f* (Abb. 7, 8 und 9), wobei der Weg jeweils über die durch die Indices 1, 2, 3, I, II, III und IV gekennzeichneten Schenkel und Joche zu wählen ist. Da ein Magnetfeld quellenfrei sein muß, so konnten hierbei die Flüsse und mit ihnen die Spannungen in den beiden Verbindungsjochen zweier Schenkel einander gleichgesetzt werden. Aus demselben Grunde bildet man:

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_I + \Phi_{IV} = 0. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Ferner bezeichnen M_1, M_2, M_3, M_4 und M_a die magnetischen Umlaufspannungen der fünf Luftgebiete. So wird z. B.:

$$\mathfrak{M}_I(\Phi_I) + 2\,\mathfrak{M}_{II}(\Phi_{II}) + 2\,\mathfrak{M}_{III}(\Phi_{III}) - \mathfrak{M}_{IV}(\Phi_{IV}) = M_a = 0. \quad (10)$$

Außerdem findet man auf Grund des Kirchhoffschen Gesetzes der Flüsse:

$$\left.\begin{aligned} \Phi_1 &= \Phi_{III} - \Phi_{II}\,; \\ \Phi_2 &= -\Phi_{III} - \Phi_{IV}\,; \\ \Phi_3 &= \Phi_{II} - \Phi_I\,. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Bei **Dreieckschaltung** gilt nun insbesondere nach Gl. (2):

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

woraus sich mit Hilfe von Gl. (9)

$$\Phi_{IV} = -\Phi_I \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

ergibt. Die Flüsse in den Hilfsjochen sind also dann in jedem Augenblick einander gleich. Aus den Formeln (10), (11) und (13) folgt nunmehr:

$$\mathfrak{M}_I(\Phi_I) + \mathfrak{M}_{II}(\Phi_3 + \Phi_I) + \mathfrak{M}_{III}(\Phi_I - \Phi_2) = 0. \quad . \quad (14)$$

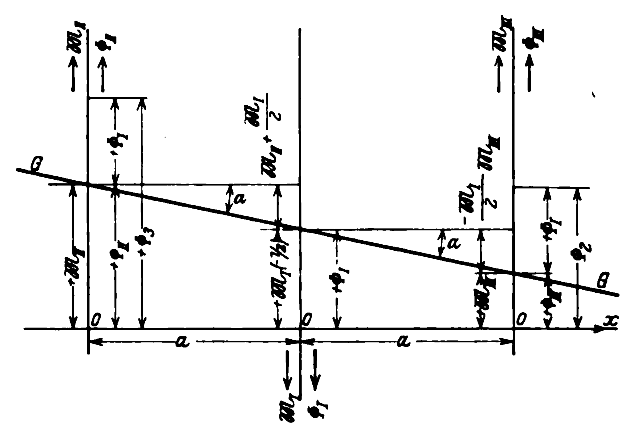


Abb. 10. Nomographische Darstellung der Flußverteilung im Fünfschenkeltransformator.

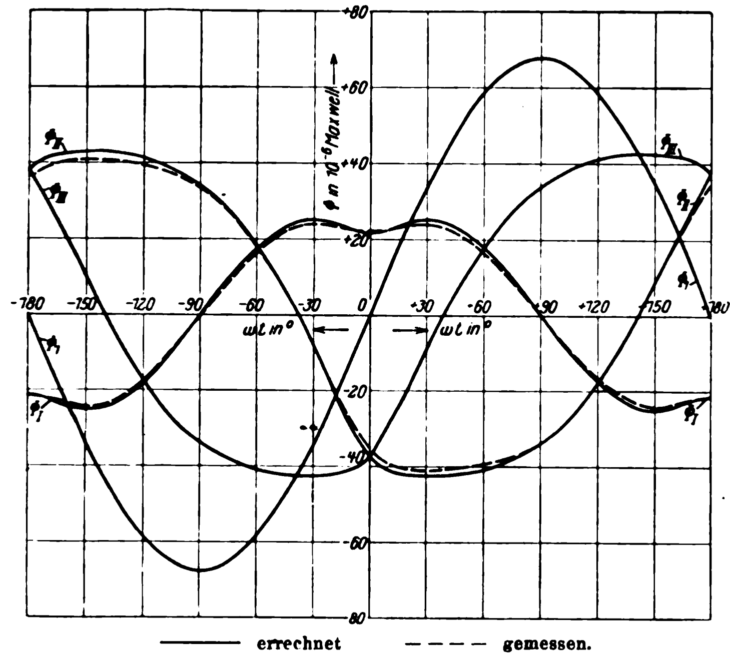


Abb. 11. Fluß-Zeit-Kurven bei Dreieckschaltung eines Fünfschenkeltransformators.

Da wiederum die $\mathfrak{M}(\Phi)$ auf Grund der Magnetisierungskurve des Eisenbleches, d. h. der Hysteresisschleife oder ihrer jungfräulichen Kurve und der Konstruktionsdaten des Transformators in graphischer und tabellarischer Darstellung bekannt sind, so wird der Fluß Φ_I der beiden Hilfsjoche nach (14) eine Funktion der beiden Schenkelflüsse aus (2), aber unabhängig von den magnetischen Widerständen der drei Mittelschenkel. Weiterhin sind auch die übrigen Jochflüsse und Spannungen durch die Flüsse der drei Mittelschenkel eindeutig bestimmt. Die Beziehung (14) läßt sich anderseits durch ein Nomogramm aus drei parallelen Skalen von gleichem, gegenseitigem Abstande *a* darstellen, wobei auf den beiden äußeren Skalen die Werte von $\mathfrak{M}_{II}(\Phi_{II})$ und $\mathfrak{M}_{III}(\Phi_{III})$ in einem geeigneten Maßstabe sowie auf der mittleren im halben Maßstabe und in entgegengesetzter Richtung jene von $\mathfrak{M}_I(\Phi_I)$ aufgetragen sind (Abb. 10). Ihre Nullpunkte liegen auf der gleichen Abszissenachse *x*. Neben $\mathfrak{M}$ werden die zugehörigen Werte Φ aus den entsprechenden Magnetisierungskurven $\mathfrak{M}(\Phi)$ eingetragen, wobei im allgemeinen aus Symmetriegründen Φ_{II} und Φ_{III} aus ein und derselben Jochmagnetisierungskurve $\mathfrak{M}_j(\Phi_j)$ entnommen werden können. Die beiden äußeren Skalen sind in diesem Falle einander gleich. Betrachtet man in dem so konstruierten Nomogramm drei auf einer unter dem Winkel α gegen die *x*-Achse liegenden Geraden *G* befindliche Werte $\mathfrak{M}_I$, $\mathfrak{M}_{II}$ und $\mathfrak{M}_{III}$, so ist unter Berücksichtigung der Maßstäbe:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\mathfrak{M}_{II} + \frac{\mathfrak{M}_I}{2}}{a} = \frac{-\frac{\mathfrak{M}_I}{2} - \mathfrak{M}_{III}}{a}$$

und somit Gl. (14) erfüllt. Die Gerade *G* wird in bekannter Weise mittels eines Zwirnsfadens dargestellt, welchen

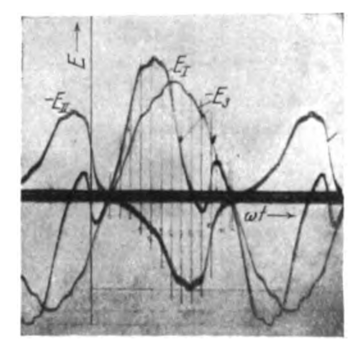


Abb. 12. Spannungskurven an einem Schenkel, Joch und Hilfsjoch des Fünfschenkeltransformators.

[*] Klein, Die magnetische Flußverteilung im fünfschenkligen Transformatorenkern, ETZ 1923, S. 1015.

man dergestalt über das Nomogramm legt, daß überall auf den drei Skalen von 0 bzw. von $+\Phi_3$ und $-\Phi_2$ aus gemessen derselbe Fluß Φ_I erscheint. Auf diese Weise erhält man aus den Schenkelflüssen den zugehörigen Fluß Φ_I und kann in derselben Fadenstellung gleichzeitig die entsprechenden Werte von $\mathfrak{M}_I$, $\mathfrak{M}_{II}$, $\mathfrak{M}_{III}$, Φ_{II}, Φ_{III} auf den Skalen ablesen. Da Φ_1, Φ_2 Φ_3 auf Grund von (2) als Funktionen von ωt vorgegeben sind, so kennen wir jetzt den zeitlichen Verlauf aller Flüsse $\Phi(\omega t)$ und der Teilspannungen $\mathfrak{M}(\omega t)$. Anderseits gilt nach dem Durchflutungsgesetz:

$$\left.\begin{aligned} n J_1 &= n(i_2 - i_3) = M_1 + M_4 = \mathfrak{M}_2 - \mathfrak{M}_3 + 2\,\mathfrak{M}_I\,; \\ n J_2 &= n(i_3 - i_1) = M_2 = \mathfrak{M}_3 - \mathfrak{M}_1 + 2\,\mathfrak{M}_{II}\,; \\ n J_3 &= n(i_1 - i_2) = M_3 = \mathfrak{M}_1 - \mathfrak{M}_2 + 2\,\mathfrak{M}_{III}\,. \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

nahezu phasengleich sein müssen. Man findet demgemäß die Extremen von Φ_I, Φ_{II} und Φ_{III} im Nomogramm für einen maximalen Schenkelfluß $\Phi_{s\,max}$ z. B. aus $\Phi_2 = \Phi_{s\,max}$ und $\Phi_1 = \Phi_3 = -\frac{1}{2}\Phi_{s\,max}$. Deshalb liefert bei der Berechnung der Hysteresisverluste eine einzige Nomogrammablesung die zu einer vorgegebenen maximalen Schenkelsättigung $B_{s\,max}$ gehörenden extremen Induktionen in den Jochen ($B_{j\,max}$) und Hilfsjochen ($B_{I\,max}$). Auf diesem Wege sind z. B. in Abb. 13 die Werte von $B_{j\,max}$ und $B_{I\,max}$ in Abhängigkeit von $B_{s\,max}$ eingezeichnet und mit den Meßergebnissen verglichen. Diese liegen gleichwie in Abb. 11 etwas tiefer als die errechneten Werte, eine Erscheinung, die auf den Einfluß der Streuflüsse zurückzuführen ist.

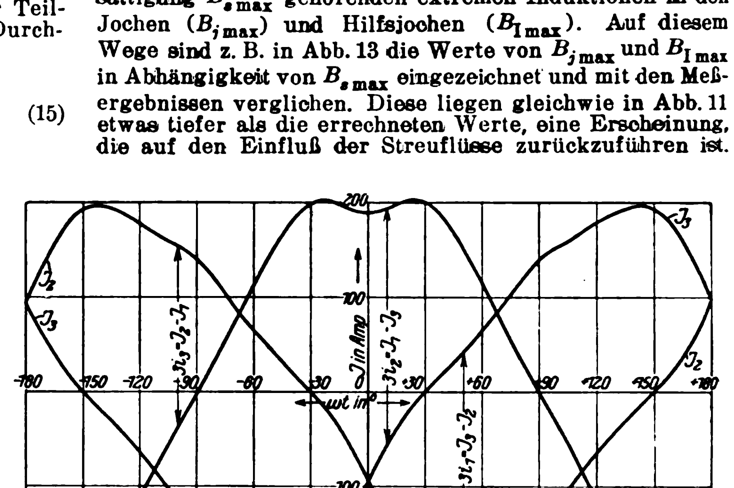


Abb. 14. Errechnete Strom-Zeit-Kurven bei Dreieckschaltung eines Fünfschenkeltransformators.

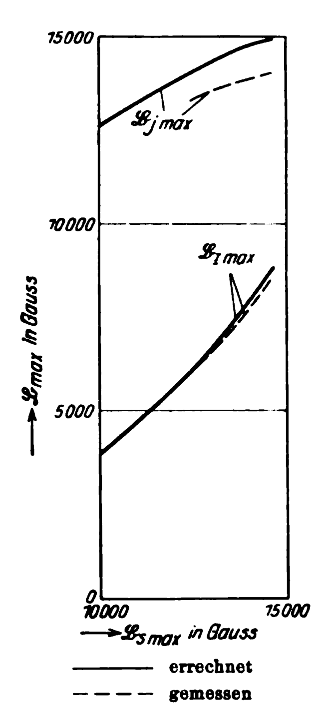


Abb. 13. Induktion im Joch und Hilfsjoch des Fünfschenkeltransformators.

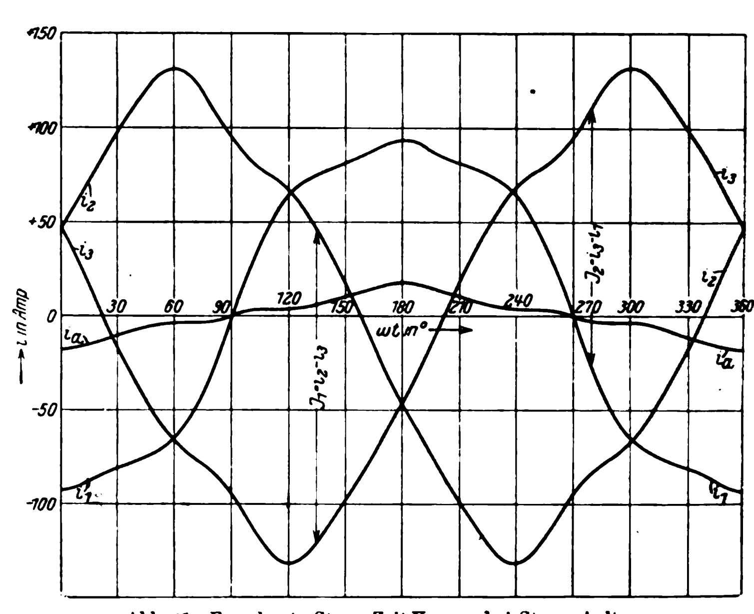


Abb. 15. Errechnete Strom-Zeit-Kurven bei Sternschaltung eines Fünfschenkeltransformators.

Die J bedeuten hier wieder die verketteten, die i die Phasenströme der Dreieckströme, während n die Windungszahl einer Phase bezeichnet. Die Rechnung vereinfacht sich meistens noch insofern, als auch die Schenkelspannungen $\mathfrak{M}_1$, $\mathfrak{M}_2$, $\mathfrak{M}_3$ bei gleichen Abmessungen der drei Schenkel aus ein und derselben Schenkelmagnetisierungskurve $\mathfrak{M}_s(\Phi_s)$ entnommen werden können.

Als **Beispiel** sei ein 100 000 kVA-Transformator der AEG mit $n = 90$ Windungen/Phase durchgerechnet, u. zw. im wesentlichen bei 14 650 Gauß maximaler Schenkelsättigung. Als Gleichstrom-Magnetisierungskurve diene wieder die jungfräuliche Kurve. Abb. 11 zeigt dann die Flußkurven für Joche und Hilfsjoche. Der Fluß Φ_1 ist zum Vergleich mit eingezeichnet. Außerdem wurde im Versuchslaboratorium der AEG-Transformatorenfabrik eine Vergleichsmessung angestellt, indem man die Spannungskurven E_I und E_{II} von auf Jochen und Hilfsjochen angeordneten Hilfswicklungen und die Spannungskurve E_3 an dem entsprechenden Mittelschenkel oszillographisch aufnahm (Abb. 12) und dann mittels Planimeter integrierte. Das Ergebnis ist in Abb. 11 mit eingetragen. Dort fallen, was naturgemäß stets annähernd zutrifft, die extremen Werte von Φ_2 und Φ_3 mit denen von Φ_I zusammen, so daß dieser Fluß in einer Halbperiode zwei gleichgroße Maxima besitzt, ein Resultat, das übrigens bereits von Küchler und Stallmann[7] angegeben worden ist. Eine analoge Tendenz zeigen die gleichgeformten Kurven $\Phi_{II}(\omega t) = \Phi_{III}(-\omega t)$, deren Gipfel denen von Φ_1 und Φ_3 bzw. von Φ_1 und Φ_2

[7] S. Fußnote 5.

Ferner zeigt die Stromverteilung der Dreieckschaltung des fünfschenkligen Transformators nach der Gl. (15) denselben Charakter wie die entsprechenden Formeln (6) beim dreischenkligen. Unter Berücksichtigung der angegebenen Phasengleichheit der Extrema in den Flußkurven müssen deshalb für jene Schaltung auch die Strom-Zeit-Kurven beider Bauarten einen analogen Verlauf besitzen. Demgemäß weisen die $J(\omega t)$-Kurven unseres Beispiels in Abb. 14 je zwei extreme Werte auf oder ihr Verlauf zeigt wenigstens eine analoge Tendenz (vgl. auch Abb. 3).

Bei Sternschaltung (s. Abb. 8, in welcher die Tertiärwicklung zunächst unberücksichtigt bleibe) gilt für die Phasenströme i_1, i_2, i_3 die Formel (7). Anderseits folgt auf Grund des Durchflutungsgesetzes ähnlich wie in den Gleichungen (15):

$$n(i_1 - i_2) = \mathfrak{M}_1 - \mathfrak{M}_2 + 2\,\mathfrak{M}_{III}$$

und so:

$$\left.\begin{aligned} n\,i_1 &= \mathfrak{M}_1 - (\mathfrak{M}_{\mathrm{I}} + 2\,\mathfrak{M}_{\mathrm{II}});\\ n\,i_2 &= \mathfrak{M}_2 - \mathfrak{M}_{\mathrm{IV}};\\ n\,i_3 &= \mathfrak{M}_3 - \mathfrak{M}_{\mathrm{I}}; \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (16)$$

d. h. aber unter Berücksichtigung von 7.):

$$\mathfrak{M}_1(\Phi_1) + \mathfrak{M}_2(\Phi_2) + \mathfrak{M}_3(\Phi_3) = 2\,\mathfrak{M}_{\mathrm{I}}(\Phi_{\mathrm{I}}) + 2\,\mathfrak{M}_{\mathrm{II}}(\Phi_{\mathrm{II}}) + \mathfrak{M}_{\mathrm{IV}}(\Phi_{\mathrm{IV}}). \quad . \quad (17)$$

Die Flußverteilung in Jochen und Hilfsjochen ist somit hier auch von den magnetischen Widerständen der Mittelschenkel abhängig. Der Transformator werde außerdem wieder durch die sinusförmigen Spannungen der Gleichungen (1) erregt, so daß auch die Gleichungen (3) Geltung haben. Mittels der Formeln (3), (10), (11) und (17) ist nunmehr die gesamte Flußverteilung in Schenkeln, Jochen und Hilfsjochen gegeben. Ihre Ermittlung dürfte jedoch eine sehr komplizierte Rechnung erforderlich machen. Außerdem ist diese Verteilung infolge des etwas unsymmetrischen Charakters der zugehörigen Sternpunktspannung, z. B. beim Anschluß einer Petersenspule, bisweilen unerwünscht.

Deshalb wird in manchen Ausführungen mittels einer in Dreieck geschalteten Tertiärwicklung, welche in Abb. 7 mit eingezeichnet ist, die Beziehung der Gl. (12) erzwungen, wobei wieder unter Voraussetzung von (1) auch die Formeln (3) Geltung haben. In der Tertiärwicklung fließe ein Ausgleichstrom i_a. Die Flüsse der drei mittleren Schenkel genügen unter der Voraussetzung von (3) und (12) ähnlich wie bei Dreieckschaltung den Gleichungen (5), die Flußverteilung in Jochen und Hilfsjochen also wieder den Beziehungen (13) und (14). Sie hat demnach auch dieselbe Form wie bei Dreieckschaltung (vgl. Abb. 11). Außerdem folgen hier nach dem Durchflutungsgesetz einerseits wieder die Gleichungen (15), anderseits z. T. mittels einer kleinen Umformung:

$$\left.\begin{aligned} n(i_1 + i_a) &= \mathfrak{M}_1 + (\mathfrak{M}_{\mathrm{III}} - \mathfrak{M}_{\mathrm{II}});\\ n(i_2 + i_a) &= \mathfrak{M}_2 + \mathfrak{M}_{\mathrm{I}};\\ n(i_3 + i_a) &= \mathfrak{M}_3 - \mathfrak{M}_{\mathrm{I}}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (18)$$

(7), (15) und (18) liefern nunmehr:

$$n\,i_a = \frac{\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 + \mathfrak{M}_3 + (\mathfrak{M}_{\mathrm{III}} - \mathfrak{M}_{\mathrm{II}})}{3};$$

$$\left.\begin{aligned} n\,i_1 &= \frac{2\,\mathfrak{M}_1 - (\mathfrak{M}_2 + \mathfrak{M}_3) + 2\,(\mathfrak{M}_{\mathrm{III}} - \mathfrak{M}_{\mathrm{II}})}{3} = n\,\frac{(J_3 - J_2)}{3};\\ n\,i_2 &= \frac{2\,\mathfrak{M}_2 - (\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_3) + 2\,(\mathfrak{M}_{\mathrm{I}} - \mathfrak{M}_{\mathrm{III}})}{3} = n\,\frac{(J_1 - J_3)}{3};\\ n\,i_3 &= \frac{2\,\mathfrak{M}_3 - (\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2) + 2\,(\mathfrak{M}_{\mathrm{II}} - \mathfrak{M}_{\mathrm{I}})}{3} = n\,\frac{(J_2 - J_1)}{3}; \end{aligned}\right\} (19)$$

die Kurven der Dreieck- und Sternschaltung mit Tertiärwicklung sind also beim fünfschenkligen Transformator in gleicher Weise aus einander konstruierbar wie beim dreischenkligen [vgl. Gl. (6) u. (8)], während die Phasenströme i beider Schaltungen sich um i_a unterscheiden. Bei Dreieckschaltung anderseits besitzen ja beide Transformatorentypen die analog geformten Stromkurven mit zwei Maxima. Deshalb und auch, weil die Gleichungen (19) ähnlich gebaut sind wie die Gleichungen (8), müssen die Stromkurven der Sternschaltung bei fünfschenkligen Transformatoren qualitativ gleich geformt sein wie bei dreischenkligen und genau wie diese drei Maxima besitzen. Diese Tendenz läßt sich in den entsprechenden Stromkurven unseres Beispiels (s. Abb. 15) ganz deutlich feststellen.

Berechnung der Stromwärmeverluste in Leitern bei wechselnder Belastung.

Von Dr.-Ing. **Georg Tenzer**, Budapest.

Übersicht. Verfasser beschreibt eine von ihm entwickelte vereinfachte Methode zur Bestimmung des quadratischen Mittelwertes.

Bei der zur Zeit aktuellen Ausbreitung der Elektrizitätsversorgung von Gemeinden und Landstrichen ist es für die Planung zur Feststellung der Rentabilität von Wichtigkeit, die im Leitungsnetz auftretenden Verluste zu kennen. Die Berechnung der Stromwärmeverluste auf Grund eines Belastungsdiagrammes ist umständlich und zeitraubend, wenn man dieselben für einen längeren Zeitraum summieren soll. In diesem Falle muß ein quadratischer Mittelwert berechnet werden, indem man die gegebene Stromlastkurve punktweise quadriert und aus der so erhaltenen Kurve den Mittelwert durch Planimetrieren berechnet. In Abb. 1 ist die Berechnung des quadratischen Mittelwertes auf diese Art durchgeführt. Der so erhaltene Mittelwert beträgt $\sqrt{10\,800} = 104$ A.

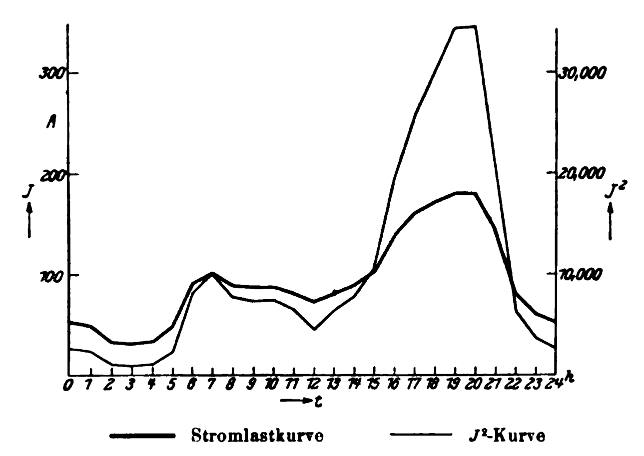


Abb. 1. Bestimmung des quadratischen Mittelwertes in rechtwinkligen Koordinaten durch punktweises Quadrieren der Stromlastkurve.

Viel einfacher gestaltet sich die Berechnung, wenn die Stromlastkurve statt in rechtwinkligen Koordinaten in einem Polarsystem aufgetragen wird. Der quadratische Mittelwert ist durch $|J^2|_{\mathrm{mittel}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T J^2\,\mathrm{d}t}$ bestimmt, die von der Kurve eingeschlossene Fläche ist $F = \frac{1}{2}\int_0^T J^2\,\mathrm{d}t$; wird daher $T = 2\pi$ gemacht, so wird der quadratische Mittelwert $|J^2|_{\mathrm{mittel}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} J^2\,\mathrm{d}t} = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$. Die Fläche

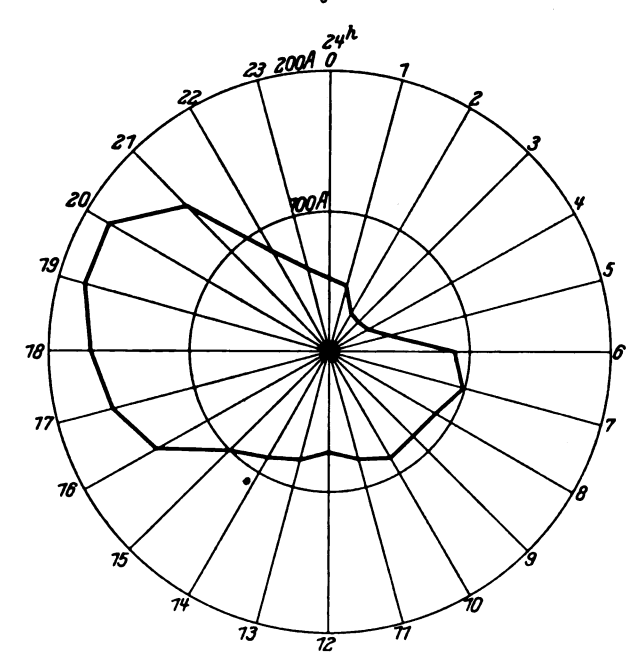


Abb. 2. Bestimmung des quadratischen Mittelwertes in Polarkoordinaten.

muß daher planimetriert werden, durch π dividiert ergibt sie das Quadrat des quadratischen Mittelwertes. In Abb. 2 ist die Berechnung auf diese Art durchgeführt, der so erhaltene Mittelwert beträgt $\sqrt{10\,600} = 103$ A. Die Differenz ist auf die Unstetigkeit der Kurve zurückzuführen.

Die Notwendigkeit planmäßiger Absatzgestaltung.

Von Ing.-Kaufmann **K. Engelmann**, Heidelberg.

Übersicht. Durch die Rationalisierung des Produktionsapparates werden Erzeugung, Absatz und Rentabilität stark voneinander abhängig. Bei mangelndem Absatz sinkt die Rentabilität außerordentlich schnell. Es ergab sich daher die Notwendigkeit, auch die Absatzbemühungen, die vorerst in den Kreis der Rationalisierungsmaßnahmen nicht einbezogen waren, zentral planmäßig vorbereiten und leiten zu lassen. Neben einem allgemeinen Überblick über veraltete und neuzeitliche Verkaufsmaßnahmen werden besondere Hinweise zur planmäßigen und erfolgreichen Absatzgestaltung elektrotechnischer Massenartikel gegeben.

Die wirtschaftliche Bedeutung eines Betriebes beruht einerseits auf der Höhe seines Umsatzes und anderseits auf der Höhe des erzielten Gewinnes. Das Streben vorwärtsgerichteter Unternehmungen ist demnach darauf eingestellt, Umsatz und Gewinn in größtmöglichem Maße zu steigern. Bis vor kurzem noch ging man hierzu nur einen Weg: Man rationalisierte die Erzeugung, ermäßigte dadurch die Erstellungskosten bis an die Grenze des Möglichen und hoffte, daß durch das stark verbilligte Produkt selbst Umsatz und Gewinn wachsen würden. Dieses trat jedoch in dem erwarteten Maße nicht ein. Man hatte nicht in Rechnung gezogen, daß durch den rationalisierten und besonders durch den auf Fließarbeit eingestellten Produktionsapparat Erzeugung, Absatz und Rentabilität stark voneinander abhängig wurden. Das Volumen der Produktion war starr geworden. Man mußte bei mangelndem Absatz entweder den Produktionsapparat unausgenutzt lassen oder auf Lager arbeiten. Beide Maßnahmen senken die Rentabilität außerordentlich schnell. Die Verbilligung der Produktion allein hat also zu dem angestrebten Ziel nicht geführt. Man hat vielmehr erkannt, daß geschäftliche Planungen nicht von der Erzeugung sondern vom Absatz aus zu beginnen haben. Dessen Möglichkeit, Höhe und Steigerungsfähigkeit sind zu ermitteln, bevor an die Erzeugung herangegangen werden kann. Das Problem des Absatzes ist also dringender als das der Erzeugung geworden, eine Entwicklung, die sich in gleicher Weise vor einigen Jahren in den V. S. Amerika vollzog.

In der elektrotechnischen Industrie ist die Notwendigkeit planmäßigen Absatzes bisher noch nicht so stark zutage getreten wie bei anderen Industrien. Infolge des unerhörten Siegeszuges der Elektrizität konnte die elektrotechnische Industrie lange Zeit sozusagen aus dem Vollen schöpfen und mit ständiger Erweiterung ihres Absatzes durch neue Anwendungsmöglichkeiten und Vertiefung der Elektrizitätsversorgung rechnen. Dieses gilt heute nicht mehr in vollem Maße. Viele elektrotechnische Erzeugnisse sind zu Massenartikeln rationalisierter Produktionsapparate geworden. Die Rentabilität der diese Artikel erzeugenden und vertreibenden Firmen ist von der Absatzmöglichkeit genau so abhängig geworden, wie es bei den Firmen der älteren Industrie schon geraume Zeit der Fall ist. Damit liegen neue Aufgaben auch für den Elektroingenieur auf dem Gebiet der A b s a t z t e c h n i k.

Wie wurde und wie wird heute noch großenteils verkauft? Das Hauptgewicht bei den Verkaufsmaßnahmen wurde auf die persönliche Werbung durch den Reisevertreter gelegt. Auf dessen persönliche Qualitäten und Beziehungen zu den Verbrauchern verließ man sich. Der Reisevertreter hatte alle Absatzmöglichkeiten zu ermitteln und auszuschöpfen. Man stellte daher möglichst „Verkaufskanonen" ein und wies jeder ein bestimmtes Arbeitsgebiet zu, in dem, völlig unbeeinflußt vom Unternehmer, zu arbeiten war. Dann wurde auf den Eingang der großen Bestellungen gehofft und gewartet. Der Unternehmer war ganz in der Hand des Reisevertreters. Er hatte Unterlagen über die tatsächlichen Verhältnisse und Umsatzmöglichkeiten gar nicht oder in so geringem Maße, daß sie ihm keine Handhabe zu einem richtigen Eingreifen sein konnten. Ein Einfluß auf Grund erkannter Tatsachen war ihm nicht möglich. Er wurde, wollte er vorwärts, zum reinen „Treiber", ging hierbei naturgemäß oft von falschen Voraussetzungen aus und übersah, daß dem Vertreter dieses nicht verborgen bleiben konnte. So führte das „Treiben ohne Führung" meistens nur dazu, daß der Vertreter den Interessen des Geschäfts gegenüber gleichgültig wurde und sein Hauptaugenmerk darauf richtete, daß die Kunden des Unternehmers möglichst schnell zu „seinen" Kunden wurden. Wurde ihm das Treiben des Unternehmers zu lästig, dann ging er zu einem anderen, „nahm seine Kunden mit" und verkaufte diesen die Artikel seiner neuen Firma. Es unterstand tatsächlich nicht nur der reine Provisionsvertreter sondern auch der fest angestellte nur in ganz kleinem Maße der Leitung des Unternehmens. Dessen wirksamer Einfluß war ganz gering. Es bestand in der Verkaufsabteilung des Unternehmens ein Gefühl der Unsicherheit, ein Nichterkennen der tatsächlichen Verhältnisse, der Erfolgsmöglichkeiten, u. zw. im krassen Gegensatz zu den Ergebnissen, die die Lehren der wirtschaftlichen Betriebsführung den Fabrikationsabteilungen schon lange gebracht hatten. Hier hatte man rationalisiert, also die Ertriebswucht gesteigert und dadurch auch die Ertragswucht vergrößert. Ebenso hatte man die Ertragswucht durch die kommerzielle Rationalisierung, also durch die vernunftgemäße Gestaltung der Verwaltung und Finanzierung des Unternehmens gehoben.

Es lag nahe, die durch die vergrößerte und starre Erzeugung notwendig gewordene Erhöhung des Absatzes ebenfalls planmäßig zu gestalten und mit dem mindesten Aufwand anzustreben. Damit trat neben die Rationalisierung der Erzeugung und der Verwaltung die des Absatzes.

Eine Planung ist nur möglich nach dem Erkennen. Es müssen daher alle Verhältnisse, die den Absatz berühren, dargelegt werden. Erst dann ist die Möglichkeit gegeben, sie richtig auszunutzen. Sie geben auch eine volle Sicherheit in der Einsetzung und Behandlung der Reisevertreter, die nunmehr den Charakter des außenstehenden, schwer richtig zu beurteilenden Mitarbeiters verlieren und deren Aufgaben dann in den Rahmen bestimmter Erfolgsanstrebungen eingefügt werden können.

Welche wichtigsten Tatsachen bedürfen nun einer genauen Darlegung? Die Beantwortung dieser Frage kann nicht für alle Erzeugnisse gleich sein. Sie richtet sich nach der Eigenart des abzusetzenden Artikels und der des Verbrauchers. Für die planmäßige Absatzgestaltung elektrotechnischer Massenartikel ist in der Hauptsache zu ermitteln:

1. Absatzmöglichkeit im ganzen Arbeitsgebiet
2. Absatzmöglichkeit in jedem Reisevertreterbezirk
3. erzielter Gesamtabsatz
4. erzielter Absatz in jedem Reisevertreterbezirk
5. erzielter Absatz bei jedem Kunden

(1.–5.: getrennt nach Warengruppen,)

6. erzielter Absatz in jeder Warengruppe,
7. Anzahl und Art der Verbrauchergruppen,
8. Anzahl der Verbraucher in jedem Reisevertreterbezirk,
9. Anzahl der Kunden in jedem Reisevertreterbezirk,
10. Anzahl der Sollkunden in jedem Reisevertreterbezirk,
11. Verhältnis von Kunden zu Verbrauchern in jedem Reisevertreterbezirk,
12. Anzahl der neugewonnenen Kunden in jedem Reisevertreterbezirk,
13. Anzahl der Kundenbesuche in jedem Reisevertreterbezirk,
14. Anzahl der Kundenbesuche je Tag in jedem Reisevertreterbezirk,
15. Anzahl der durchschnittlich ausgeführten Besuche je Auftrag in jedem Reisevertreterbezirk,
16. Anzahl der Angebote, Anzahl der hierauf an die eigene Unternehmung und an die Konkurrenz vergebenen Aufträge,
17. Unkostenfaktor für jeden Reisevertreter in Prozent des erzielten Umsatzes.

In welcher Form, durch welche Einrichtung die Festlegung derartiger Unterlagen geschieht, ist so lange gleichgültig, wie sie schnell, sicher und billig zur Hand sind. Alle Hilfsmittel hierzu sind selbstverständlich nur Mittel zum Zweck und nicht Zweck an sich. Sind die Unterlagen ermittelt, was ja durch zweckmäßige Hilfsmittel so geschehen soll, daß sie immer die augenblicklich bestehenden Verhältnisse darstellen, dann ist es möglich, immer das Richtige zu tun.

Die Verkaufsmöglichkeit ist auf Grund einer genauen M a r k t a n a l y s e zu ermitteln. Hierbei werden auch



die für die Abnahme in Frage kommenden Verbrauchergruppen und Verbraucher festgelegt. Der eigene Gesamtumsatz, der Umsatz je Reisevertreter und Kunde, betrachtet nach Warengruppen und verglichen mit gleichen Zeitabschnitten, ergeben die Möglichkeit, bei fallendem oder ungenügendem Umsatz rechtzeitig einzugreifen. Auf Grund der Verkaufsmöglichkeit können gerechte Sollumsätze für die Reisevertreter festgesetzt werden. Das Mehr- oder Mindererreichen oder das Überschreiten dieser ergibt eine gerechte Übersicht über den Verkaufserfolg und so ein klares Mittel zur Erfolgsverbesserung. Sachlich vorgelegten, unbestreitbar richtigen Tatsachen kann sich auch der weniger einsichtige Vertreter nicht entziehen. Er weiß, daß er richtig beurteilt wird und keine Ausflüchte machen kann sondern erfolgreich arbeiten muß. Das gleiche geht aus der Betrachtung der Anzahl der Verbraucher je Reisevertreterbezirk, der Anzahl der Kunden je Reisevertreterbezirk, der Anzahl der Sollkunden je Reisevertreterbezirk und des Verhältnisses von Kunden zu Verbrauchern hervor. Sind z. B. in einem Reisevertreterbezirk 400 Verbraucher und davon nur 10 % Kunden, dann steht unweigerlich fest, daß dieser Anteil wesentlich erhöht werden muß. Die Verkaufsleitung sieht ja täglich, welche Verbraucher noch nicht gekauft haben; sie kann Aufklärung hierüber verlangen, helfend eingreifen, immer wieder allseitig Rechenschaft fordern und das Endziel, alle Verbraucher über Teilkunden, die nur einzelne Artikel kaufen, zu Vollkunden zu machen, die alle Artikel der Unternehmung beziehen, im Auge behalten. Das monatliche Steigen oder Fallen des prozentualen Verhältnisses von Verbrauchern zu Kunden ergibt ein untrügliches Bild vom Arbeiten der Verkaufsabteilung. Über die Richtigkeit der Größe eines einem Reisevertreter zugewiesenen Bezirkes ergibt die Anzahl der zu bearbeitenden Verbraucher sowie die mögliche Besuchsanzahl je Tag ein genaues Bild. Wenn davon ausgegangen wird, daß z. B. die wichtigsten Verbraucher alle vier Wochen, die weniger wichtigen als besondere Bearbeitungsklassen in längeren, aber auch jeweils festgelegten Zeitabschnitten zu besuchen sind, dann ergibt eine bestimmte Verbraucheranzahl ein größtmögliches Gebiet, das nicht überschritten werden darf, falls nicht ein Teil der Verbraucher unbearbeitet bleiben soll. Die Bearbeitung der Reisevertreterbezirke nach bestimmten Reiseplänen, Besuchsvoranzeigen in Form von Werbebriefen, Festlegung der ausgeführten Besuche und deren Bestätigung durch immer wechselnde Werbebriefe fügen auch den Außendienst des Reisevertreters in einen vorher festgelegten Absatzplan ein. Weiter führt dieses dazu, daß alle Verbraucher mit der Unternehmung enge Fühlung bekommen und, die gewonnenen Kunden nicht nur Kunden des Reisevertreters werden, ein Vorteil, der außerordentlich wichtig ist, wenn man bedenkt, was die Kundschaft für die Unternehmung bedeutet. Die Durchschnittsbesuchsanzahl je Auftrag gibt ein sehr treffendes Bild über die Geschicklichkeit und Beeinflussungskraft des Reisevertreters. Je kleiner die Besuchsanzahl je Auftrag ist, desto größer ist seine Verkaufskunst. Besonders wichtig ist die Betrachtung des Ergebnisses der Angebotsverfolgung. Der Verbraucher, der ein Angebot verlangt, hat im Augenblick Bedarf. Er ist also zwecks Erzielung eines Verkaufserfolges bevorzugt zu bearbeiten. Der strebsame Reisevertreter wird demnach alles daran setzen, diese sichere Verkaufsmöglichkeit für sich auszuwerten. Ein Vergleich zwischen den der eigenen Unternehmung und den der Konkurrenz erteilten Aufträgen ergibt über die Erfolgskraft des Reisevertreters sicheren Aufschluß. Die Festlegung eines Unkostenfaktors für jeden Reisevertreter ist selbstverständlich unbedingt erforderlich. Dieses ergibt sich schon daraus, daß vom Gesamtbruttonutzen nur ein bestimmter Teil für die persönliche Werbung aufgewendet werden darf.

Alle vorstehenden Untersuchungen und Erfolgsergebnisse müssen auch dem Reisevertreter für seinen Bezirk zur Kenntnis gegeben werden. Er steht so vor unleugbaren Tatsachen, nach denen er sich zu richten hat. Sein persönliches Wohlergehen hängt von ihnen ab, und er weiß, daß er, wenn er keine Erfolge erzielt, am falschen Platze ist.

Alles Erkennen, alle Kontrollmaßnahmen, alles Drängen wird aber nicht zu den größtmöglichen Verkaufserfolgen führen, solange der Verkaufsorganisation die lebendige Kraft der freudigen Mitarbeit jedes einzelnen fehlt. Das Problem der Absatzförderung ist also von innen heraus zur Lösung zu bringen. Nur dann, wenn es der Verkaufsleitung gelingt, allen Mitarbeitern Schwung und Verkaufsbegeisterung zu geben, sie mitzureißen zur Hergabe allerletzter Kraft, wird die Verkaufsorganisation zu einer kraftvollen Waffe im Konkurrenzkampf. Die persönliche Leistungsfähigkeit, das persönliche Wollen zum Leisten ist zu fördern. Den Mitarbeitern sind von der Verkaufsleitung sorgfältig ausgewählte Hilfsmittel in die Hand zu geben. Durch Hinweise auf die besondere Leistungsfähigkeit der eigenen Unternehmung, Schilderung von Schwächen der Konkurrenz, Besprechung von Verkaufsfehlern und Übermittlung von Anregungen aller Art ist unausgesetzt nach einer größeren Erfolgskraft des einzelnen Mitarbeiters zu streben. Regelmäßige, gut vorbereitete Konferenzen müssen Gelegenheit zu persönlichem Gedankenaustausch geben. Die Reisevertreter erhalten auch praktische Anleitung draußen bei der Kundschaft selbst.

In die Planung der Absatzgestaltung sind ferner die Werbemaßnahmen und der „Dienst am Kunden" einzufügen. Bei Unternehmungen mit eigener Werbeabteilung sollte auf engstes Zusammenarbeiten mit der Verkaufsabteilung hingewirkt werden. Der Leiter der Werbeabteilung sollte sehr gute Kenntnisse von der Absatztechnik haben. Es dürfte dann für manche Unternehmungen zweckmäßig sein, die Hauptarbeiten der planmäßigen Absatzgestaltung zentral durch die Werbeabteilung ausführen und auswerten zu lassen. Deren Ziel ist doch kein anderes als das der Verkaufsabteilung. Beide wollen den Absatz steigern. Es wird daher oft von besonderem Vorteil sein, wenn die Kunst der Werbung mit der der Absatztechnik in einer Abteilung eng miteinander verbunden ist.

Alle Maßnahmen im Geschäftsleben, die darauf hinauslaufen, den Interessen des Kunden zu dienen, sein wirtschaftliches und persönliches Wohlergehen zu fördern, sind ebenfalls Faktoren, die zur planmäßigen Absatzgestaltung gehören. Sie sind unter dem Sammelbegriff „Dienst am Kunden" bekannt, zuerst in den V. S. Amerika bewußt und systematisch mit großem Erfolg angewandt worden, heute aber auch in Deutschland als ein wichtiges Glied planmäßiger Absatzgestaltung gewürdigt.

Viele Züge der vorstehenden Ausführungen sind allgemeiner Natur und nicht nur für den Absatz elektrotechnischer Erzeugnisse gültig. Aber doch ist es nicht möglich, diesen so vorzubereiten, wie es bei den Gegenständen des täglichen Bedarfs geschieht. Wenn auch der letzte Käufer elektrotechnischer Massenartikel Laie in fachtechnischem Sinne ist und bleiben muß, so handelt es sich bei den abzusetzenden Gegenständen doch um hochwertige Erzeugnisse mit ausgesprochen technischen Qualitäten, die dem Verständnis der Käufer nicht unmittelbar nahe gebracht werden können. Infolgedessen bleibt für die elektrotechnische Industrie die Werbung bei jenen Kreisen notwendig, die die Belieferung des letzten Käufers in der Hand haben, ihm die praktische Anweisung für die Handhabung der elektrischen Apparate geben und sozusagen das Technische daran in eine dem Laien verständliche Sprache übersetzen müssen. Die Propaganda beim Zwischenhandel hat also die Aufgabe, dem Händler die notwendigen Instruktionen für diese Tätigkeit zu geben und ihn die rein technischen Vorteile des angebotenen Gegenstandes wissen zu lassen, damit er seinerseits in der Lage ist, seinen Kunden entsprechend zu informieren. Hieraus ergibt sich schon, daß für die Wahl der Absatztechnik die technische Seite des zu propagierenden Artikels von Bedeutung ist. Ausschlaggebend wird diese aber, wenn man berücksichtigt, daß nur ein kleiner Teil der gesamten elektrotechnischen Produktion in die Hände von Laien gelangt. Der überwiegende Rest findet seinen Absatz bei einem Kundenkreis, der sich aus Ganz- oder Halbfachkundigen zusammensetzt. Man wird daher immer die technischen Eigenschaften in den Vordergrund rücken und die Absatzgestaltung hiernach wählen müssen. Auch die persönliche Werbung hat sich hierauf ganz einzustellen. Das fachtechnische Wissen des Verkäufers und sein Orientiertsein über alle Neuerscheinungen, Neukonstruktionen usw. müssen vor seinem verkaufstechnischen Können stehen. Der fachmännische Verbraucher wird sich unter keinen Umständen von einem fachunkundigen Verkäufer — und sei er als solcher der bestgeschulte — willig leiten lassen. Sein Hauptinteresse ist naturgemäß immer auf das Fachliche des angebotenen Erzeugnisses gerichtet. Von diesem Standpunkt aus empfängt er den Verkäufer, und er lehnt erfahrungsgemäß alle Verkaufsbemühungen mißtrauisch und verärgert ab, sobald er merkt, daß der Anbietende zu geringe Fachkenntnisse besitzt. Hieran ändern selbst die hervorragendsten Verkäufereigenschaften nichts. So berichtet der Werbefachmann und Verkaufsorganisator O. W e i l a n d in einem seiner Bücher, daß von einer elektrotechnischen Firma neu eingestellte Vertreter, die bisher mit ganz außerordentlich großem Erfolg Schreibmaschinen verkauft hatten, beim Verkauf elektrotechnischen Materials völlig versagten. Von der Western Electric Co. ist es bekannt, daß sie vorzugsweise Hochschultechniker anzuwerben trachtet und hierzu in vielen Studentenzeitungen die Vorzüge eines Vertreterpostens bei ihr schildert. Die National Cash Register Co. gibt ihren Facharbeitern in Abendschulen Gelegenheit, sich zu Verkäufern auszubilden und bei Eig-

nung als solche zu betätigen. Also auch hier hat man die Erfahrung gemacht, daß beim Verkauf technischer Erzeugnisse die Grundlage des Erfolges möglichst weitgehende Vertrautheit mit dem Fach ist. In der Broschüre der „Gesfürel" „Amerikanische Propaganda" wird darauf hingewiesen, daß die Elektrizitätswerke in den V. S. Amerika als Leiter der Propaganda- und Verkaufsabteilungen fast durchweg Ingenieure anstellen.

Zweifellos wird auch in Deutschland der Techniker beim Verkaufen technischer Erzeugnisse wesentlich bessere Erfolge als der Kaufmann erzielen. Voraussetzung hierfür ist natürlich, daß beide in der Verkaufstechnik gleiche Schulung, gleiche Liebe zur Verkaufstätigkeit und auch die gleiche Eignung für diese haben. Der Vertreter muß sich in die Interessen, in die Sorgen seines Kunden voll einfühlen, und falls der Kunde, voll Vertrauen zu den fachlichen Fähigkeiten des Vertreters einer technischen Unternehmung, Rat wünscht, diesen gewissenhaft geben können. Er muß auch die Vorzüge der von ihm angebotenen Erzeugnisse mit äußerster Überzeugung auseinander zu setzen vermögen. Dies alles wird sicher dem technisch voll geschulten Verkäufer weitaus besser gelingen als dem weniger fachlich Orientierten. Es dürfte sich auch im allgemeinen der Techniker der Forderung nach systematischen Verfahren innerhalb des gesamten Verkaufsprozesses williger anpassen, da er auf Grund der ihm anerzogenen, stark überlegenden Arbeitsweise für alles Plangemäße mehr Verständnis haben wird als der nur kaufmännisch Ausgebildete. Es ist aber noch ein Schritt weiter zu gehen. Nicht der „einmal technisch" geschulte Vertreter wird auf besondere Verkaufserfolge hoffen dürfen, sondern der „stets am besten technisch" unterrichtete Verkäufer. Es besteht also die Notwendigkeit für den Erfolg anstrebenden Vertreter, alle Neuerungen in seinem Fach rechtzeitig und gründlich zur Kenntnis zu nehmen. Ein derartiges Wissen wird immer in weitem Maße der Verkaufsarbeit zugute kommen. Es stellt beim Verbraucher willkommene Anknüpfungspunkte dar und führt ihn von vornherein in eine für Verhandlungen geneigte Stimmung, in der dann vom geschickten Verkäufer leichter ein Kaufentschluß erzielt werden kann. Aber nicht nur dem persönlichen Verkaufsmittler werden in dieser Weise wesentliche Vorteile. Auch die schriftliche Werbung z. B. wird durch geschickte Verflechtung des Zieltextes mit der Erklärung allgemein interessierender technischer Neuerungen den Verbraucher zum Lesen des gesamten Textes führen und ihn damit der Beeinflussung durch den Zieltext unterwerfen.

Es kann dem gesamten, mit dem Verkauf elektrotechnischer Erzeugnisse beschäftigten Kreise nicht dringend genug empfohlen werden, sich ernstlich mit der technischen Seite der Ware zu beschäftigen und über den technischen Fortschritt orientiert zu halten. Die deutsche Elektroindustrie besitzt in der ETZ ein Organ, das wegen seiner zahlreichen wichtige Neukonstruktionen, Erfindungen usw. beschreibenden Aufsätze und Rundschauartikel hierzu besonders geeignet erscheint.

Wirtschaftlichste Erzeugung und Verwaltung und dadurch gute, preiswerte Ware, planmäßige Absatzgestaltung, lebendige, begeisterungsvolle Verkaufsarbeit, unterstützt durch eine die Absatztechnik berücksichtigende Werbung, und Eingehen auf die Interessen der Kundschaft vermögen auch unabhängig von der jeweiligen Wirtschaftslage Erfolge zu bringen. Am schnellsten, sichersten und im größten Maße jedoch werden diese zu erreichen sein, wenn es auch noch gelingt, zwischen Unternehmung und Verbraucher ein Verhältnis zu schaffen, dessen Grundlage uneingeschränktes Vertrauen zur Unternehmung ist. Hierauf hat sich also auch die planmäßige Absatzgestaltung ohne jeden Vorbehalt einzustellen.

Ein internationales Fernsprechbuch.

Am internationalen Fernsprechdienst nehmen z. Z. 26 Länder Europas teil. Es gibt aber noch kein internationales Verzeichnis, aus dem derjenige, der einen Teilnehmer im Ausland anrufen will, dessen Fernsprechnummer ersehen kann. Wenn daher z. B. ein Teilnehmer in Berlin ein Hotel in Paris anrufen will, dessen Anschlußnummer er nicht kennt, so kann er es bei der Gesprächsanmeldung nur nach dem Namen und der Lage bezeichnen. Die Ermittlung der Anschlußnummer muß erst beim Amt vorgenommen werden, wodurch Zeit verloren geht und die Bereitstellung der Gesprächsverbindung verzögert wird. Um diese Schwierigkeiten zu beheben, hat ein dänisches Konsortium die Herausgabe eines internationalen Fernsprechbuches (Annuaire Téléphonique International — ATI) übernommen[1]. Da von den 8 000 000 Fernsprechteilnehmern Europas nur ein verhältnismäßig geringer Teil am Auslandsverkehr beteiligt ist, werden die Brauchbarkeit und der Preis des Buches wesentlich davon abhängen, daß nur die wirklich am Auslandsdienst interessierten Teilnehmer aufgenommen werden. Die Auswahl dieser Teilnehmer bietet natürlich erhebliche Schwierigkeiten. Das Konsortium sucht sie dadurch zu umgehen, daß es Eintragungen nur gegen Zahlung einer Gebühr aufnimmt, dafür das Buch aber unentgeltlich an alle Eingetragenen liefert.

Das Buch soll nach Branchen eingeteilt werden, innerhalb der Branchen nach Ländern und innerhalb der Länder nach Städten. Als Leitsprache dient Französisch, das die amtliche Sprache des Welttelegraphenvereins ist; das Branchenverzeichnis wird außerdem in deutsch und englisch aufgestellt. Ein dienstlicher Teil soll über Gesprächsregeln und Gebühren Auskunft geben. *Bkm.*

[1] M. Gredstedt, Europ. Fernspr. 1929, S. 125.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 274.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden folgende Stromwandlerformen dem untenstehenden, beglaubigungsfähigen Systeme eingereiht.

Zusatz zu System [Systemzeichen 18], Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, die Formen AE3, AE6, AE12, AE24, AE35, AE3m, AE6m AE12m, AE24m, AE35m und AE3i betreffend, hergestellt von den **Siemens-Schuckertwerken A. G.** in Nürnberg.

Berlin-Charlottenburg, den 15. VI. 1929.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System [Systemzeichen 18],

Stromwandler für einphasigen Wechselstrom, die Formen AE3, AE6, AE12, AE24, AE35, AE3m, AE6m, AE12m, AE24m, AE35m und AE3i betreffend, hergestellt von den Siemens-Schuckertwerken A. G. in Nürnberg.

Sämtliche unter der Bezeichnung [Systemzeichen 18] zur Beglaubigung zugelassenen Stromwandler können für die Frequenzen 45 ... 55 Hz auch für eine sekundäre Nennstromstärke von 1 oder 10 A ausgeführt und beglaubigt werden. Bei der sekundären Nennstromstärke von 1 A beträgt die Nennbürde 15 Ω und bei der sekundären Nennstromstärke von 10 A 0,15 Ω. — Die Stromwandler AE12, AE12m, AE24 und AE24m des Systems [Systemzeichen 18] können auch primär umschaltbar für zwei Nennstromstärken, die im Verhältnis 1 : 2 stehen, ausgeführt und in dieser Ausführung beglaubigt werden. Die Primärwicklung dieser Stromwandler ist in zwei Abteilungen unterteilt, die hintereinander oder parallel geschaltet werden. Die Umschaltung wird mittels zweier Laschen, die an den Stromzuführungen angebracht sind, vorgenommen (s. Abb. 1). Im übrigen unterscheidet sich die konstruktive Ausführung nicht von derjenigen der normalen Stromwandler. Die umschaltbaren Stromwandler können für Nennstromstärken bis 150/300 A beglaubigt werden.



Abb. 1.

[1] Reichsministerialblatt 1929, S. 385.



RUNDSCHAU.

Leitungen.

Durchhangmesser. — Der Durchhangmesser Küppers[1] ist besonders geeignet, Durchhänge von Freileitungen, die bisher nach den verschiedensten Methoden mit Meßlatten und photographischer Aufnahme bestimmt wurden, mit außerordentlich hoher Genauigkeit zu messen. Dem Durchhangmesser Küppers liegen die Ähnlichkeitsätze der ebenen Geometrie zugrunde. Die einzige Bedingung für die Aufstellung des Gerätes ist das Senkrechtstehen der Meßschenkelebene zur Freileitungsstrasse. Auf einem horizontalen, mit Millimeterteilung versehenen Entfernungsmaßstab wird ein Höhenmaßstab mit Millimeterteilung in einer der tatsächlichen Entfernung des Standortes bis zur Leitungstrasse proportionalen Entferung eingestellt. Mit dem Fernrohr ist zwangläufig ein Richtungslineal gekuppelt, das sich entsprechend dem Erhebungswinkel des Fernrohres vor den Skalenwerten des Höhenmaßstabes bewegt (Abb. 1). Werden feste Punkte anvisiert,

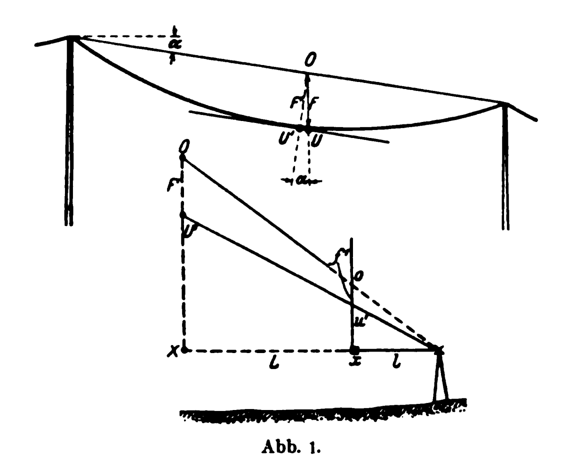


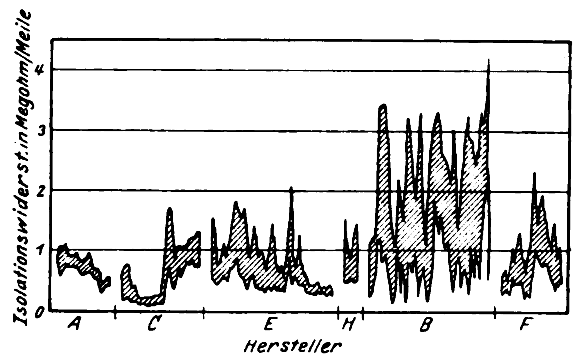
Abb. 1.

so können die Erhöhungen direkt als Höhenwerte abgelesen werden. Die Strecke $F' = \overline{OU'}$ wird am Instrument dargestellt durch den Differenzbetrag $f' = (\overline{ox} - \overline{u'x})$. Die Konstruktion ist so durchgeführt, daß bei Schwenken des Fernrohres bei jedem Erhebungswinkel unter sich parallele Ebenen bestrichen werden, so daß sich die Werte F' ergeben. Der wirkliche Durchhang ergibt sich durch Multiplikation mit einem Korrektionsfaktor, der den Neigungswinkel der Verbindungslinie der Aufhängepunkte gegenüber der Horizontalen enthält. Dieser Neigungswinkel α wird am Instrument an einer Gradskala abgelesen.

Außer der Bestimmung der Durchhänge ist noch die Messung von Bodenentfernungen und gegenseitigen Abständen sich kreuzender Leitungen leicht durchführbar. Mit diesem Gerät ist die Möglichkeit gegeben, eine unter Spannung stehende Freileitung jederzeit in bequemer Weise nachkontrollieren und damit auf vorhandene Zugspannungen nachprüfen zu können.

Dipl.-Ing. R. Heimberger.

Die Prüfung papierisolierter Hochspannungskabel. — Die Prüfung von Hochspannungskabeln ist schlechthin eine Prüfung von Isolationsmaterial. Dieses Material spielt wohl im gesamten Elektromaschinenbau eine Rolle, nirgends tritt es jedoch so in den Vordergrund wie in der Kabeltechnik. Wenn in den Transformatoren an den Enden einer Kabelleitung aus drei Einleiterkabeln für 60 kV und 15 km Länge nur wenige Quadratmeter Isolationsmaterial durch die Spannung beansprucht werden, so lassen sich in den Kabeln selbst leicht 6000 m² nachweisen, die ständig einer Spannung von 35 kV widerstehen müssen. Trotz dieses enormen Verbrauchs an Isolierstoff sind unsere Kenntnisse über die elektrischen Vorgänge in ihm nur sehr unsicher und daher Prüfvorschriften, die mit hundertprozentiger Sicherheit die Güte des Kabeldielektrikums feststellen lassen, nicht in unsere Hand gegeben. Das gilt insbesondere für die Bewertung der Höchstspannungskabel, bei denen aus wirtschaftlichen Gründen die Beanspruchung des Dielektrikums bis an die Grenze des Erreichbaren getrieben werden muß. Für Kabel mittlerer Spannung sind in den einzelnen Ländern bereits Prüfvorschriften festgelegt, doch bilden diese mit ihrer großen Verschiedenheit nur eine Illustrierung der bestehenden Unsicherheit. F. M. Farmer entwickelt nun ein interessantes Bild des Standes dieser Prüfungen in Amerika, das er als Oberingenieur des New-Yorker el. Prüflaboratoriums sich in umfassender Weise hat machen können; denn durch seine Tätigkeit als Abnahmebeamter standen ihm die Prüfergebnisse der verschiedensten Fabrikate zur Verfügung. Eine Zusammenstellung solcher Prüfergebnisse zeigt Abb. 2, u. zw.



Obere Linie. Höchstwert jeder Lieferung
Untere Linie: Niedrigster Wert jeder Lieferung.

Abb. 2. Isolationswiderstand von 13...15 kV-Kabeln. Gemessen 1925.

handelt es sich hier um Isolationswiderstandswerte, die an einer großen Reihe von Kabeln aus sechs verschiedenen Kabelwerken gemessen wurden. Bei der Beurteilung dieser Meßreihe ist zu beachten, daß wir über den Zusammenhang zwischen der Höhe des Isolationswiderstandes und der Güte des Kabeldielektrikums völlig im unklaren sind. Unabhängig hiervon wird man aber das Fabrikat *A* als das beste bezeichnen müssen, da es die gleichmäßigsten Werte zeigt, während der Fabrikant *B* seine Fabrikation nicht in der Hand zu haben scheint.

Bei der Spannungsprüfung lassen sich im wesentlichen drei Arten von Prüfungen unterscheiden:

a) die Prüfung aller Kabellängen einer Lieferung mit einer in Beziehung zur Betriebspannung stehenden Prüfspannung,
b) die Prüfung der momentanen Durchschlagfestigkeit an einem kurzen Kabelstück,
c) die Prüfung der Abhängigkeit der Durchschlagfestigkeit von der Zeit durch eine Meßreihe (Zeit-Durchschlagkurve).

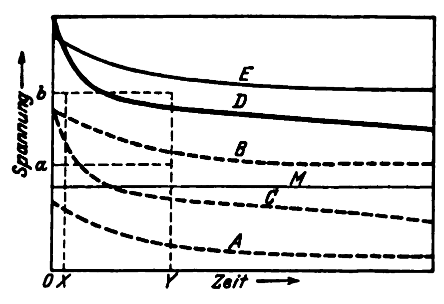


Abb. 3. Durchschlag-Kennlinien schwacher Punkte eines Kabels.

Das Ziel der Prüfung a) ist, gröbere Fehler in den Kabellängen aufzudecken. Sie soll also eine relativ einfache Aufgabe lösen, und doch sind die Grundlagen dieser Prüfung nicht so einfach zu finden. Farmer zeigt dies sehr geschickt an der Abb. 3. Es seien *A, B, C* die Zeit-Durchschlag-Charakteristiken irgendwelcher schwacher Punkte eines Kabels für eine Betriebspannung *M*. Eine Prüfspannung *a*, angelegt während der Zeit *x*, würde nur den Fehler *A*, in der Zeit *y* auch den Fehler *C* zum Durchschlag bringen, erst eine Prüfspannung *b* würde den letzten

[1] Hergestellt von der Askania-Werke A. G., Bambergwerk, Berlin-Friedenau. DRP. Nr. 364 620.



Fehler *B*, dessen Zeit-Durchschlagskurve zwar noch oberhalb der Betriebspannung liegt, der den Sicherheitsgrad des Kabels aber in unerwünschter Weise herabsetzt, ausserdern. Die weiteren Kurven *D* und *E* stellen die Zeit-Durchschlagkurven zweier an sich fehlerloser, in der Güte ihres Dielektrikums jedoch verschiedener Kabellängen dar. Da die flachere Kurve *E* die günstigere ist, würde die Prüfspannung *b* auch erst in der Zeit *y* die Auswahl treffen. Dieses Kurvenschema zeigt deutlich die Schwierigkeit einer sicheren Beantwortung der Frage nach der Prüfzeit und Prüfspannung. Die Frage ist so alt wie die Kabelfabrikation selbst. Sie ist in den verschiedenen Ländern verschieden beantwortet worden, ohne daß aber diese Antworten als endgültig betrachtet werden. Die Prüfung selbst ist wichtig, da nur sie neben der uns noch wenig besagenden Isolationswiderstandsmessung gestattet, Einblick in das gesamte Isolationsmaterial einer umfangreichen Kabellieferung zu nehmen. Alle übrigen Messungen können nur, entweder infolge ihrer Dauer oder Kostspieligkeit an einer beschränkten Anzahl von Längen, oder aber, weil sie den Prüfling zerstören, nur an kurzen Probestücken vorgenommen werden. Zu den letzteren gehören die Prüfungen b) und c).

Die Prüfung b) soll eine Unterlage geben für den Sicherheitsgrad, den das Kabel annähernd gegen momentane Überspannungen besitzt. In Wirklichkeit wird der gefundene Durchschlagwert an einem Stück von rd. 5 m niemals den Durchschlagwert für die ganze Kabellänge, geschweige für eine ganze Lieferung darstellen, doch sind Übertragungen bei einwandfreier Fabrikation in gewissen Grenzen zulässig. Farmer kann nun, an dieser Prüfung gemessen, von einer günstigen Entwicklung der amerikanischen Kabel berichten. Er gründet sein Urteil auf die in der Zahlentafel 1 zusammengestellten Durchschlagzahlen, die in der Tat die sehr überraschende Steigerung der spezifischen Durchschlagfestigkeit von 20 % in einem Jahr zeigen.

Zahlentafel 1.

Jahr	Anzahl der Messungen	mittlere Durchschlagspannung in Volt/mil*1			Zuwachs in % gegen 1923
		L/L	*L/M*	Mittel	
1923	210	291	283	287	—
1924	290	307	284	296*2	3,1*2
1925	106	354	357	355	23,7

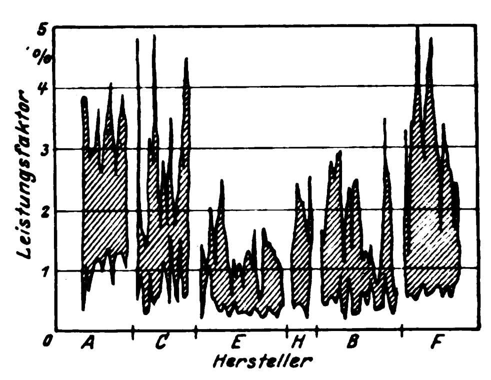
L/L = Leiter/Leiter *L/M* = Leiter/Bleimantel

*1 1 mil = 0,0254 mm.
*2 Im Original finden sich die fehlerhaften Angaben 306 bzw. 6,6.

Die Prüfung c), die Feststellung der Zeit-Durchschlagkurve, ist nach neueren Erkenntnissen besonders hoch zu werten. Leider ist sie aber so umfangreich und kostspielig, daß sie wenig Aussicht hat, allgemeine Abnahmeprüfung zu werden. Zu ihrer Durchführung wird eine Anzahl Kabelstücke mit gestaffelt herabgesetzten Prüfspannungen zum Durchschlag gebracht und so die Spannung gesucht, die das Kabel eine unmeßbar lange Zeit auszuhalten imstande ist. Auch aus dieser Prüfung steht Farmer umfangreiches Material zur Verfügung, doch reicht dieses noch nicht aus, Bestimmungen über den zuzulassenden Grenzwert der Dauerspannung zu treffen, die, in Beziehung zur Betriebspannung gebracht, den eigentlichen Sicherheitsfaktor eines Kabels bestimmen würde. Aus den an 30 Dreileiterkabeln für verschiedene Betriebsspannungen gewonnenen Resultaten scheint hervorzugehen, daß die Grenzspannung bei einer Maximalbeanspruchung von 150 ... 160 V/mil (rd. 6000 V/mm) liegt. Für Einleiterkabel hat sich trotz Prüfung von 44 Kabeln ein ähnlicher angenäherter Wert noch nicht feststellen lassen. Bedeutung könnte vielleicht eine Gesetzmäßigkeit erlangen, die aus den Kurvenbildern hervorzugehen scheint, nämlich daß sowohl bei Ein- wie auch bei Dreileiterkabeln bei höheren Spannungsgradienten die Lebensdauer der Kabel im umgekehrten Verhältnis zur siebenten Potenz des maximalen Spannungsgradienten steht.

Während die Durchschlagsprüfungen im allgemeinen nur ein Bild von den Eigenschaften eines fertigen Kabels geben, kann die Messung der dielektrischen Verluste als Wegweiser bei der Fortentwicklung der Fabrikation dienen. Nach einer Durchschlagepidemie um das Jahr 1920 hat man in Amerika den Wert niedriger Verlustziffern erkannt und in der Folge die mittleren Verluste bei 30 kV-Kabeln von 5,2 auf 2, bei 13 kV-Kabeln von 3 auf 0,7 W/m herabsetzen können. Eine Zusammenstellung von Leistungsfaktormessungen an Kabeln verschiedener Herkunft gibt Abb. 4 wieder. Hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Werte steht, wie in Abb. 2, Fabrikat *A* an erster Stelle, während *C* und *F* besonders ungleichmäßig liegen. Vom Standpunkt der niedrigsten Verluste ist allerdings Fabrikat *E* als bestes zu bewerten. Über die angewandten Meßmethoden ist nichts ausgesagt, und Farmer glaubt, daß eine solche auch nicht festgelegt zu werden braucht. Dagegen schlägt er vor, ein Vergleichsnormal festzulegen, das der in Deutschland allgemein bekannten Minosflasche ähnelt.

Befremden muß die Stellung, die Farmer der sog. Ionisationsprüfung gegenüber einnimmt. Einmal trennt er sie von der Verlustmessung, obgleich sie doch nur ihre logische Erweiterung ist, dann aber lehnt er sie überhaupt ab, da er ihr keinen eigentlichen Sinn zusprechen kann. In Amerika wird diese Prüfung so vorgenommen, daß die Änderung des Leistungsfaktors bei einem mittleren Spannungsgradienten von 20 V/mil und 100 V/mil festgestellt wird. Beispielsweise soll nach den Vorschriften der Ass. of Edison Illuminating Co. vom November 1924 diese Änderung bei Dreileiterkabeln 2 %, bei Einleiterkabeln 1 % nicht übersteigen. Farmer fragt nun, warum diese engen Grenzen und nicht z. B. die doppelten Werte zugelassen sein sollten, und besteht auf der Ablehnung dieser Prüfung mit der Begründung, daß jeder Erhöhung der Herstellungskosten, die die Einhaltung dieser Grenzen zur Folge haben muß, ein reeller Gewinn gegenübergestellt werden müßte. Es sei hier festgestellt, daß die europäische Kabeltechnik gerade in der Unterdrückung jeder Ionisationserscheinung in Hochspannungskabeln ihre vornehmste Aufgabe sieht



Obere Linie: Leistungsfaktor bei Betriebspannung und 80°
Untere Linie: „ „ „ „ 20°.

Abb. 4. Leistungsfaktor von 13 – 15 kV-Kabeln. Gemessen 1925.

Im weiteren Gegensatz zur kontinentalen Praxis steht Farmers Auffassung von der Wichtigkeit der Biegeprüfung. Die Prüfung, bei der ein Kabelstück mehrere Male um einen in Beziehung zu seinem eigenen Durchmesser stehenden Durchmesser in verschiedener Richtung gebogen und dann einer Spannungsprüfung unterworfen wird, ist in die amerikanischen Prüfvorschriften seit etwa acht Jahren aufgenommen worden und hat zu einer höheren Flexibilität der Kabelpapiere bzw. Kabel geführt. Dieses Ergebnis zeigt nur, daß die Kabel sich mit geringerer Sorgfalt verlegen lassen und hat nur sekundäre Bedeutung. Der Berichter sieht in dieser Prüfung keinen besonderen Weg zu einer Fortentwicklung des Kabeldielektrikums.

Bei den Rohstoffprüfungen befaßt sich der Verfasser eingehender mit einer Stabilitätsprüfung der Imprägniermasse. Hierbei wird ein Film der Masse zwischen zwei Glasplatten gebracht, die ihrerseits mit Hilfe von Metallbelägen an die Pole einer Spannungsquelle angeschlossen werden. In der Zeit von 72 h soll die Masse bei einer Spannung, die sie mit 600 V/mil beansprucht, keine Veränderung zeigen, die auf die Bildung des in seiner Zusammensetzung noch unbekannten wachsähnlichen Produktes „X" schließen läßt. Dieses Produkt ist in den ersten amerikanischen Hochspannungskabeln, die mit Mineralöl getränkt wurden, beobachtet worden, u. zw. stets in der Nähe oder direkt an den Stellen von Durchschlägen[1]. Farmer zeigt Aufnahmen eines Prüfmusters vor und nach der Spannungsbeanspruchung.

Die Veröffentlichung ist leider nur ein, wenn auch ziemlich umfangreicher, Auszug aus einem Vortrag. Sie ist darum besonders interessant, als sie Angaben aus der amerikanischen Kabelpraxis bringt, die von einem nicht der Industrie angehörenden Manne stammen und die daher als besonders objektiv zu werten sind. (M. Farmer, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 45, S. 454.) *Wn.*

[1] J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 44, S. 141. Referate in ETZ 1925, S. 424 und 1929, S. 235.



Elektromaschinenbau.

Das magnetische Gesamtfeld bei Drehstrommotoren im Kurzschluß und Betrieb. — E. Kübler gibt ein graphisches Verfahren an zur Vorausberechnung magnetischer Gesamtfelder von Drehstrommotoren auf der Grundlage der einfachen elektromagnetischen Grundgesetze, des Durchflutungsgesetzes, des Satzes von der Quellenfreiheit der magnetischen Induktion und des Induktionsgesetzes. Die Untersuchungen erstrecken sich auf den Fall des theoretischen Kurzschlusses und auf die verschiedenen Betriebszustände für Motoren mit Dreiphasenanker und für Motoren mit Käfiganker. Anhangweise wird ein Verfahren angegeben, wie man aus dem magnetischen Gesamtfeld die Umfangskraft und damit das Drehmoment der Maschine ermitteln kann. Entgegen dem üblichen Brauch werden hier die magnetischen Gesamtfelder aus einer gewählten Stromverteilung berechnet. Es ist nicht zu erwarten, daß das magnetische Feld der ersten Durchflutungswahl schon den gewünschten Bedingungen des Induktionsgesetzes entspricht; man wird daher die richtigen Verhältnisse durch Interpolieren finden müssen. Das Verfahren hat natürlich nur praktischen Wert, wenn schon wenige, höchstens zwei oder drei Versuche zum Ziel führen, und dies ist in der Tat möglich.

Es wird zuerst die Grundaufgabe behandelt: Berechnung eines magnetischen Gesamtfeldes für eine gegebene Drehstromverteilung in Ständer und Läufer. Nach dem Durchflutungsgesetz werden zunächst die magnetischen Spannungen am Luftspalt und zwischen den Nutwänden bestimmt unter der Voraussetzung $\mu_{Fe} = \infty$. Aus den magnetischen Spannungen und Leitwerten lassen sich die Induktionsflüsse in der Luft berechnen. Schließlich werden

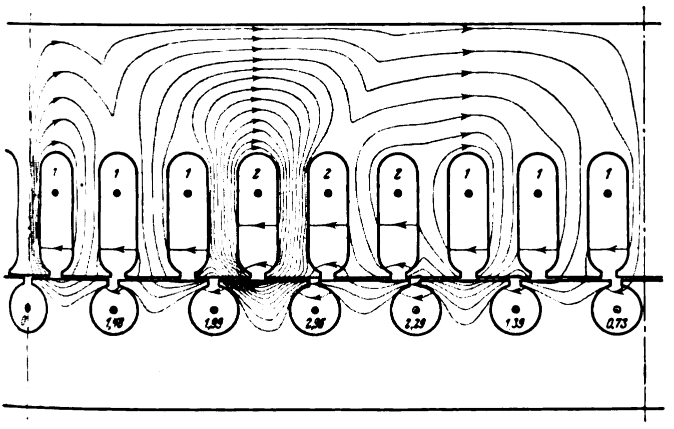


Abb. 5. Käfigankermotor. Flußbild bei Stillstand ($R = 0$).

diese Induktionsflüsse in der Luft quellenfrei in das Eisen fortgesetzt, um das Gesamtfeld der Induktion $\mathfrak{B}$ zu erhalten. Aus dem Gesamtfeld entnimmt man dann die Spulenflüsse der einzelnen Phasen durch einfaches Aufaddieren der Windungsflüsse.

Bei der Vorausberechnung magnetischer Gesamtfelder von Drehstrommotoren muß man sich zuerst über die Vorschriften klar werden, die auf Grund des Induktionsgesetzes für die Spulenflüsse der einzelnen Phasen bestehen. Es wird besonders hervorgehoben, daß bei Dauerkurzschluß und bei Dauerbetrieb von Drehstrommotoren keine Vorschriften über die räumliche Verteilung des magnetischen Gesamtfeldes bestehen, sondern einzig und allein über den Höchstwert und den zeitlichen Verlauf der Spulenflüsse. Für theoretischen Dauerkurzschluß ($R_S = 0$, $R_R = 0$) ist:

1. $\Psi_R = 0$ für jede kurzgeschlossene Läuferwicklung in jedem Augenblick. Bei Motoren mit Dreiphasenanker gilt diese Vorschrift für die ganzen Phasen und nicht für jede einzelne Windung. Bei Motoren mit Käfiganker dagegen ist sie für jeden einzelnen Umlauf im Läuferkupfer zu erfüllen.

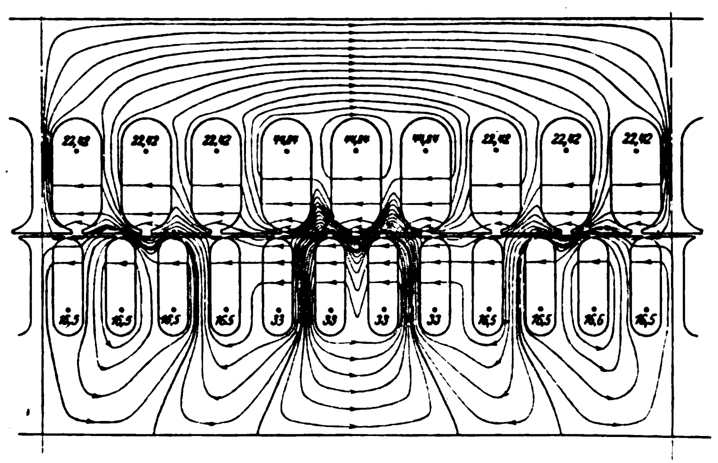
2. $\Psi_{S\,max} = \frac{U \cdot 10^8}{4{,}44\,f}$ Maxwell.

Bei Betrieb, wenn der Motor ein Drehmoment abgeben soll, ist

1. $\Psi_R > 0$, Ψ_R um ¼ Periode gegen den Läuferstrom verfrüht;

2. $\Psi_{S\,max} = \frac{U \cdot 10^8}{4{,}44\,f}$ Maxwell.

Auf Grund dieser Vorschriften werden Kurzschlußfelder für Motoren mit Dreiphasenanker folgendermaßen berechnet: Der Läufer stehe so, daß die Nutgruppen der Ständer- und Läuferphasen einander decken. Man wählt eine augenblickliche Drehstromverteilung mit beliebigem Betrag für reine Kompensation der Durchflutungen $\Theta_S = -\Theta_R$. Dann wird der Läufer verdreht in die Stellung, für die man das Kurzschlußfeld zu berechnen wünscht, und gleichzeitig wird die zeitliche Phase der Läuferströme mitgedreht, so daß die Augenblickswerte der Läuferströme sich neu einstellen. Mit dieser Durchflutungsverteilung berechnet man das Gesamtfeld im Läufer und entnimmt daraus die Spulenflüsse Ψ_R. Dann wiederholt man dieselbe Berechnung für eine zweite Stromverteilung, die man aus der ersten erhält durch Hinzufügen einer mit den Ständerströmen phasengleichen kleinen Zusatzdurchflutung im Ständer. Durch Interpolieren ergibt sich die richtige Zusatzdurchflutung, bei welcher $\Psi_R = 0$ wird. Mit dieser richtigen Zusatzdurchflutung endlich wird das magnetische Gesamtfeld im Ständer und Läufer berechnet. Das Verhältnis der Werte $\Psi_{S\,max}$ aus der Spannungsbedingung und aus der endgültigen Feldverteilung gibt die Zahl an, mit der man Ströme und Flüsse des berechneten Feldes erweitern muß, um das gewünschte Kurzschlußfeld zu erhalten. Die Kurzschlußströme für die verschiedenen Läuferstellungen sind keineswegs gleichgroß.


Abb. 6. Schleifringankermotor. Flußbild bei theoretischem Kurzschluß ($\delta_t = 0$).

Bei der Berechnung eines Kurzschlußfeldes für Motoren mit Käfiganker (Abb. 5) geht man von einer beliebigen Drehstromverteilung im Ständer aus. Man bestimmt das magnetische Feld im Luftspalt in einem ersten Versuch derart, daß der in einen Läuferzahnkopf eintretende Induktionsfluß an demselben Zahnkopf wieder austritt. Aus den magnetischen Spannungen am Luftspalt ergeben sich die augenblicklichen Ströme in den Läufernuten. In einem zweiten Versuch werden die magnetischen Spannungen am Luftspalt korrigiert, indem man die Induktionsflüsse durch die Läufernuten neu zu verketten versucht,

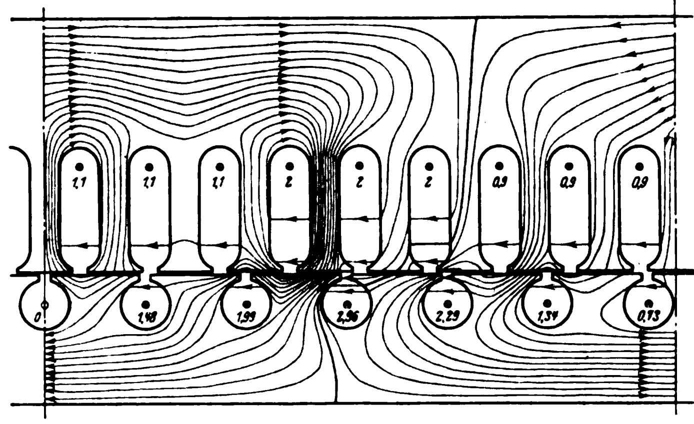


Abb. 7. Käfigankermotor. Flußbild bei Betrieb.

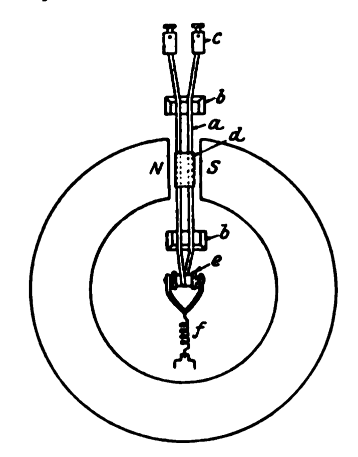
entsprechend der Bedingung $\Psi_R = 0$ für jeden Läuferstab. Die Werte $\Psi_{S\max}$ aus der Spannungsbedingung und aus Gesamtfeld dieses zweiten Versuches werden in bekannter Weise zur Berechnung der Kurzschlußströme verwendet. Abb. 6 zeigt die Flußverteilung für einen Schleifringankermotor.

Magnetische Gesamtfelder bei Betrieb (Abb. 7) für Motoren beiderlei Art werden nach folgendem Verfahren ermittelt: Man geht von einer typischen Drehstromverteilung für theoretischen Kurzschluß aus und überlagert im Ständer eine Magnetisierungsdurchflutung, die um ¼ Periode zeitlich und räumlich gegen die Ständerströme versetzt ist. Die aus dem entstehenden Gesamtfeld entnommenen Spulenflüsse $\Psi_{S\max}$ und $\Psi_{R\max}$ werden so erweitert, daß $\Psi_{S\max} = \frac{U \cdot 10^8}{4{,}44\, f}$ sich einstellt. So wurde auf induktivem Wege das Heylandsche Kreisdiagramm gefunden.

Anhangweise wird kurz ein Verfahren beschrieben für die Berechnung der Umfangskraft aus einem magnetischen Gesamtfeld. Man denkt sich die Ströme des Gesamtfeldes durch Gleichstrom erzeugt und auf ihrem Betrag konstant festgehalten. Aus der Zunahme oder Abnahme der magnetischen Energie im Luftspalt bei einer kleinen Verrückung des Läufers erhält man die Umfangskraft $K = \mathrm{d}\,W/\mathrm{d}\,x$. (E. Kübler, Arch. El. Bd. 21, H. 4, S. 407.)

Meßgeräte und Meßverfahren.

Oszillographie. — Unter dieser Überschrift bringt J. W. Legg in einer Artikelreihe die Entwicklung des Oszillographen der Westinghouse El. Co. Die Beschreibung beginnt mit einer geschichtlichen Entwicklung des Oszillographen und hebt dann die vielseitige Anwendung der Oszillographie, auch weit außerhalb des rein elektrischen Gebietes, hervor. Es werden in der Reihenfolge ihrer geschichtlichen Entstehung kritisch betrachtet die Oszillographtypen mit beweglichem Eisensystem, mit einem beweglichen Leiter (Saitengalvanometer-Prinzip), mit beweglicher Spule bzw. Schleife und ferner der Kathoden-Oszillograph, der elektrostatische und der Heizdraht-Oszillograph. Anschließend wird die unterschiedliche Art der Aufzeichnung bzw. Sichtbarmachung mittels Licht- und Schattenmarke und die Art der üblichen Lichtquellen besprochen.

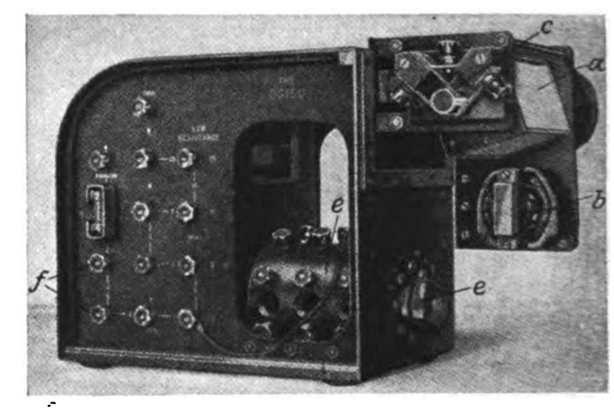


N, S perman. Magnet
a Silberbandschleife
b Elfenbeinträger
c Anschlußklemmen
d versilberter Spiegel
e Spannrolle
f Spannfeder der Schleife

Abb. 8. Prinzipbild des Meßschleifen-Galvanometers zum Oszillographen.

Bei dem neuen Westinghouse-Oszillographen ist das Schleifenprinzip verwendet mit dem bekannten Aufbau (Abb. 8), jedoch ist dabei bemerkenswert, daß die Oszillographen-Galvanometer außerordentlich kleine Abmessungen erhalten haben, und zur Kennzeichnung sei aus den späteren Abhandlungen vorausgenommen, daß der nach den Polen verjüngt zulaufende, außen kreisförmige permanente Magnet einen Durchmesser von etwa 50 mm und eine Höhe von etwa 15 mm besitzt. Die kleinen Abmessungen der Schleifengalvanometer treten besonders bei dem gedrungenen Aufbau der später beschriebenen Vielfachapparate, die bis zu neun Meßschleifen erhalten, in Erscheinung. Als Lichtquelle dient eine eng gewickelte Spiraldraht-Glühlampe, Durchmesser der Windungen 2,5 mm, Höhe der Windungen 4 mm, mit starkem Glühfaden, die für die Aufnahme besonders schnell verlaufender Vorgänge mit Überspannung beansprucht wird. Die Überlastung erfolgt dabei zur Schonung der Lampe selbsttätig bei der Betätigung des übrigen Schaltwerkes und nur für den Augenblick der Aufnahme. Das optische System des Oszillographen ist das im allgemeinen übliche und besteht, in der Richtung des Lichtweges aufgeführt, aus Lichtquelle, Spalt, Meßsystemspiegel, Zylinderlinse, rotierendem Spiegel oder photographischer Trommel. Zur Verkürzung des Aufbaus sind noch Prismen eingeschaltet.

Der Oszillograph der Westinghouse Co. führt den Namen „Osiso", abgeleitet aus den Worten: Oscillation instantaneous, scope, optical efficiency. Bei der Konstruktion galt als besondere Richtlinie, einen kleinen, leicht transportablen Apparat zu schaffen, welcher auch ausreichende Aufzeichnungen in der Hand eines ungeschulten Operateurs liefert, und nach Mitteilung des Verfassers unterscheidet sich der neue Apparat von den bisher bekannten hinsichtlich Einfachheit in der Bedienung und in den Abmessungen etwa wie die Rollfilm-Kodakkamera von einer alten potographischen Kamera mit nasser Photoplatte. Der „Osiso" wird in gleichen äußeren Abmessungen 16 × 26 × 22 cm mit 4 verschiedenen Einrichtungen versehen, u. zw. 1. mit einem Meßschleifen-Element, nur zur Betrachtung von Wechselstromkurven und ähnlichen elektrischen Vorgängen, 2. mit zwei Meßschleifen-Elementen, sowohl für Betrachtung wie auch für photographische Aufzeichnung, 3. mit einem Meßschleifen-Element zur Betrachtung von Schwingungsvorgängen und zur Darstellung des gesprochenen Wortes zum Unterricht und beim Lesen für Taube, 4. mit 2 Meßschleifen-Elementen zur selbsttätigen Aufnahme von Schwingungsvorgängen in Kraftmaschinen u. dgl.



a rotierender Spiegel
b Motor für *a*
c Kontakteinrichtung
e dreipoliger Schalter für 6fache Umschaltung der Meßschleife
f Klemmen zum wählbaren Anschluß der eingebauten Widerstände

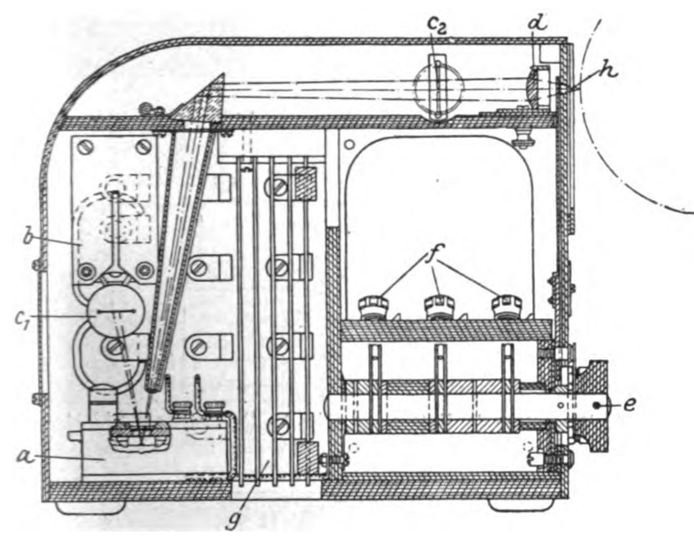
Abb. 9. Rechte Seitenansicht des „Osiso".

Abb. 9 gibt die rechte Seitenansicht und Abb. 10 den inneren Aufbau des Apparates mit einem Meßschleifen-Element. Die linke Seite des Apparates trägt ähnlich der rechten einen Klemmensatz und daneben noch die Einsatzplatte für die Glühlampe und deren Anschlußklemmen sowie eine Horizontal-Spalteinstellung zum Abblenden des Lichtzeigers. Die linksseitige Klemmenanordnung dient zur Schaltung der eingebauten Widerstände für Spannungen von 0,25 ... 250 V. Die rechtsseitige Klemmenanordnung führt zu einem Satz kleinerer Widerstände als Vor- und Nebenschlüsse für die Aufnahme von Stromkurven. Das Schleifengalvanometer ist in der Abb. 10 links unten angeordnet und in Abb. 11 in ¾ natürlicher Größe gezeigt. Die Meßschleife hat einen Widerstand von 1 Ω und gibt bei 0,12 A einen Ausschlag von 25 mm am Ende des Lichtzeigers. Der in den Abb. 8 u. 9 rechts unten sichtbare Drehschalter ist dreipolig für 6 Stellungen eingerichtet und dient zum Einschalten der Meßschleife in 6 verschiedene Stromkreise unter Benutzung der in den Apparat eingebauten und mit den Klemmsätzen schaltbaren Widerstände.

Zur gleichzeitigen Beobachtung von zwei verschiedenen Wechselströmen mit einem Schleifengalvanometer dient der in Abb. 8 an der Welle des rotierenden Spiegels sitzende Bürstenschalter, der in Übereinstimmung mit dem rotierenden Spiegel die Meßschleife abwechselnd einschaltet. Bei 60 Hz erscheint das Lichtbild noch ruhig, bei 25 Hz wird es flackernd.

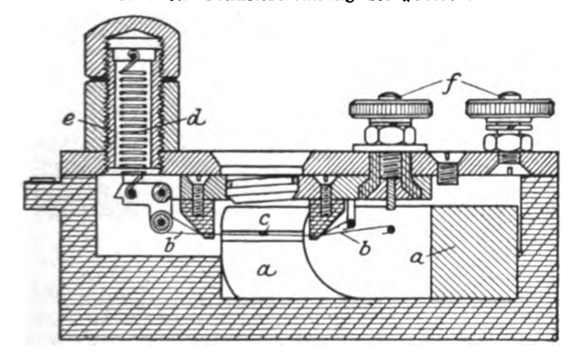
Als Lichtquellen für den „Osiso" dienen Spezial-Spirallampen für ½ und 2 A und 4 V. Diese ½ A-Lampe genügt, um bei Überlastung noch Oszillogramme aufzu-

zeichnen bei einer Filmgeschwindigkeit von 250 mm in 0,05 ... 0,1 s und bei Normalspannung für direkte Betrachtung im verdunkelten Raum. Die 2 A-Lampe also 8 W-Lampe liefert hellere und schärferen Linien als die üblichen Bogenlampen mit 15 A und 110 V. Die photographische Aufnahme erfolgt auf Filmstreifen von 8 cm Breite und entweder in einem rotierenden Filmhalter mit einer Filmlänge von 3 × 37 cm oder in einem Langfilmhalter mit einer ablaufenden Filmlänge von 1,5 oder 2,5 m. Beide Filmhalter sind für Tageslichtladung ähnlich der Ladung einer Rollfilmkamera eingerichtet und werden an das Gehäuse des „Osiso" angesetzt. Im Langfilmhalter erfolgt die Aufzeichnung über die ganze Länge ohne Unterbrechung, während im rotierenden Filmhalter die Aufnahmelänge 37 cm beträgt, die jedoch dreimal umgespannt werden kann, etwa wie beim Wechsel in der gewöhnlichen Rollfilmkassette. Der rotierende Filmhalter betätigt gleichzeitig noch selbsttätig die Einschaltung der Lampe mit Überspannung für den Augenblick der Aufnahme. Im Langfilmhalter ist die Filmgeschwindigkeit durch Zahnradübertragung herabgesetzt.



a Schleifengalvanometer
b Lampengehäuse
c1, c2 Lichtspalte
d Zylinderlinse
e dreipol. Umschalter mit 6 Stellungen
f Klemmen für e
g eingebaute Widerstände
h verstellbarer Horizontalschlitz

Abb. 10. Schnittzeichnung des „Osiso".



a Magnet (Gewicht 85 g)
b Meßschleife (Silberband 0,18 × 0,018 mm)
c Spiegel (1,7 × 0,4 × 0,1 mm)
d Spannfeder
e Aufsatz als Träger für d und zum Einfüllen von Öl zur Schleifendämpfung
f Anschlußklemmen

Abb. 11. „Osiso"-Galvanometer mit horizontaler Schleife (4/5 nat. Gr.).

Der „Osiso" mit 2 Meßschleifen besitzt die gleiche Abmessung wie der Apparat nach Abb. 8 mit einer Meßschleife. Die beiden Meßschleifen-Systeme sind im Apparat nebeneinander angeordnet und die Spiegel der beiden Systeme werden von derselben Lampe über je ein Prisma bestrahlt. Der weitere Aufbau entspricht dem Apparat mit einer Meßschleife. — Eingehend wird noch auf den einfachen Aufbau der Apparatur und des Schaltzubehörs bei Verwendung des „Osiso" für die Aufnahme der menschlichen Sprache, ferner bei der Erforschung des Erdinnern bei Explosionen, die Ermittlung von Erschütterungen oder sonstiger mechanischer Vorgänge bei Maschinen, Automobilen, Dampfturbinen u. dgl. hingewiesen.

Eine besondere Abhandlung beschäftigt sich mit dem Gebrauch des Oszillographen für die Sichtbarmachung und Aufzeichnung der Musik und der menschlichen Sprache zum Zwecke des Studiums wie auch der Ablesung durch Taube. Es werden die verschiedenen Einflüsse, die bei der bildlichen Darstellung der Sprache diese beeinflussen und in der Sprache selbst sowie in den Aufnahmeapparaten liegen, behandelt. Die für die Untersuchung erforderlichen Schaltungen werden angegeben und sehr schöne Oszillogramme über die einzelnen Sprachelemente sowie über vollständige Worte sind beigefügt. Über die Verwendung des „Osisophonoskop" (Sprachschreiber) bei der Lehrtätigkeit für taube Kinder und Erwachsene und über den erfolgreichen Gebrauch des Apparates im „Zentralinstitut für Taube" in Amerika wird berichtet.

Der Konstrukteur des „Osiso" hat sich, wie bereits einleitend betont, bemüht, den Apparat nicht nur besonders handlich zu gestalten, sondern auch die Bedienung durch geeignetes Schaltzubehör so zu vereinfachen, daß auch bei wenig geschulter Bedienung mit dem Apparat gute Aufnahmen und Vorführungen möglich sind, auch dann, wenn in rascher Folge verschiedenartige Vorgänge gezeigt werden sollen. Als Beispiel wird die Aufnahme von 6 verschiedenen Vorgängen mit besonders charakteristischen Erscheinungen in unmittelbarer Zeitfolge beschrieben, wobei lediglich die Umschaltung des „Osiso" durch Betätigung des bereits erwähnten dreipoligen Sechsfachumschalters mit 6 Stellungen erfolgt. Schaltung und Kurvenverlauf sind abgebildet und erläutert für: Anlauf eines Induktions-Motors, Laden einer Batterie mit Wechselstrom und Gleichrichter, Strom und Spannung bei verschiedener Motorbelastung, Kondensatorladung über eine Reaktanz, Musik und Sprache, Kondensatorstrom im Wechselstromkreis. (J. W. Legg, The Electric Journ. Bd. 24, S. 267, 293, 341, 397, 455.) *Schö.*

Kathodenstrahl-Oszillograph mit Lenardfenster. — M. Knoll hat Versuche unternommen, die Kathodenstrahlröhre zur Aufzeichnung von Oszillogrammen auf außerhalb der Röhre befindlichen Platten nutzbar zu machen[1]. Bei den Versuchen wurde eine Röhre ohne Vorablenkung benutzt, in die ein Lenardfenster von 10 cm Dmr. eingesetzt war, bestehend aus Aluminiumfolie von 0,011 mm Stärke mit einem Stützgitter aus 1,5 mm starkem Stahlblech. In dieses Stahlblech wurden eng aneinander Löcher von 1 mm Dmr. gebohrt, so daß die Lochflächen etwa 30 % der Schreibfläche bildeten. Das Gitter wird auf der Innenseite mit Leuchtmasse belegt, so daß die Schwingung während der Aufnahme beobachtet werden kann. Eine Steigerung der Empfindlichkeit bei noch dünneren Folien könnte nach einem Vorschlag von A. Matthias dadurch erreicht werden, daß man Platten bzw. Filme in ein vor dem Fenster gelegenes Vorvakuum einbringt. Daß die Streuung der Elektronen in der Folie bzw. die entstehende Röntgenstrahlung keinen nennenswerten Einfluß auf die Schärfe der Bilder ausübt, konnte durch Aufnahmen im Vakuum, bei denen über der Platte eine gleichstarke Aluminiumfolie lag, nachgewiesen werden. Das Verfahren erscheint u. U. geeignet, die Herstellung von der Pumpe abgeschmolzener Oszillographenröhren vorzunehmen[2]. Die Brauchbarkeit der Methode an sich wurde bisher bis zu Schreibgeschwindigkeiten von 1,4 km/s bestätigt; bis zu 4 km/s war gute subjektive Beobachtung mittels eines von außen angelegten Fluoreszenzschirmes möglich. (M. Knoll, Z. Techn. Phys. Bd. 10, S. 28.) *nkl*

Beleuchtung.

Die Ultraviolettstrahlung in mit ultraviolettdurchlässigen Scheiben verglasten Räumen. — Die steigende Verwendung der Ultraviolett- (U.V.-) Strahlung in der Strahlentherapie und die günstigen Erfolge, welche auf allen solchen Gebieten mit dieser Strahlung erzielt worden sind, bei denen es sich um die Förderung biologischer Prozesse handelt, haben auch auf glastechnischem und beleuchtungstechnischem Gebiete in den letzten Jahren zu einer großen Anzahl wichtiger Untersuchungen Anlaß gegeben. Wenn auch an dem großen Nutzen einer U.V.-Bestrahlung und damit der Wichtigkeit guter U.V.-durchlässiger Abschlußstoffe, z. B. Fensterscheiben, überall dort nicht gezweifelt werden kann, wo es sich um eine direkte Sonnenbestrahlung handelt, also beispielsweise bei der Sonne ausgesetzten Liegehallen von Krankenhäusern, bei der Tierzüchtung, bei Gewächshäusern usw., so wird die Verwendung durch eine nicht ganz einwandfreie Re-

[1] Vgl. a. ETZ 1929, S. 860.
[2] Eine von der Pumpe abgeschmolzene Lenardröhre wird a. S. 1211 dieses Heftes beschrieben.



klame oft auch da propagiert, wo der Nutzen sehr zweifelhaft erscheinen muß, wodurch derartige Stoffe aber leicht in Mißkredit gebracht werden können.

In Räumen, in denen wegen der Blendungsgefahr die sich darin aufhaltenden Personen sich nicht der direkten Sonnenstrahlung aussetzen können, z. B. Büros, Schulzimmern usw., und welche daher sehr oft nach Norden gelegen sind, kommt selbst bei U.V.-durchlässigen Fensterscheiben nur eine sehr geringe U.V.-Intensität in Frage. Eine Überschlagsrechnung ist von J. H. Clark angestellt worden. Nach seinen Messungen beträgt die Beleuchtungsstärke durch den Nordhimmel in der Mitte eines Schulzimmers nur etwa 1/40 derjenigen im Freien. Wird die Durchlässigkeit des U.V.-durchlässigen Fensterglases in dem therapeutisch wichtigen Gebiet zwischen 290 und 320 mμ zu 30 % angenommen, so ergibt sich in der Raummitte nur 1/120 der U.V.-Himmelstrahlung, und da diese nur etwa 1/5 derjenigen der Sonnenstrahlung beträgt, so verhält sich die U.V.-Strahlung der Zimmerstrahlung zu derjenigen der Sonnenstrahlung nur wie 1 : 600. Ein Aufenthalt von nur einer einzigen Minute in der Sonne im Freien würde demnach einem 10-stündigen Aufenthalt in dem mit U.V.-durchlässigen Fensterglas versehenen Raum entsprechen, wobei noch die nicht zutreffende Voraussetzung einer gleichbleibenden Sonnenstrahlung während dieser 10 Stunden gemacht ist, so daß nach Meinung des Verfassers ein nur kurzer Aufenthalt in der Mittagsonne einen viel größeren Nutzen bringt als die Verwendung solcher Fenstergläser. Wenn dieser Schluß auch berechtigt erscheinen mag, so können wir indessen heute noch nicht sagen, ob nicht etwa eine schwache, aber lange andauernde U.V.-Bestrahlung doch von Nutzen sein kann, und ob nicht durch die schwache U.V.-Bestrahlung der Zimmerluft uns heute noch unbekannte Vorgänge ausgelöst werden, welche für die Lebensvorgänge von Wichtigkeit sein können. (J. H. Clark, Science Bd. 68, S. 165.) *Schb.*

Tennisplatz-Beleuchtung. — Die Beleuchtung von Tennisplätzen während einiger Abendstunden würde die Ausnutzung der Spielflächen steigern und auch manchem Berufstätigen überhaupt erst die Möglichkeit zur Ausübung dieses Sports gewähren. Freilich muß eine solche Anlage nicht nur in spieltechnischer sondern auch in wirtschaftlicher Hinsicht befriedigend sein; diesen beiden Erfordernissen genügt offenbar die von Ing. Lingenfelser vom Osram-Lichthaus entworfene Anlage auf dem Platz der Sportlichen Vereinigung „Osram", Berlin, die am 11. VII. der Presse im Betrieb gezeigt wurde. Über dem Spielfeld sind in 8 m Höhe neun Tiefstrahler so verteilt, daß drei über dem Netz, je zwei über der Grundlinie und je einer am Auslauf aufgehängt sind. Die an der Grundlinie angebrachten Leuchten hängen 1 m hinter derselben, um zu verhindern, daß der Spieler beim Aufschlag in die Lampen sehen kann. Der Gesamtstromverbrauch der Anlage beträgt 8 kW; für Berliner Verhältnisse betragen also die Stromkosten für die Spielstunde rd. 1,75 RM. *nkl*

Bergbau und Hütte.

Rollgänge mit einzeln angetriebenen Rollen. — Die Rollen der Rollgänge werden meist durch Kegelräder angetrieben in der Weise, daß das Kegelrad jeder Rolle mit einem meistens gleichgroßen Rad auf einer neben dem Rollgang laufenden, alle Rollen antreibenden Welle im Eingriff steht. Die dadurch auftretenden axialen Drücke wirken ungünstig auf die Lagerung ein; ferner ist der Verschleiß in Kegelradgetrieben hoch, und bei auftretenden Stößen durch das Walzgut ergeben sich hohe Beanspruchungen der Zähne und Lagerstellen. Ein weiterer Nachteil ist die meist mangelhafte Schmierung. Aus diesem Grunde hat die Demag, Duisburg, einen elektrischen Einzelantrieb ausgeführt, bei welchem sich die Rolle um eine feststehende Achse *b* (Abb. 12) dreht. Auf dem einen Ende der Achse sitzt das Lagerstück *c*, das mit einer Bohrung für den halsartigen Teil *e* des Motors *f* versehen ist, um den letzteren nach dem Einschieben durch zwei Klappschrauben *g* befestigen zu können. Der Antrieb der Rolle erfolgt durch ein Zahnradvorgelege mit Eisenverzahnung, das in der mit Fett gefüllten Ringkammer *h* läuft. Das etwa durch die Labyrinthdichtungen austretende Fett wird aus einer zweiten Kammer *i* ersetzt, die durch enge Kanäle und einen Ringspalt mit der äußeren Kammer *h* und der inneren Kammer *k* für die Schmierung des Rollenlagers in Verbindung steht; der Schmierstopfen *l* dient zur Nachfüllung von Fett. Das Lager auf der anderen Rollenseite besitzt die Ringkammer *m*, die durch den Stopfen *n* nachgefüllt wird. Abb. 13 zeigt eine Wippe mit Elektrorollen zum Vorgerüst eines Drahtwalzwerks.

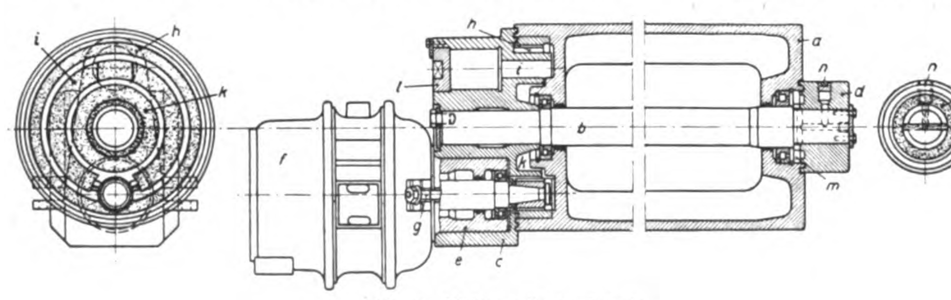


Abb. 12. Elektrorolle im Schnitt.

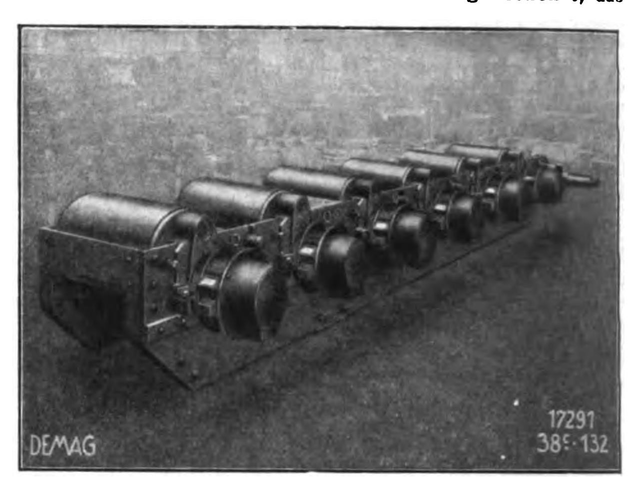
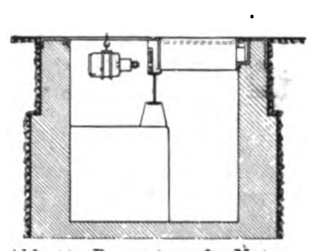
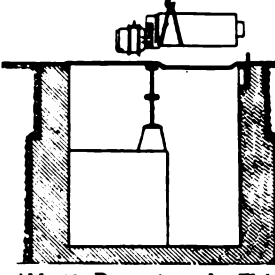


Abb. 13. Wippe mit Elektrorollen.


Abb. 14. Demontage des Motors.


Abb. 15. Demontage der Elektrorolle.

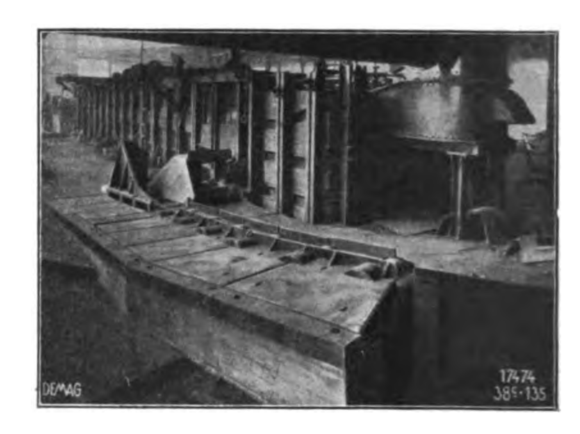


Abb. 16. Rollgangskurve.

Im Gegensatz zur alten Rollgangsbauart bietet der elektrische Einzelantrieb den Vorteil größerer Einfachheit, Betriebsicherheit und Sauberkeit. Etwaige Stöße werden ohne Gefahr von Brüchen aufgefangen, da die Masse der beweglichen Teile des Antriebes gering ist und der Motorläufer ohne Gefahr für den Betrieb vor- oder nachzueilen vermag. Als Motor wird im allgemeinen ein einfacher Kurzschlußläufer mit üblicher Drehzahl verwendet; durch seine seitliche Anordnung ist er gegen die Wärme des Walzgutes geschützt. Die Leistung des Motors für den in Abb. 12 dargestellten Antrieb beträgt 1,5 PS. Wie Abb. 14 und 15 erkennen lassen, ist die Auswechselung des Motors bzw. der Rolle leicht vorzunehmen. Abb. 16 zeigt einen an einen Ofen angeschlossenen Rollgang, dessen Rollen zwar der hohen Temperatur der aus dem Ofen kommenden glühenden Blöcke ausgesetzt sind, der Motor durch seine seitliche Anordnung aber dagegen geschützt ist. Auch erkennt man, daß Verlegung der Rollen in Kurven und, wie aus Abb. 17 ersichtlich, ein Ansteigen möglich ist, so daß die Rollgänge sogar übereinander montiert werden können. (Demag-Nachr. Bd. 3, S. 44) *Ka.*

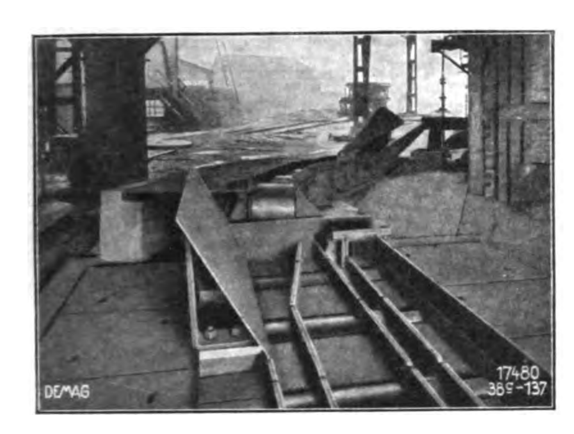


Abb. 17. Übereinander verlegte Rollgänge.

Bahnen und Fahrzeuge.

Dieselmaschinen für Bahnbetrieb. — Im Vergleich mit der Dampfmaschine sind die hauptsächlichen Mängel des Dieselmotors: er bedarf zum Anlauf einer fremden Kraft, seine Zugkraft ist abhängig von der Drehzahl, nur bei voller Drehzahl entwickelt er die volle Kraft; es fehlt die natürliche Anpassung an das Anfahren mit wechselnder Nutzlast, Beschleunigung und Steigungen.

Bei einem Vergleich der verschiedenen Kraftübertragungssysteme vom Dieselmotor auf die Laufräder steht das dieselelektrische System an erster Stelle. Der Dieselmotor treibt stets mit voller Drehzahl einen Generator, der seinerseits nach Bedarf geregelt wird und den Strom für elektrische Triebmotoren liefert. Man hat, um an Gewicht und Kosten zu sparen, an Stelle des elektrischen Generators eine Ölpumpe und an Stelle der elektrischen Triebmotoren Ölmotoren gesetzt. Die in Österreich und Deutschland vorliegenden Ausführungen lassen es fraglich erscheinen, ob Leistungen von mehr als 300 PS mit diesem System zu bewältigen sind. Ein Versuch für Südamerika mit 600 PS ist im Gange. Vom Dieselmotor erzeugte Druckluft, welche normalen Lokomotiv-Zylindern zugeführt wird, ergibt zu große Umsetzungsverluste. Günstiger wird die Sache, wenn man der erzeugten Druckluft vor ihrer Arbeitsleistung die in den Abgasen des Dieselmotors enthaltene Wärme zuführt.

Die Kitson-Still-Maschine vereinigt Dampf- und Dieselbetrieb. Der in einem ölgefeuerten Kessel erzeugte Dampf dient zum Anfahren und als Zusatzkraft. Das Kesselwasser durchströmt auch die Zylindermäntel des Dieselmotors. Bei voller Fahrt heizen die Abgase des Dieselmotors den Dampfkessel. Theoretisch ergibt diese Kombination eine gute Brennstoffausnutzung, der jedoch eine bedenklich verwickelte Einrichtung gegenübersteht. Mehr Interesse beansprucht das System mit Kupplungs- und Zahnradgetriebe. Die unmittelbare Nachahmung der verschiedenen „Gänge" beim Automobil ist jedoch wegen der ungleich größeren Massenkräfte nicht möglich. Grundsatz ist der konstante Eingriff aller zusammengehörigen Räderpaare. Verschiebbare Klauen oder Reibungskupplungen sorgen für das Übergehen von Gang zu Gang. Reibungskupplungen sind vorzusehen, weil sie die schädlichen Stoß- und Mahlwirkungen besser unterdrücken. Die Russische Staatsbahn und die Boston- und Maine-Bahn haben solche Lokomotiven in Auftrag gegeben. Hierbei hat man die Kegelräder unmittelbar an die Kurbelwelle des Dieselmotors gelegt, um sie mit hoher Drehzahl und geringer Umfangskraft laufen lassen zu können. Die Wellen des Stufengetriebes liegen parallel zu den Laufachsen des Fahrzeugs. Die Friktionsscheiben der einzelnen Stufen sind auf kurzen Wellenstümpfen montiert und daher leicht auswechselbar. Die an den Friktionsscheiben auftretende Reibungswärme ist gleich dem Unterschied der lebendigen Kraft von einem stationären Zustand zum anderen. Die Wärme ist zu groß, als daß jede einzelne Friktionskupplung groß genug bemessen werden könnte, um sie gefahrlos aufzunehmen. Man hat daher außerdem eine Hauptkupplung eingeführt, welche diese Aufgabe zu erfüllen hat und entsprechend bemessen ist. Trotz allem verlangt das Manövrieren mit der Getriebelokomotive eine große Geschicklichkeit.

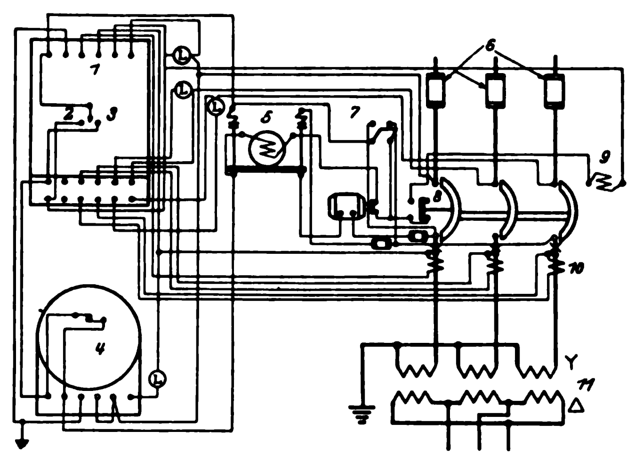
Die Diesellokomotive liegt im Anschaffungspreis hoch, im Brennstoffverbrauch niedrig. Sie macht sich nur dort bezahlt, wo sie möglichst im Dauerbetrieb arbeiten kann. Eine Reihe von Anwendungsgebieten wird ihr zufallen, welche zwischen dem Dampfbetrieb und dem elektrischen Betrieb liegen. Als Nachteil wird es immer empfunden werden, daß die Zugkraftlinie, abhängig von der Geschwindigkeit, eine absatzweise gestufte und nicht eine kontinuierliche ist, wie bei der Dampfmaschine und beim Elektromotor.

Anfang 1928 war in den V. S. Amerika als größter Diesel-Bahnmotor ein solcher von 3000 PS in Erprobung. — Gegenüber einer Dampflokomotive, welche 60 ... 70 kg/PS wiegt, ist man bei Diesellokomotiven bisher nicht unter 80 kg/PS heruntergekommen und hält sogar 90 kg/PS für zulässig. — Der Preis von 100 ... 200 $/PS bei der Diesellokomotive gegen 75 $/PS bei Dampflokomotiven erscheint sehr hoch. — Auf der Boston- und Maine-Bahn glaubt man im Betriebe mit 40 Pf/km auszukommen, bei 90 ... 92 % Getriebewirkungsgrad bis zu den Treibrädern.

Das Motorgewicht allein hat man im Laufe der Zeit von 25 auf etwa 10 kg/PS ermäßigt. Weiteres Herabdrücken erscheint unwirtschaftlich. Dagegen sollte man das Gewicht des Fahrzeugs verringern, indem der Lokomotivrahmen mit Hauptteilen des Motors konstruktiv zu einer Einheit gemacht wird. In diesem Bestreben wetteifern deutsche und amerikanische Fabriken. (D. L. Bacon, Railway Age Bd. 84, S. 635.) *Sdm.*

Apparate.

Die neue Form der selbsttätigen Netzschutzrelais. — Es handelt sich um Einrichtungen zum Betriebe von Transformatoren, die vermaschte Niederspannungstadtnetze speisen. Der Betrieb von Transformatoren, die primär und sekundär über das Netz parallel geschaltet sind, hat viele Vorteile, bringt jedoch, wenn ein Fehler im Netz vorliegt, mancherlei Komplikationen. Ein guter Betrieb eines



1 Netzkupplungsrelais	4 Phasenrelais	8 Hilfskontakt
2 Auslösen	5 Endkontakte	9 Auslösespule
3 Schließen	6 Sicherungen	10 Stromwandler
	7 Prüfschalter	11 Leistungstransformator

Abb. 18. Netzkupplungschalter mit Motorantrieb für Vierleiter-Drehstromsystem in Sternschaltung.



so geschalteten Netzes verlangt die Entwicklung einer Automatik für den Schutz wie auch für die Schalter solcher Transformatoren. Was man von solchen Apparaten verlangt, ist etwa folgendes: Sie sollen die Transformatoren vom Netz abtrennen, wenn eine Rückleistung eintritt, auch dann, wenn diese nur die Größe der Magnetisierungsleistung des Transformators hat. Die Schalter dürfen nicht öffnen, wenn die Energierichtung die richtige ist; wenn die Schalter geöffnet haben, sollen sie sich auch selbsttätig wieder schließen, wenn die Phasenlage und die Spannung derart sind, daß die Energie wieder in das Netz hineinfließen würde.

Während die Apparate ursprünglich für Vierleiter-Drehstromnetze für 60 Hz mit geerdetem Nullpunkt im Primärnetz und sterngeschaltetem Sekundärnetz gebaut waren, können sie bei nur geringer Umänderung für dreieckgeschaltete Sekundärnetze verwendet werden, wobei der Mittelpunkt einer Phase geerdet ist. Ebenso können sie für ungeerdete, in Stern geschaltete Netze, wie auch für 50 Hz-Netze verwendet werden. Abb. 18 zeigt eine der spezifischen Schaltungen. Der ganze Apparat ist auf einer Hartgummiasbesttafel montiert, die Relais und Kontrollapparate auf einer drehbaren Platte vor dem Schalter. Der Schalter selbst hat eine besondere Konstruktion, um ihn der durch die Einkapselung bedingten höheren Temperatur anzupassen. Die üblichen Kupferbürsten-Druckkontakte wurden nicht verwendet, sondern Silberplattenkontakte, die unter besonders hohem Druck stehen. Es wurden Schalter für 500, 800, 1200 A bei 220 V gebaut. Bei der Kurzschlußprüfung wurde bis 25 000 A, 220 V gegangen. Mit Normalstrom wurde 500mal im Abstand von 1 min geschaltet. Das Gehäuse ist wasserdicht gebaut bis rd. 4,5 at. Die Schalterkontakte haben Abbrennkontakte aus Kupfer; Löschkammern oder Magnetgebläse sind vermieden, der Antriebsmechanismus hat Freiauslösung. Das Anwenden von Silberkontakten reduziert die Abmessungen und das Gewicht des Schalters, was an vielen Einbaustellen angenehm ist. Da Silberoxyde bessere Leiter sind als Kupferoxyde, brauchen die Schalter nicht so oft gereinigt zu werden, doch muß jede übermäßige Ansammlung von Schmutz vermieden werden.

Der Schalter kann vom Netz und vom Transformator abgetrennt werden, ohne die Kabel abzunehmen. In den Apparat sind Zinksicherungen eingebaut, weil diese bei geringerer Temperatur schmelzen als Kupfersicherungen und näher an der Nennstromstärke ansprechen. Außerdem geben sie beim Ausblasen weniger Ursache zu Störungen. Die Schalter selbst können Motor- oder Magnetantrieb haben. Die Auslösung kann eine Nebenschluß- oder Unterspannungsauslösung sein. Die Unterspannungsauslösung ist da vorzuziehen, wo kurze Spannungsenken im Netz unter 15 % der Normalspannung nicht vorkommen, da bei einer Nullspannungsauslösung die Einrichtung immer auslöst, wenn ein Rückstromkurzschluß vorkommt, mögen die Spannungsverhältnisse sein wie sie wollen. Wo jedoch solche Spannungsenken bis 15 % Nennspannung oder gar bis Null herab vorkommen, ist die Stromauslösung vorzuziehen, weil die Schalter dann eingeschaltet bleiben. Die beste Anordnung ist die, bei der die beiden Auslösearten je zur Hälfte im Netz eingebaut werden, weil die Unterspannungsauslösung auf jeden Fall bei einem Fehler im Speisekabel ausschaltet. Ob Motorantrieb oder Magnetantrieb verwendet wird, ist Geschmacksache. Es ist zwar richtig, daß der Motorantrieb komplizierter ist, anderseits arbeitet er doch aber weicher und braucht nicht so viel Strom. Es folgt nun eine genaue Beschreibung des Antriebes. Die Relaisanordnung besteht aus einem 3poligen Hauptrelais und einem zweiten Relais zum Bestimmen der Phasenlage. Letzteres Relais verhindert auch gleichzeitig das Pumpen des Schalters. Außerdem ist eine Prüfeinrichtung vorgesehen, die sehr einfach zu bedienen ist; ihre nähere Beschreibung erübrigt sich. Ferner befindet sich im Apparat noch eine Zählvorrichtung, die die Zahl der Auslösungen festlegt.

Die ganze Einrichtung, umfassend Relais, Schalter, Sicherungen und Prüfeinrichtung, ist kompendiös und schwer gebaut, der Deckel kann nach beiden Seiten geöffnet werden und trägt zwei Schaugläser. Er kann noch durch ein Mauerloch von rd. 90 cm Dmr. in unterirdische Stationen eingebracht werden. Die Herstellung solcher Schalter befriedigt sicher viele Bedürfnisse des Betriebes vermaschter Verteilungsnetze und dürfte sich auch bald in Deutschland einführen. Nach anderen Aufsätzen über solche Schalter scheinen sie in Amerika schon in größerer Stückzahl in befriedigendem Betriebe zu sein. Über die Bauweise und Theorie selbst soll in Kürze berichtet werden. (G. Grissinger, The Electric Journ. Bd. 24, S. 583.) *M. Schl.*

Fernmeldetechnik.

Das neue Fernamt Berlin[1]. — Die Unzulänglichkeit der Räume und der technischen Einrichtung für den Fernbetrieb im alten Fernamt in der Französischen Straße in Berlin stellte die Deutsche Reichspost schon bald nach dem Kriege vor die Aufgabe, ein neues Fernamt einzurichten. Dabei war Wert darauf zu legen, daß die Einrichtung den Verkehrszuwachs für etwa 20 Jahre aufnehmen konnte. Da zur Zeit der Planung der neuen Fernamtseinrichtung etwa 600 Fernleitungen im Fernamt amtendigend betrieben wurden, kam in Frage, Räume mit einer Aufnahmefähigkeit für etwa 3000 ... 4000 Leitungen bereitzustellen. Die Ermittlungen wegen geeigneter Unterbringung des vergrößerten Fernamts führten zu dem Erwerb des Grundstücks Winterfeldtstraße 28/30, auf dem unter sorgfältiger und vorausschauender Berücksichtigung aller Bedürfnisse des Fernbetriebs ein neues, eigenes Fernamtsgebäude errichtet wurde. Das Gebäude ist nach den Entwürfen von Baurat Dr. Kuhlow und unter seiner Leitung hergestellt. Die technischen Einrichtungen des neuen Fernamts stammen von der Firma Zwietusch & Co. und der Firma Siemens & Halske A.G. Der Betrieb in den neuen Räumen ist am 18. V. 1929 aufgenommen worden.

In dem Gebäude sind 12 große Betriebsäle vorgesehen, von denen einer für das Meldeamt, drei für den Fernverkehr, einer für den Schnellverkehr und einer für die Betriebsüberwachung in Benutzung genommen sind. Sechs Säle, die später zur Fernamtserweiterung dienen sollen, sind zur Zeit dem Postscheckamt zur Verfügung gestellt. Die Säle gehen durch zwei Stockwerke hindurch. In der Höhe der zwischenliegenden Geschosse sind Emporen angebracht, die in sehr zweckmäßiger Weise zur Aufnahme solcher technischen Einrichtungen und Dienststellen dienen, die nicht am eigentlichen Ferndienst teilnehmen aber in unmittelbarer Verbindung mit ihm stehen, wie Rohrposten, Verteilerstellen, Auskunftstellen, Klinkenumschalter, Meßeinrichtungen usw. In jedem der drei vorerst in Betrieb genommenen Fernsäle sind 190 Tages- und 38 Sammelplätze beschaltbar. Die Arbeitsplätze sind einfache Tische, die, soweit es Tagesplätze sind, keine Klinken und Stöpsel sondern nur Tasten haben. Jede Fernleitung führt über die Kontakte von sechs Tasten, über Anrufzeichen zu einem Schalter zum Anschalten der Sprechgarnitur. Die Fernvermittlungsleitungen und die Fernvermittlungsplätze bei den Ortsämtern werden von dem Arbeitsplatz über Wähler erreicht und ebenfalls über Tasten angeschaltet, u. zw. hat jeder Arbeitsplatz sechs Ausgangsmöglichkeiten. Durch Druck der entsprechenden Taste wird die Verbindung zwischen Fernvermittlungsleitung und Fernleitung hergestellt.

Die Leitungen, in denen die Teilnehmer die Ferngespräche anmelden, führen von den Ortsämtern über Vorwähler und Mischwähler zu den Meldeplätzen des Fernamts, so daß beim Stöpseln der Leitung im Ortsamt der Teilnehmer einen freien Meldeplatz erreicht. Die Meldeplätze sind an Tischen untergebracht, die nur eine Anruflampe, einen Abfrageschalter und eine Freimeldetaste enthalten. Anrufe, die über die Wähler keinen freien Arbeitsplatz erreichen können, laufen auf ein Wartefeld auf, das durch Aufleuchten der Lampen anzeigt, daß mehr Anrufe eingehen als Arbeitsplätze frei sind. Beim Freiwerden eines Arbeitsplatzes werden die im Wartefeld stehenden Anrufe selbsttätig auf den Arbeitsplatz geschaltet. Um erkennen zu können, ob noch Wählerausgänge frei sind, ist an die ersten Gruppenwähler des Meldeamts ein Stromzeiger angeschlossen, der anzeigt, wieviel Wähler besetzt sind. Ein zweiter Stromzeiger zeigt an, wieviel Arbeitsplätze eingeschaltet sind. Aus dem Unterschied der Anzeigen beider Instrumente kann ersehen werden, ob es erforderlich ist, mehr Plätze im Meldeamt in Betrieb zu nehmen. Die an den Meldeplätzen aufgenommenen Gesprächsanmeldeblätter werden durch eine Bandpost (rollendes Band) zu einem Verteilerplatz auf der Empore des Meldesaals geführt. Hier werden die Zettel durch Beamtinnen in Saugluft-Rohrpostrohren nach den betreffenden Fernsälen verschickt.

Die über Berlin weitergehenden Fernverbindungen werden mit Hilfe besonderer Durchgangschränke ausgeführt. Eingerichtet sind zur Zeit sechs Durchgangsschränke mit 90 Schnurverstärkern und ein Durchgangsschrank für unverstärkten Verkehr. Der Durchgangsschrank für verstärkten Verkehr hat eine Einheitsschnur

[1] Ein ausführlicher Bericht über das alte und neue Fernamt erscheint demnächst in der ETZ (Wiedergabe des Vortrags von Helmdach im Elektrotechnischen Verein).



erhalten, die es ermöglicht, Zweidraht- und Zweidrahtleitungen, Zweidraht- und Vierdrahtleitungen sowie Vierdraht- und Vierdrahtleitungen mit derselben Schnur zu verbinden. Das Schnurpaar enthält Verlängerungsleitungen und Dämpfungsglieder, Schnurverstärker und Übertrager, die je nach der Verbindungsart selbsttätig ein- oder ausgeschaltet werden. Das Vielfachfeld der Durchgangsschränke faßt 1200 Fernleitungen, von denen zur Zeit 600 beschaltet sind, u. zw. hat jede Fernleitung zwei Klinken und ein Besetztzeichen. Das Besetztzeichen gibt an, ob die Leitung am Fernplatz durch ein Gespräch am Ort besetzt ist; durch Antippen der Klinke erhält die Durchgangsbeamtin ein akustisches Zeichen, ob die Leitung fernbesetzt ist oder eine Verbindung in Vorbereitung liegt. Die Platzbeamtin am Fernplatz erhält an einer Besetztlampe, die jeder Fernleitung zugeordnet ist, durch Flackern der Lampe ein Zeichen, daß die Fernleitung zu einem Durchgangsgespräch benötigt wird. Das Flackerzeichen geht in ruhiges Leuchten über, wenn die Leitung für die Durchgangsverbindung durchgeschaltet ist. Die Durchgangsplatzbeamtin wird vom Fernplatz aus über eine Fernvermittlungstaste angewählt und erfährt beim Abfragen von der Fernplatzbeamtin die Klinkennummern der zu verbindenden Leitungen. Sie prüft die Klinken dieser Leitungen auf Besetzt- oder Freisein, gibt der Fernplatzbeamtin Bescheid und stellt danach die Verbindung her. Wenn die beiden Fernleitungen für die Durchgangsverbindung an den Abtrennrelais durchgeschaltet werden, erhält die Durchgangsplatzbeamtin ein Flackerzeichen, das sie zum Regeln des Verstärkers auffordert. Nach Einregeln des Verstärkers erlischt dieses Zeichen und leuchtet erst auf, wenn die Beamtin am Fernplatz durch Druck einer besonderen Flackertaste die Durchgangsbeamtin auffordert, in die Verbindung einzutreten und nachzuregeln.

Das Verstärkeramt enthält 160 Vierdrahtverstärker und 60 Zweidrahtverstärker für die über Berlin weitergeführten Kabelleitungen und für die Vierdrahtleitungen. An Meßeinrichtungen sind vorgesehen: Vier Gleichstrommeßstellen, acht Wechselstrommeßschränke. Die Wechselstrommeßschränke sind eingerichtet zur Messung von Betriebsdämpfungen, zur Pegelmessung, Messung des Pfeifpunktes, Messung des Nebensprechens und Geräuschmessungen. Die Messungen können an allen Schränken mit verschiedenen Frequenzen ausgeführt werden. An den Gleichstrommeßstellen sind Universalmeßinstrumente für Widerstandsmessungen und Gleichgewichtsprüfungen sowie Eichleitungen für Dämpfungsprüfungen vorgesehen. Die Fernvermittlungsleitungen werden an einem besonderen Prüfschrank mit Eichleitung auf Dämpfung gemessen.

Der zum Betriebe der Wähler, Lampen, Verstärker usw. benötigte Gleichstrom wird verschiedenen Sammlerbatterien entnommen. Es sind aufgestellt zwei 12 V-Batterien mit je 8350 Ah Kapazität als Heizbatterien für die Verstärker. Zwei 24 V-Batterien mit 1440 Ah als ZB für Mikrophone und Lampensignale, zwei 60 V-Batterien mit 6256 Ah für den Betrieb der Wähler, zwei Batterien mit 230 V und 218 Ah als Anodenbatterie der Verstärker, außerdem noch zahlreiche kleine Sammler für Meß-, Prüf- und Telegraphierzwecke. Zum Laden dieser Sammler dienen sechs Drehstrom-Gleichstromumformer verschiedener Leistung, ein Quecksilberdampf-Gleichrichter und ein Drehstromumformer für Anodenstrom. Der Drehstrom wird geliefert aus einer Turbine des Kraftwerks; als Ersatz dient der Strom des Städtischen Netzes, der mit 6000 V in das Gebäude eingeführt und über Transformatoren abgenommen wird.

Für das zahlreiche Personal, das in dem Gebäude tätig ist, stehen Erholungsräume mit einfacher aber ansprechender Ausstattung, ein Turnsaal für gymnastische Übungen, Dachgärten zum Ergehen oder Ruhen in frischer Luft und eine Brausebadanlage zur Verfügung. Erfrischungsräume mit vorgelagertem Dachgarten und sehr gut ausgestatteter Kücheneinrichtung, deren Kessel auch durch Abdampf vom Kraftwerk aus gespeist werden, ermöglichen dem Personal die Einnahme mitgebrachter oder im Amt hergestellter Mahlzeiten. Ferner ist in jedem Geschoß, in dem Betriebsäle untergebracht sind, ein Krankenzimmer eingerichtet, außerdem im sechsten Geschoß zwei besondere, größer eingerichtete Krankenzimmer mit Badeanlage und etwa zehn Betten. Der Krankenversorgungsdienst wird durch zwei im Krankenpflegedienst ausgebildete Krankenschwestern wahrgenommen.

Im Fernamt münden acht Fernkabel mit insgesamt rd. 2000 Sprechkreisen. Betrieben werden im Amt etwa 1100 amtendigende Fernleitungen, durchgeführt sind 40 Fern-Durchgangsleitungen und 44 an Private vermietete Fernverbindungen. An Fernvermittlungsleitungen sind vorhanden 3000, an Meldeleitungen 500 und an Schnellverkehrsleitungen 100. Ausgeführt werden im Monat

ankommend	820 000	Ferngespräche.
abgehend	650 000	„
im Durchgang . . .	90 000	„

Die Zahl der Schnellverkehrsgespräche beträgt im Monat rd. 500 000. Das Personal besteht aus rd. 1500 weiblichen und 200 männlichen Kräften. (Helmdach, Europ. Fernspr. 1929, S. 143.) *Bkm.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Schwingungen mit linearem Spannungsverlauf. — Schaltungen zur Erzeugung von Schwingungen mit linearem Spannungsverlauf beruhen fast stets auf der Aufladung eines Kondensators mit dem Sättigungsstrom einer Ventilröhre. Die in Abb. 19 gezeigte

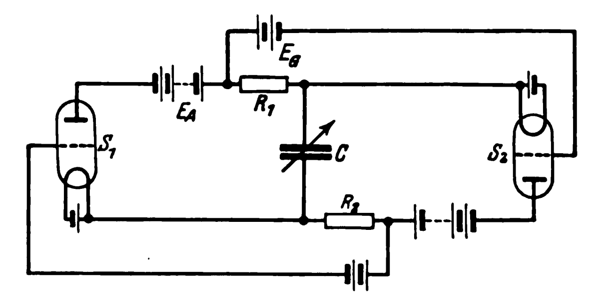


Abb. 19. Schaltung zur Erzeugung linearer Schwingungen.

Schaltung arbeitet ebenfalls nach diesem Grundprinzip, besitzt aber das wesentliche Merkmal, daß sie eine freie Schwingung vom Charakter der Kippschwingungen darstellt. Die Verstärkerröhren S_1 und S_2 laden und entladen abwechselnd den Kondensator C. Die Umsteuerung erfolgt durch den Ladestrom selbst, indem durch den Spannungsabfall an den Widerständen R_1 bzw. R_2 die Gitter der Röhren abwechselnd negativ gemacht werden. An Hand eines Oszillogramms werden der Verlauf des Emissionsstromes der einen Röhre und die erzielte Dreieckschwingung am Kondensator gezeigt. Die Frequenz der Schwingung ist durch Veränderung des Drehkondensators C frei einstellbar und gibt bis 100 000 Hz noch einen gut linearen Schwingungsverlauf. (G. Frühauf, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 471.)

Einfache Lenardröhre. — Die Lenardröhre, die das Austreten von Kathodenstrahlen aus der evakuierten Röhre in den freien Luftraum gestattet, besitzt bekanntlich zu diesem Zweck ein „Fenster" aus dünner Metallfolie. Die Röhren sind kostspielig und empfindlich, das Arbeiten mit ihnen verlangt besondere Erfahrungen und Vorrichtungen. Es sei hier z. B an die leistungsfähige Neukonstruktion von Coolidge[1] erinnert. Die Westinghouse Lamp Company, Bloomfield, N. Y., stellt nun neuerdings eine Röhre her, die von C. M. Slack angegeben wurde; sie ist billig, widerstandsfähig, kann mit einer gewöhnlichen Röntgenausrüstung betrieben werden und benötigt keine Luftpumpe. Das Fenster der neuen Röhre besteht aus dünnem Glas (< 12,7 µ), es vermag dank seiner Formgebung ohne weitere Versteifung die auftretende Beanspruchung auszuhalten. Die Herstellung geschieht derart, daß der Glasbläser ein Kölbchen aus dünnem Spezialglas an seinem Ende hoch erhitzt, kurz die Luft ansaugt und dadurch eine halbkugelige Vorwölbung des Glases nach innen bewirkt. Dieser Kolben wird sodann an eine größere, mit Elektroden ausgerüstete Röhre angeschmolzen, das Ganze wird evakuiert und abgeschmolzen. Die Westinghouse Lamp Cy. hat derartige Röhren einer Reihe von Physikern und Chemikern für ihre Untersuchungen und die Erprobung der Röhre zur Verfügung gestellt. (Westinghouse Techn. Press Service, Nr. A—8691.) *Wi.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Kesselspeisewasserreinigung. — Der Geschäftsbericht 1928 des Württembergischen Revisions-Vereins enthält u. a. Mitteilungen über die sachgemäße Aufbereitung des Kesselspeisewassers. Es wird darauf hingewiesen, daß in der richtigen und gewissenhaften Ausführung der einfachen Prüfungen des gereinigten Wassers auf Härte und

[1] Lübeke, ETZ 1927, S. 686.

Alkalität die ganze Kunst der Wasserreinigung liege. Auch im kleinsten Betriebe sei es möglich, die zum sachgemäßen Betrieb einer Wasserreinigung unerläßlichen Untersuchungen selbst auszuführen. An selbsttätige Reiniger, die mit Zusätzen von Chemikalien, sei es nun Kalk und Soda oder Soda allein, etwa mit Rückführung von Kesselwasser in den Wasserreiniger arbeiten, seien folgende Forderungen zu stellen:

1. Der Fassungsraum des Misch- und Klärbehälters soll mindestens das Doppelte des stündlichen Bedarfs an Speisewasser betragen.

2. Die Durchflußgeschwindigkeit durch den als voll angenommenen Querschnitt des Misch- und Klärbehälters soll kleiner als 1 mm/s sein. Bei Neuanlagen sollte die Durchflußgeschwindigkeit nicht größer als 0,5 mm/s bemessen werden, bei kalter Reinigung aber höchstens 0,3 mm/s betragen.

3. Der obere Durchmesser des Kalksättigers muß so gewählt werden, daß die Abflußgeschwindigkeit des Kalkwassers, bezogen auf die größte erforderliche Kalkwassermenge und die Oberfläche des Wasserspiegels im Kalksättiger, nicht mehr als 0,1 mm/s beträgt. Wenn in den Kalk-Soda-Reiniger gleichzeitig auch ein Teil des Kesselwassers zurückgeführt wird, kann der Kalksättiger entsprechend dem Gehalt des rückgeführten Kesselwassers an Ätzalkalien kleiner bemessen werden. Ein Kalksättiger ist überflüssig, wenn der Gehalt eines Rohwassers an Karbonathärte, Magnesia und freier Kohlensäure nicht zu hoch und die Nichtkarbonat-Härtebildner nicht in allzu großen Mengen vorhanden seien. In solchen Fällen genügt die Wasserreinigung bzw. Enthärtung nur durch Zusatz von Soda sowie durch Rückführung von Kesselwasser in den Wasserreiniger.

4. Die Filter werden am besten außerhalb des Wasserreinigers als Kiesfilter angeordnet und mit einer Einrichtung zur mechanischen Auswaschung und Spülung versehen, damit jederzeit eine Filterreinigung ohne Unterbrechung der Wasserreinigung möglich ist. *Ka.*

Verschiedenes.

Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft. — Wie bekannt, droht der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft die Verkürzung der ihr bisher vom Reiche gewährten Mittel um 1 Mill RM infolge der wegen der ungünstigen Geldlage des Reiches in Aussicht genommenen Sparmaßnahmen. Wenn auch die allergrößte Sparsamkeit bei den öffentlichen Mitteln in der jetzigen Lage unbedingt erforderlich ist, so sollten doch die für die Zwecke der Wissenschaft vorgesehenen, ohnehin viel zu knappen Mittel nicht noch weiter eingeschränkt werden. Die durch eine Verkümmerung der Wissenschaft für das Volksganze entstehenden Nachteile wiegen unvergleichlich viel schwerer, als die durch die beabsichtigte Einsparung von Forschungsmitteln erreichte verhältnismäßig recht geringe Entlastung des Reichshaushalts. Von solchen Gedankengängen ausgehend hat die Preußische Akademie der Wissenschaften der Reichsregierung und dem Reichstage die folgende Denkschrift übermittelt; die übrigen deutschen Akademien haben gleichlautende oder ähnliche Kundgebungen beschlossen. Erklärungen der Zustimmung zu dem Vorgehen der Akademien können sowohl von Einzelpersonen als auch von wissenschaftlichen Vereinigungen an das Büro der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Berlin NW 7, Unter den Linden 38, gerichtet werden. Die Notgemeinschaft hat auch die technische Forschung in erheblichem Umfang unterstützt. Der Schritt der Akademien kann daher von seiten der Technik auf volle Zustimmung rechnen.

Denkschrift der Preußischen Akademie der Wissenschaften.

Als mit dem Ausgang des Weltkrieges zugleich die Vernichtung unserer Währung über uns hereinbrach und in der furchtbaren Zeit der Inflation alle schöpferische Betätigung unseres Volkes mit dem Erstickungstode bedroht erschien, ist es der deutschen Wissenschaft gelungen, durch Gründung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft im Jahre 1921 ihre Leistungsfähigkeit und Schaffenskraft lebendig zu erhalten und andauernd weiter zu steigern. Über alle Schranken der Gliedstaaten und über alle Gegensätze sei es der Parteien, sei es der Sonderinteressen hinweg hat die Notgemeinschaft alle wissenschaftlichen Forscher unseres gesamten Volkes, welchem Einzelgebiet ihre Arbeit auch angehören mag, zu tatkräftiger Zusammenarbeit zusammengeschlossen und hat fortdauernd nicht nur durch Beschaffung der unentbehrlichen Arbeitsmittel und durch Druckunterstützung die erfolgreiche Fortführung der Arbeit der einzelnen Gelehrten und Institute ermöglicht, sondern alsbald auch die großen Gesamtaufgaben, die überall gestellt sind, angreifen und ihre Bearbeitung in die Wege leiten und unterstützen können. Die Organisation beruht durchweg auf dem Grundsatz der Selbstverwaltung und der freiwilligen Mitarbeit aller als führend anerkannten Persönlichkeiten. Die Neuwahlen der Fachausschüsse, die in diesem Januar stattgefunden haben und bei denen über 4500 Stimmen abgegeben worden sind — darunter 998 von Gelehrten, die nicht einer der Hochschulen oder Akademien angehören — haben erwiesen, daß diese Organisation allgemein als sachentsprechend und leistungsfähig anerkannt ist und sind dadurch, daß nahezu alle bisherigen Fachvertreter in geheimer Wahl mit weit überwiegender Majorität wiedergewählt sind, zugleich zu einem glänzenden Vertrauensvotum für diese geworden.

Welche Bedeutung der deutschen Wissenschaft für die Erhaltung des geistigen Lebens und der Schaffenskraft Deutschlands und seine Stellung im Wettbewerb der Nationen zukommt, ist in allen Schichten unseres Volkes anerkannt und ganz lebendig. Tief empfundene Dankbarkeit schulden wir den Kultusministerien und Finanzverwaltungen der Länder, die auch in der schwersten Zeit überall geholfen haben, soweit ihre durch die politische und wirtschaftliche Lage nur zu sehr beschränkten Mittel es irgend gestatteten. Für die Notgemeinschaft aber, die den Aufgaben des gesamten Deutschland dient, gebührt dieser Dank vor allem dem deutschen Reichstag und der deutschen Reichsregierung, die in voller nahezu beispielloser Einmütigkeit aller Parteien immer wieder tatkräftig geholfen und durch Gewährung einer jährlichen Unterstützung von acht Millionen die Durchführung dieser idealen Aufgaben ermöglicht haben.

Um so schwerer muß die gesamte deutsche Wissenschaft es empfinden, daß jetzt, entgegen den früher gegebenen Zusagen, dieser Betrag um eine Million gekürzt werden soll. Denn wenn auch seit dem Aufhören der Inflation die wirtschaftlichen Verhältnisse wieder stabiler geworden sind, so ist doch in den Kosten der Lebenshaltung bei allen privaten und öffentlichen Betrieben keine Erleichterung, sondern im Gegenteil vielfach eine bedeutende Erschwerung zurückgeblieben. Die Notlage der Gegenwart fordert freilich Opfer von uns allen: aber verhängnisvoll wäre es, wenn durch solche Opfer mehr preisgegeben als gewonnen wird. Man redet wohl von unproduktiven Ausgaben. Aber in Wirklichkeit sind die Ausgaben für wissenschaftliche Arbeit so produktiv wie keine andern und zahlen die Auslagen mit überreichen Zinsen zurück. Die ununterbrochene wissenschaftliche Arbeit und die systematische, von umfassenden Gesichtspunkten beherrschte Ausbildung, welche unsere Hochschulen und Institute gewähren, haben die Grundlage geschaffen, auf der die stetig aufsteigende geistige und materielle Entwicklung Deutschlands im letzten Jahrhundert und seine Stellung in der Welt beruht; und der Tätigkeit der Notgemeinschaft ist es zu danken, daß diese Arbeit auch durch die schlimmsten Zeiten hindurch ungestört hat fortgeführt und weiter gesteigert werden können. Wir dürfen es mit Stolz aussprechen, daß die Kräfte dafür in reichem Maße vorhanden sind und daß es auch in der Gegenwart nicht an einem leistungsfähigen Nachwuchs fehlt, der mit echt deutschem Idealismus in freier wissenschaftlicher Arbeit auf allen Gebieten seine Lebensaufgabe erblickt. Es kommt hinzu, daß es, dank der wissenschaftlichen Schulung und Organisation und dank der Anspruchslosigkeit, mit der der deutsche Gelehrte ins Leben tritt, uns möglich ist, mit weit geringeren Mitteln das gleiche und mehr zu leisten als manche andere mit viel reicherer materieller Ausrüstung.

Die Notgemeinschaft hat es möglich gemacht, alle wissenschaftlich bedeutenden Zeitschriften dauernd am Leben zu erhalten, den Instituten und Laboratorien das unentbehrlichste Arbeitsmaterial, den großen Bibliotheken die Literatur des Auslandes zu beschaffen, die Veröffentlichung zahlreicher wissenschaftlicher Werke zu ermöglichen und weiter große wissenschaftliche Arbeiten in Angriff zu nehmen, vor allem, wo es sich um ein harmonisches Zusammenarbeiten mehrerer Wissenschaftsgebiete handelt, in deren Mitte meist die großen neuen Probleme liegen. So auf den Gebieten der Metallforschung, der Hygiene und Volkswohlfahrt, der Tuberkulose, der Krebsforschung, der Geophysik, der Erforschung der Atmosphäre und der Strömungen des Luftraumes und ebenso z. B. auf dem der Schädlingsbekämpfung. Weiter gehört hierher die durch die Meteorexpedition mit glänzendem Erfolge durchgeführte Tiefseeforschung auf dem Atlantischen Ozean, die von seiner gesamten Südhälfte ein völlig neues Bild ergeben hat; ferner die in Verbindung mit der Regierung der Union der Sowjetrepubliken im letzten Jahre ausgeführte kartographische und ethnographische Erforschung

des Pamir-Gebietes. Dazu kommt die im lezten Jahre begonnene systematische Bearbeitung der deutschen Volkskunde. Ferner die Ausgrabungen auf deutschem Boden, wo es gilt, durch umsichtig geleitete Erforschung der überreichen Aufschlüsse, die der Erdboden birgt, schrittweise vordringend zu einem lebensvollen Gesamtbild der Geschichte der deutschen Lande von den Anfängen menschlicher Besiedlung durch die germanische und römische Zeit bis zur Epoche der Völkerwanderung und der Karolinger zu gelangen. Daneben treten dann die Ausgrabungen im Bereich der griechisch-römischen Kultur und Vorderasiens, wo Deutschland sich früher so erfolgreich betätigt hat.

Durch diese Wirksamkeit ist erreicht worden, die Stellung Deutschlands im Kreise der Kulturvölker ungeschmälert zu erhalten und weiter zu kräftigen. Der von feindlicher Seite gemachte Versuch, die deutsche Wissenschaft auszuschalten und zu ersticken, ist in sich völlig zusammengebrochen, ihre Bedeutung und Unentbehrlichkeit allgemein anerkannt. Wie jetzt die Stellung der deutschen Wissenschaft gewürdigt wird, haben die großen Jahrhundertfeiern der letzten Zeit aller Welt anschaulich gezeigt, die der Geographischen Gesellschaft im letzen Jahre, die des deutschen Archäologischen Instituts vor wenigen Wochen. Von allen Regierungen, Instituten und gelehrten Gesellschaften der gesamten Kulturwelt sind die hervorragendsten Vertreter der betreffenden Gebiete entsandt worden, um die Feier in herzlicher Gemeinschaft mit uns zu begehen und ihr dadurch einen glänzenden Erfolg zu bereiten.

Jetzt ist nun die Fortführung der Arbeiten der Notgemeinschaft durch die beabsichtigte Verkürzung ihrer Mittel schwer gefährdet; sie würde gezwungen sein, mehrere der angebahnten Unternehmungen und ebenso z. B. die Unterstützung der Bibliotheken und der Druckwerke teils ganz aufzugeben, teils wesentlich zu verkürzen. Mehrfach ist die Ansicht ausgesprochen worden, das sei ja alles ganz gut, aber die gegenwärtige Lage zwinge zu äußerster Beschränkung der Ausgaben. Da könne man allenfalls solchen Unternehmungen Unterstützung gewähren, die unmittelbaren praktischen Gewinn bringen, wie auf den Gebieten der Industrie und Technik, der Chemie, der Medizin und Hygiene; alles andere dagegen müsse ganz zurücktreten. Diese Auffassung kann nicht nachdrücklich genug bekämpft werden. Sie beruht auf völliger Verkennung des Wesens der Wissenschaft. Alle Wissenschaft bedarf, wenn sie gedeihen und fortschreiten soll, der freien Bewegung und der Verfolgung der Ziele, die sie selbst stellt; werden ihr nach materiellen, rein praktischen Gesichtspunkten, die außerhalb ihrer liegen, die Aufgaben gestellt und damit zugleich Grenzen gesetzt, so muß sie verkümmern und kann dann auch die Ergebnisse nicht bringen, die man in kurzsichtiger Befangenheit von ihr erhofft. Aus demselben Grunde ist auch die Berücksichtigung der Geisteswissenschaften und ihrer Probleme und Aufgaben gar nicht zu entbehren. Die Naturwissenschaften und die Geisteswissenschaften bilden eine große Einheit und müssen sich gegenseitig befruchten. Nur aus ihrer organischen Verbindung kann das erwachsen, was wir alle als höchstes Ziel für unser Volk erstreben: eine einheitliche Geisteskultur, die in ununterbrochener geistiger Bewegung immer größeren Aufgaben und immer höheren Zielen entgegenwächst.

Daher darf auch die Fortführung der Ausgrabungen im Inlande wie im Auslande nicht unterbrochen werden, wenn wir nicht selbst unsere Kultur untergraben und damit unsere Betätigung und Bewegungsfreiheit auf demjenigen Gebiet aufgeben wollen, auf dem auch in unserer gegenwärtigen Lage keine Macht von außen imstande ist, sie zu hemmen und einzuschnüren, auf dem der freien wissenschaftlichen Arbeit. Man hört wohl, durch solche Tätigkeit im Auslande würden unsere beschränkten Mittel in fremde Länder hinausgegeben, ohne daß sie uns etwas einbringen. Wer aber erfährt, wie von allen Seiten immer von neuem die dringende Aufforderung an uns gelangt, unsere Tätigkeit wieder aufzunehmen und fortzuführen und uns alle Wege dafür geebnet werden, aus den Kulturländern der Mittelmeerwelt, aus dem gesamten Orient, aus den weiten Gebieten der Sowjetrepubliken, der wird empfinden, daß wir hier gar nicht zurücktreten können, ohne auf unsere Stellung in der Kulturwelt zu verzichten und freiwillig auszuscheiden aus dem Kreise der großen, mit uns den gleichen Zielen zustrebenden Nationen. Dabei handelt es sich durchweg um durchaus bescheidene Beträge, deren Ersparung den sonstigen Ausgaben gegenüber gar nicht in Betracht kommen kann und mit denen wir, wie schon erwähnt, doch große Aufgaben durchzuführen imstande sind. Völlig irrig ist auch die Behauptung, daß sie materiell keinen Gewinn bringen. Wer auch nur einen flüchtigen Einblick in diese Gebiete gewonnen hat, erfährt auf Schritt und Tritt, was es bedeutet, daß deutsche Gelehrte hier Namen und Ansehen des deutschen Volkes lebendig erhalten und die deutsche Wissenschaft durchweg eine hochgeachtete Stellung gewonnen hat. Das bringt in all diesen Ländern und Völkern unmittelbar und mittelbar auch unserem Handel und unserer Industrie reichen Gewinn, wenn er sich auch in bestimmten Ziffern nicht ausdrücken läßt.

So richtet die Preußische Akademie der Wissenschaften an Reichstag und Reichsregierung das dringende Gesuch, die geplante Verkürzung der Mittel abzulehnen oder mindestens durch Gewährung eines Nachtragsetats wieder auszugleichen. Zugleich aber wenden wir uns an alle deutschen Akademien, an die Hochschulen und an jeden einzelnen Gelehrten mit der Bitte, dieses Gesuch zu unterstützen und einmütig für die ungeschwächte Erhaltung der der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft gewährten Mittel ihre Stimme zu erheben.

Berlin, im Mai 1929. *of*

Neue Normblätter des DNA. — Phototechnik: DIN 4507 Filmpack, Abmessungen, Konstruktionsblatt.

Stoffe: DIN 1081 Feuerfeste Baustoffe, feuerfeste Steine, ganze Steine, Dreiviertelsteine, Ausgleichplättchen.

Kraftfahrbau: DIN KrM 313 Lichtmaschinen, Nenndurchmesser, Einbauarten, Antriebsarten, Richtlinien.

Lokomotivbau: DIN LON 4319 Radreifen mit geschwächtem Spurkranz und ohne Spurkranz der Vollspurbahn-Fahrzeuge, Fertigprofil. — LON 6304 Schilder für Handräder. — LON 7101 Bremsklotz 36 × 350 für Vollspurlokomotiven. — LON 7102 Bremsklötze 40 × 300, 40 × 400, 45 × 450 für Vollspurlokomotiven. — LON 7103 Bremsklotz 50 × 500 für Vollspurlokomotiven.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Die internationale Ausstellung Barcelona 1929. — Bereits vor dem Weltkrieg hatte die Stadt Barcelona eine Elektrizitäts-Ausstellung geplant, die jetzt mit der großzügig angelegten Internationalen Ausstellung ihre Verwirklichung gefunden hat. Mit dieser Ausstellung trägt die größte und bedeutendste Handels- und Fabrikstadt Spaniens ihrem Wunsche Rechnung, sich die vielseitigen und dauernden Fortschritte der Neuzeit anzueignen. Der nach der Stadt zu liegende Abhang des am Meere gelegenen Montjuichberges wurde in einen herrlichen Park mit einer Fläche von 1,183 Mill m^2 gewandelt, in dem mächtige Paläste und zahlreiche Pavillons mit insgesamt 260 000 m^2 bebauter Fläche die Erzeugnisse Spaniens und die aus etwa 30 Staaten der Welt, soweit sie für die Bedürfnisse Spaniens in Frage kommen, beherbergen. Die Baukosten der Ausstellung werden zu 100 Mill RM angegeben. Sie umfaßt die drei Hauptgruppen: „Kunst in Spanien", „Sport" und „Industrie".

Der Einladung der spanischen Regierung ist auch Deutschland gefolgt, um ein Zeugnis für die freundschaftlichen Beziehungen zwischen beiden Völkern abzulegen und dem spanischen Volk einen Einblick in den Stand deutscher Arbeit zu ermöglichen. Der Güteraustausch zwischen beiden Ländern hat seit dem Kriegsabschluß zugenommen und wird weiter gefördert werden, nachdem Spanien den deutschen Waren seit Beginn dieses Jahres restlose Meistbegünstigung zugestanden hat. Hierbei spielt die deutsche Ausfuhr von Maschinen und elektrotechnischen Erzeugnissen eine große Rolle. Entsprechend hat Deutschland die Austellung beschickt. Die deutschen Gruppen in den verschiedenen Palästen, wie Elektrizitäts- und Kraftbetriebspalast, Verkehrspalast, Textilpalast, Landwirtschaftspalast, Meridionalpalast usw., umfassen etwa 16 000 m^2 Ausstellungsfläche mit etwa 300 Ausstellern. Die deutsche Großelektrizitätsindustrie, wie AEG, SSW, AFA, BBC (Mannheim) usw., hat vornehmlich durch ihre spanischen Vertretungen ausgestellt. In einem besonderen Pavillon haben ferner die Elektrowerke A.G., die Preußische Elektrizitäts-A.G. und die Berliner Städtische Elektrizitätswerke A. G. Darstellungen der Elektrizitätsversorgung aus deutschen Braunkohlen-, Steinkohlen- und Wasserkraftwerken dargeboten, womit die deutsche Verbundelektrizitätswirtschaft und das rationelle Zusammenarbeiten der verschiedenen Energiequellen veranschaulicht wird. Auch wird figürlich die Verwendung der Elektrizität durch die einzelnen deutschen Verbrauchsgruppen dargestellt. In vielfacher Hinsicht kann diese Schau als Vorbild bei dem weiteren Ausbau der Elektrizitätsversorgung Spaniens dienen, dessen Regierung vor kurzem ein Dekret erlassen hat, wonach ein großes Nationalverteilungsnetz gebildet werden soll.

Die Ausstellung läßt erkennen, daß sich die spanische Elektrizitätsindustrie noch in der Entwicklung befindet. Die elektrotechnischen Erzeugnisse, wenn auch in spanischen Fabriken hergestellt, sind fremdländischen Ursprungs. Dies tritt auch bei den Antriebsmitteln für Eisenbahnen und Straßenbahnen in Erscheinung. Zwei von der Compania Eukaldina, Bilbao, und der Norte-Bilbao hergestellte elektrische Lokomotiven der Bauart 2-F-2 und 1-F-1 zeigen elektrische Ausrüstungen der Oerlikon-Madrid und der Sociedad Espanola de Electricidad Brown, Boveri - Madrid. Die Tranvias Barcelona haben zu ihrem neuen elektrischen vierachsigen Straßenbahnwagen mit Mitteleinstieg einen neuzeitlichen AEG-Motor US 253 mit 34 kW, 820 n, 550 V ausgelegt. Ausgestellte Tageslichtsignale für Fernbahnen sind amerikanischen Ursprungs. In der französischen Gruppe „Les transports français" im Verkehrspalast ist das Modell ($^1/_{10}$ nat. Gr.) einer elektrischen Lokomotive der Gesellschaft Paris—Orleans mit 4 Motoren für 1500 V Gleichstrom zu sehen, die 1926 in Betrieb gestellt wurde. Die Daten der Maschine sind: 4200 PS, 17 200 kg Zugkraft, 129,950 t Gewicht, Bauanordnung 2-B + B-2. Sie zieht auf ebener Strecke 650 t bei 110 km/h Geschwindigkeit. Auch das italienische Verkehrsministerium ist mit verschiedenen Modellen seiner Fernbahnanlagen vertreten. Die meisten Bahnen werden mit Drehstrom betrieben. Die Strecke Naples—Foggia ist neuerdings für Gleichstrom mit 3000 V am Fahrdraht eingerichtet. Zum Umfang des elektrischen Betriebes werden für das Jahr 1929 folgende Angaben gemacht: 1618 km Strecke mit 3084 km Gleis, 605 Lokomotiven, Länge der Fernleitungslinien 3000 km. Im Jahre 1928 wurden im elektrischen Betrieb 10 Mrd/tkm geleistet und hierzu 330 Mill/kWh verbraucht. Durch Verwendung hydroelektrischer Energie für den Bahnbetrieb wurden im Jahre 1928 520 000 t Kohle erspart.

Viel Sorgfalt ist auf die deutsche Werkzeugmaschinenschau im Elektrizitäts- und Kraftbetriebspalast verwendet worden, womit auch der Elektromotor als Antriebsmaschine in mannigfacher neuzeitlicher Durchbildung zur vollen Geltung kommt. Zum ersten Male sieht man hier eine M. A. N.-Gegenlauf-Dampfturbine mit links- und rechtsseitigem Drehstromgenerator für eine Gesamtleistung von 20 000 kW bei 3000 U/min, System Ljungström, im Modell. Die Turbine hat radiale Dampfeinströmung ohne feststehenden Leitapparat. Die beiden Schaufelsysteme laufen in entgegengesetzter Richtung um, so daß zwei Stromerzeuger erforderlich sind, die aber elektrisch eine Einheit bilden.

Die Wirkungen neuzeitlicher elektrischer Beleuchtungstechnik in eigenartigen Beleuchtungskörpern wie im prächtigen Farbenspiel der Wasserkünste sind auf der vom Eingang der Ausstellung zum National-Palast emporführenden Avenida de America in höchst vollkommener Weise ausgewertet. Der Palast selbst wird durch Flutlicht beleuchtet. Die umfangreichen Einrichtungen zur selbsttätigen Lichtschaltung für die Beleuchtung der Avenida sind von Westinghouse geliefert. An der Stromlieferung ist ein G. M. A.-Sechszylinder-Viertakt-Dieselmotor mit Druckölsteuerung der Ventile von 620 PS Dauerleistung bei 250 U/min der Waggon- und Maschinenbau A. G. Görlitz beteiligt, der mit einer 420 kW-Drehstromdynamo der Heemaf-Hängelo (Holland) unmittelbar gekuppelt ist und im Pavillon der Electric Supplies Co. steht. Przygode.

Energiewirtschaft.

Das Jahrbuch der Verkehrsdirektion der BEWAG für 1928[1]. — Die Nutzabgabe, d. h. die verkauften Kilowattstunden, hat im Jahre 1928 zum erstenmal eine Milliarde überschritten; es wurden 1,098 Mrd kWh verkauft, die Steigerung gegenüber dem Vorjahre betrug 20,28 %. Die Zunahme der Jahreshöchstbelastung war etwas geringer, nämlich 19,63 %. Von einer Berechnung der Benutzungsdauer nimmt der Jahresbericht Abstand und hebt hervor, wie vorsichtig man bei der Feststellung dieses Wertes sein muß. Hätte man z. B. im vorliegenden Fall die Jahresarbeit in Kilowattstunden durch die Höchstleistung in Kilowatt geteilt, so würde man ein durchaus falsches Bild erhalten haben; denn abgesehen davon, daß die Arbeit beim Abnehmer, die Leistung aber im Kraftwerk festgestellt sind, haben zwei Großabnehmer — die Reichsbahn und das Elektrizitätswerk Südwest — im Jahre 1928 nur während eines halben und eines viertel Jahres Strom bezogen, sie treten also mit ihrer Höchstbelastung voll, mit ihrer Arbeitsentnahme aber nur zum kleinen Teil in diesem Jahre in die Erscheinung.

[1] Veröffentlichungen der BEWAG II, Bd. 8. Vgl. ETZ 1928, S. 1857.

Recht günstig ausgewirkt hat sich der Nachtstromtarif; denn von der gesamten Stromabgabe entfallen 14,03 % auf ihn gegen 12,59 im Vorjahr. Am stärksten war der Verkauf von Strom nach dem Nachttarif an die industriellen und gewerblichen Großabnehmer. Hier betrug er 30,62 % (28,35 i. V.) der gesamten Abgabe an diese Abnehmergruppe.

Ersieht man aus diesen Zahlen, daß der Gedanke, durch möglichst umfangreichen Stromverbrauch während der Nacht oder doch außerhalb der sog. Spitzenzeiten sich selbst den Strompreis zu verbilligen, dank der regen Aufklärungsarbeit der Verwaltung den Abnehmern allmählich in Fleisch und Blut überzugehen beginnt, so erscheint eine Werbung für reinen „Sommerabsatz" nunmehr an der Zeit zu sein. Denn ebenso wie während der Nachtstunden ist die Ausnutzung der Maschinen der Kraftwerke und auch der Leitungsnetze während der Sommermonate äußerst schlecht; das beweist ein Blick auf das Belastungsgebirge, wie es die Abb. 2 auf S. 5 des Buches bzw. die beiden Abb. 53, S. 79, und 7, S. 12, zeigen.

Aus den verschiedenen Zahlen, Übersichten und Kurven des Buches lassen sich noch folgende interessanten Ergebnisse errechnen:

Von den rd. 1,1 Mrd kWh entfielen

auf Niederspannungs-Abnehmer . . .	0,401 Mrd kWh,
auf Hochspannungs- (Groß-) Abnehmer	0,496 „ „
auf Verkehrsunternehmungen . . .	0,201 „ „
	1,098 Mrd kWh.

Die Anzahl der Kleinabnehmer betrug im Jahresdurchschnitt 641 000, die der Großabnehmer, einschl. Verkehrsunternehmungen, 652. Die Kleinabnehmer verbrauchten im Durchschnitt 580 kWh, die Großabnehmer 1 069 000 kWh/Jahr und Abnehmer. Der Anschlußwert der öffentlichen Straßenbeleuchtung betrug im Jahresmittel 2231 kW, der Stromverbrauch 7,1 Mill kWh, die Benutzungsdauer des Anschlußwertes mithin rd. 3200 h und die durchschnittliche Größe einer Straßenlampe rd. 195 W.

Zur näheren Untersuchung lichttechnischer Probleme, im besonderen der Fragen nach der wirtschaftlich günstigsten Straßenbeleuchtung hat die BEWAG im Berichtsjahr ein lichttechnisches Laboratorium geschaffen, das auch Untersuchungen über Gas- und elektrische Straßenbeleuchtung anstellen soll. Gemeinsam mit einer Magistratskommission wurden für die Straßenbeleuchtung Normen festgesetzt, u. zw.:

Sonderklasse,	z. B.	Potsdamer Platz	20 Lux
Klasse I	„ „	Leipziger Straße	10 ... 15 „
„ II	„ „	Bellealliancestraße . . .	5 ... 10 „
„ III	„ „	Kleine Geschäftstraßen .	2 ... 5 „
„ IV	„ „	Wohnstraßen mit Straßenbahn und stärkerem Verkehr	0,5 ... 2 „
„ V	„ „	Wohnstraßen mit geringem Verkehr	0,1 ... 0,5 „

Innerhalb der einzelnen Klassen sind noch 3 ... 5 Abstufungen vorgesehen.

Die Zunahme der Anschlüsse war im Berichtsjahr sehr bedeutend. Für Kleinabnehmer wurden nicht weniger als 7074 neue Hausanschlüsse hergestellt und rd. 142 800 Zähler neu aufgehängt, woraus folgt, daß jeder Hausanschluß etwa 20 Abnehmer umfaßt. Der Anschlußwert der Hochspannungs-(Groß-)Abnehmer konnte durch 120 Erweiterungen und 115 Neuanschlüsse um 36 800 kVA erhöht werden.

Besondere Erwähnung verdient, daß es im Berichtsjahr gelang, die deutsche Industriewerke A. G., Berlin-Spandau, welche bisher ihren Strom in eigener Anlage erzeugten, als Abnehmer zu gewinnen; sie wurden mit einer Gesamtleistung von etwa 8500 kW an das städtische Netz angeschlossen, ihr Stromverbrauch wird etwa 25 Mill kWh betragen. Ferner ist der Anschluß des kürzlich eröffneten Warenhauses Karstadt am Hermannplatz in Neukölln mit etwa 5000 kVA hervorzuheben und darin besonders dessen ganz elektrisch eingerichtete Küche mit einem Anschlußwert von etwa 800 kVA.

Auch sonst hat der Elektrowärmeabsatz gute Fortschritte gemacht. Einige neue Elektrovergütungsöfen wurden aufgestellt. Praktische Versuche erbrachten den Nachweis, daß für die Form- und Kerntrocknung in Gießereien die Elektrizität bei Verwendung von Nachtstrom durchaus konkurrenzfähig ist. Ein weiteres Anwendungsgebiet der Elektrowärme verspricht die Bodenbeheizung in der Landwirtschaft zur Förderung des

Wachstums der Pflanzen zu werden; umfangreiche Versuche nach dieser Richtung sind eingeleitet, ihr Ergebnis muß jedoch noch abgewartet werden.

Schließlich hat die BEWAG, um die mannigfaltigen Sondergebiete der Elektrizitätsanwendung planmäßig zu studieren, ein „Bureau für Sonderaufgaben" eingerichtet. Thierbach.

Kurze Auslandsnachrichten. — Österreich. Da die behördliche Bewilligung zur Vornahme der technischen Vorarbeiten für das Tauernwerk[1] nunmehr erteilt worden ist, kann mit diesen begonnen werden. Es handelt sich dabei zunächst um die Anlage eines Barackenlagers für 120 Arbeiter, die Bohrung eines 35 m tiefen Schachtes am Moserboden, den Bau eines der Hangkanäle in 2000 m Höhe am Fochettkopf usw. Die hierfür notwendige elektrische Arbeit soll in einer Hilfszentrale von 150 kW an der Kapruner Ache gewonnen werden. Bei der Kommissionierung hatten die verschiedensten Interessenten Einwendungen erhoben, darunter Vertreter der Landwirtschaft und Fischerei, die Aluminium-Industrie A. G. in Lend, Vertreter von Bad und Hof Gastein und schließlich auch die Bundesbahnen mit Rücksicht auf eine mögliche Schädigung des Stubachkraftwerks. — Das Kraftwerk der Österreichischen Bundesbahnen in Mallnitz am Südabhang der Hohen Tauern, das die rd. 320 m betragende Gefällstufe des Mallnitzbaches zwischen Lassach und Obervellach ausnutzt, ist am 18. VII dem Betrieb übergeben worden. Zwei Turbinen zu je 5000 PS haben den Dienst aufgenommen; diese Leistung wird nach Vollausbau verdoppelt sein. Die Zentrale dient als Grundbelastungsanlage und wird mit dem Speicherspitzendeckungswerk der Bundesbahnen im Stubachtal zusammenarbeiten. *Hgn.*

[1] Vgl. ETZ 359.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Die Normgruppe „Rundfunk" beim Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie gibt nachstehend einen Entwurf 1 zu dem Normblatt

DIN VDE 1506 „Rundfunkgerät. Röhrensockel mit 6 und 7 Stiften und Lehren für Sockel und Fassung"

bekannt.

Einsprüche gegen diesen Entwurf sind in doppelter Ausfertigung bis zum 1. Oktober 1929 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

(Normblatt-Entwurf DIN VDE 1506 siehe Seite 1216.)

Neu erschienene Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

Rundfunkgerät.

DIN VDE 1501 Juli 1929. Röhrensockel mit 4 Stiften und Lehren für Sockel und Fassung.
DIN VDE 1504 Juli 1929. Röhrensockel mit 5 Stiften und Lehren für Sockel und Fassung.

Stützer für Innenräume.

Gruppe A (kleinste Umbruchkraft P = 375 kg).
DIN VDE 8100 Bl. 1 Juli 1929. Zusammenstellung.
DIN VDE 8100 Bl. 2 Juli 1929. Isolatoren.
DIN VDE 8100 Bl. 3 Juli 1929. Kappen und Sockel.

Gruppe B (kleinste Umbruchkraft P = 750 kg).
DIN VDE 8101 Bl. 1 Juli 1929. Zusammenstellung.
DIN VDE 8101 Bl. 2 Juli 1929. Isolatoren.
DIN VDE 8101 Bl. 3 Juli 1929. Kappen und Sockel.

Gruppe C (kleinste Umbruchkraft P = 1250 kg).
DIN VDE 8102 Bl. 1 Juli 1929. Zusammenstellung.
DIN VDE 8102 Bl. 2 Juli 1929. Isolatoren.
DIN VDE 8102 Bl. 3 Juli 1929. Kappen und Sockel.

Gruppen A, B und C.
DIN VDE 8103 Juli 1929. Abschlußteller.

Durchführungen für Innenräume.

Gruppe B Reihe 1 bis 20 (kleinste Umbruchkraft P = 750 kg).
DIN VDE 8104 Bl. 1 Juli 1929. Zusammenstellung.
DIN VDE 8104 Bl. 2 Juli 1929. Isolatoren.
DIN VDE 8104 Bl. 3 Juli 1929. Kappen und Flansche.

Gruppe B Reihe 30 und 45 (kleinste Umbruchkraft P = 750 kg).
DIN VDE 8105 Bl. 1 Juli 1929. Zusammenstellung.
DIN VDE 8105 Bl. 2 Juli 1929. Isolatoren.
Gruppe B (kleinste Umbruchkraft P = 750 kg).
DIN VDE 8105 Bl. 3 Juli 1929. Kappe und Flansch Reihe 30.
DIN VDE 8105 Bl. 4 Juli 1929. Kappe und Flansch Reihe 45.
Gruppe C (kleinste Umbruchkraft P = 1250 kg).
DIN VDE 8106 Bl. 1 Juli 1929. Zusammenstellung.
DIN VDE 8106 Bl. 2 Juli 1929. Isolatoren.
DIN VDE 8106 Bl. 3 Juli 1929. Kappen und Flansche.
Gruppe B (kleinste Umbruchkraft P = 750 kg).
DIN VDE 8107 Bl. 1 Juli 1929. Bolzen.
Gruppe C (kleinste Umbruchkraft P = 1250 kg).
DIN VDE 8107 Bl. 2 Juli 1929. Bolzen und Zentrierstücke.

Stützer und Durchführungen.

DIN VDE 8108 Juli 1929. Riffelung.

Alle Anfragen bezüglich Lieferung und Versand der Normblätter sind an die Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Str. 97, zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Bekanntmachung.

Die der Firma Simala-Elektro-Gesellschaft m. b. H., Weimar, s. Z. erteilte Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens für ihre 6 A-Sicherungen ist gestrichen worden, da die Firma trotz mehrmaliger Mahnung die von ihr zu entrichtende jährliche Anerkennungsgebühr nicht gezahlt hat.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auer v. Welsbach †. — Am 4. VIII. ist Dr. Karl Freiherr Auer von Welsbach kurz vor Vollendung seines 71. Lebensjahres an den Folgen einer Magenkrankheit gestorben. Wir behalten uns vor, auf die Verdienste des Verstorbenen um die Elektrotechnik, die bereits anläßlich seines 70. Geburtstages in der ETZ 1928, S. 1424, angedeutet wurden, nochmals zurückzukommen.

R. Seifert †. — Am 28. VII. d. J. starb Richard Seifert im 68. Lebensjahre, der Begründer der Firma Richard Seifert & Co., Hamburg. Der Verstorbene hat sich in den Arbeiten seiner Firma auf den Gebieten Feinmechanik, Elektrotechnik und Röntgentechnik besondere Verdienste erworben und war Mitbegründer und Ehrenmitglied des Reichsverbandes des deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes.

Auszeichnungen. — Von der T. H. Berlin wurde der technische Direktor der Deutsche Telephonwerke u. Kabel-



Noch nicht endgültig

Rundfunkgerät

Röhrensockel mit 6 und 7 Stiften und Lehren für Sockel und Fassung

Elektrotechnik

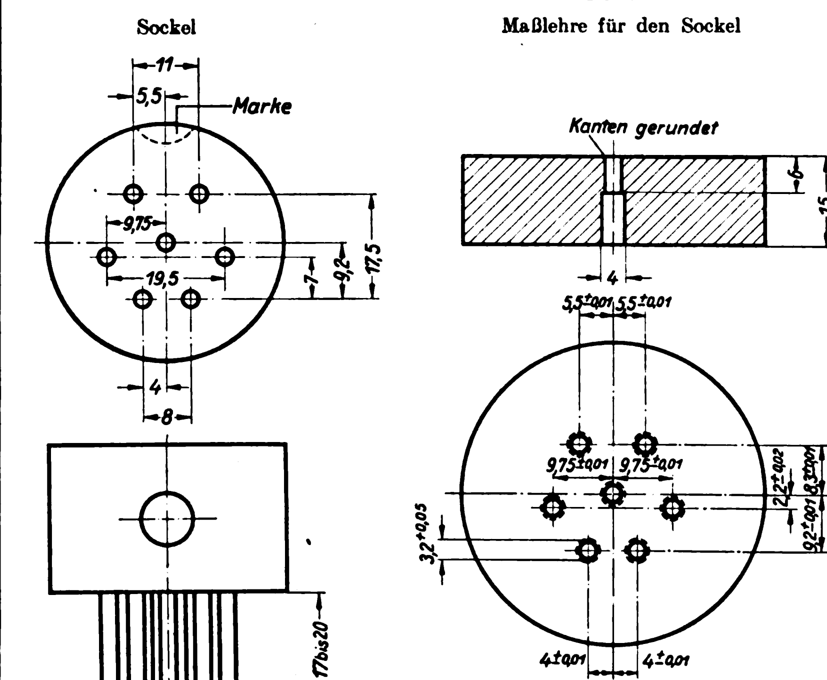
DIN
Entwurf 1
VDE 1506

Maße in mm

Sockel

Sockel

Maßlehre für den Sockel



Sockel und Fassung müssen in der Mitte zwischen den Stiften 1 und 2 (s. DIN VDE 1507) eine vertiefte fühlbare Marke haben.

Beim Sockel ist diese Marke auf der Zylinderaußenseite und bei der Fassung an geeigneter Stelle anzubringen.

Der zentrale Stift kann — wenn nicht benötigt — fortfallen.

In der Fassung kann statt des zentralen Anschlusses ein Loch vorgesehen sein.

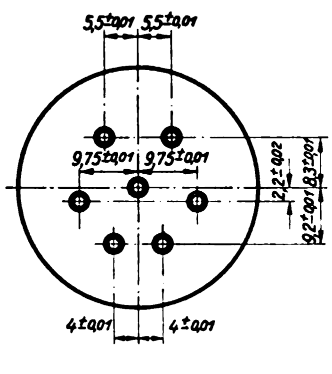
Zuordnung der Stifte zu den Elektroden siehe DIN VDE 1507.

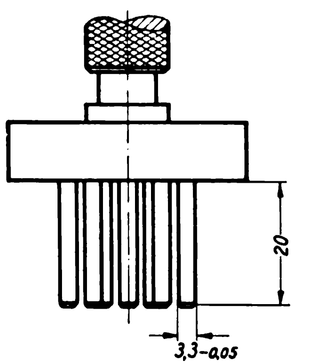
1) Das Abmaß entspricht der Lehre $\varnothing W = \varnothing 1$ und gilt für den nicht geschlitzten Stift auf seiner ganzen Länge. Schlitzen oder sonstige Federung der Stifte nicht erforderlich, da Fassung mit federnden Kontakten vorgeschrieben.

Fassung

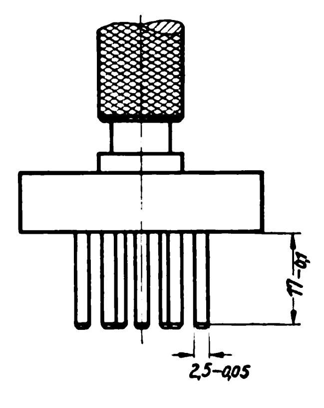
mit federnden Kontakten

Maßlehre für die Fassung





Kontaktlehre für die Fassung



Abstandsmaße wie bei der Maßlehre für die Fassung.

Bei eingeführter Lehre müssen die 6 bzw. 7 Federn der Fassung kurzgeschlossen sein.

industrie A. G. Erwin Neuhold zum Dr.-Ing. E. h. ernannt in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste als Schaltungstechniker auf dem Gebiete des Ämterbaus im allgemeinen und der Entwicklung der Selbstanschlußtechnik im besonderen. — Die Institution of Civil Engineers, London, hat Herrn André Blondel in Anerkennung seiner zahlreichen wertvollen Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrotechnik die goldene Kelvin-Medaille verliehen. A. Blondel ist Präsident des Redaktionskomités der Rev. Gén. de l'El. und Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften. Die bekannteste seiner Leistungen dürfte die Erfindung des Oszillographen sein; das Hauptgewicht seiner Arbeiten liegt jedoch auf dem Gebiet der theoretischen Beherrschung der Elektrotechnik.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen. Unter besonderer Berücks. Österreichs. Von Ing. F. X. Saurau. 3., neubearb. u. bedeut. erw. Aufl. Mit 1 Tab., 78 Abb. u. 144 S. in 8°. Buchverlag „Vienna" Rudolf Jamnig, Wien 1928. Preis geh. 4,60, geb. 5,60 RM.

Der Verfasser unternimmt es, mit dem vorliegenden Buch in begrenztem Umfang auf rd. 144 Seiten einen Überblick über die geschichtliche und die mechanisch-elektrische Entwicklung des elektrischen Bahnbetriebes im allgemeinen und in Österreich im besonderen sowie über die Bauarten der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen in Österreich zu geben. Die Notwendigkeit der Herausgabe einer dritten Auflage nach kurzer Zeit beweist, daß nicht nur die Aufgabe, die sich der Verfasser gestellt hat, richtig ist, sondern die vorliegende Arbeit auch einem Bedürfnis entsprochen hat. Diese Erfolge verdankt das Buch seiner knappen, von Theorie freien Darstellung; es erweckt deswegen nicht nur bei den Beamten der Eisenbahnbetriebe, für welche es eigentlich bestimmt ist, sondern auch bei dem außenstehenden Laien das Interesse für die neue Betriebsform. Zahlreiche gut gewählte, leider zum Teil schlecht wiedergegebene Abbildungen veranschaulichen den Text und geben eine bildliche Darstellung der Entwicklung der Triebfahrzeuge.

Die vorliegende dritte Auflage hat im Vergleich zur zweiten an dieser Stelle S. 1585 ETZ 1927 besprochenen eine bedeutende Erweiterung des Stoffes sowie des Bildmaterials erfahren. Insbesondere wurde der Entwicklung des Gleichstroms in dieser Auflage eine größere Beachtung geschenkt sowie auch das Drehstrom- und das Spaltphasensystem gebührend erwähnt. Des weiteren kommen als neue Kapitel einerseits die Fahrzeuge der gleislosen Bahnen, anderseits die Fortschritte der elektrischen Zugförderung in fast allen Ländern der Welt hinzu. Doch vermißt man in der vorliegenden Auflage immer noch die in der obenerwähnten Besprechung gewünschten Lokomotivschaltungsschemata der hauptsächlich verwendeten Stromsysteme. Ebenso würden Skizzen, welche die verschiedenen Triebwerkausrüstungen veranschaulichen, wesentlich zum Verständnis dieses für den Laien meist räumlich nicht leicht zu erfassenden Teiles der mechanischen Ausrüstung beitragen und den Text ergänzen.

Die an verschiedenen Stellen des Buches vom Verfasser geäußerte Ansicht, daß bei der Nutzbremsung die Stromersparnisse ausschlaggebend sind, bedarf insofern einer Richtigstellung, als heute immer mehr die rein bremstechnischen Vorteile, wie erhöhte Betriebsicherheit durch Vorhandensein einer weiteren Bremse, Verringerung des Verschleißes der Bremsklötze sowie Abnutzung der Radreifen in den Vordergrund treten. Bei der Besprechung der AEG-Lokomotive Type $1D_01$ der D.R.B. sowie bei derjenigen der Sécheron-Lokomotive Type $1C_0$-C_01 der Lötschbergbahn weist der Verfasser auf die günstigen Gewichte der beiden Lokomotiven hin und bezeichnet die erstere als leichteste Wechselstromlokomotive. Man vergleiche nun in dieser Beziehung den Aufsatz in Elektrische Bahnen 1928, S. 281 und 378. Man ersieht daraus, daß solche Zahlen einen nur rohen Vergleich zulassen, insofern es sich nicht um Lokomotiven für ganz genau gleiche Betriebsverhältnisse handelt. Bei der Beschreibung der Triebwerke wäre der Antrieb mit zwei gegenüberliegenden Motoren und dazwischen befindlichem Übertragungsmechanismus der Linke Hofmann Lauchhammer A. G. bzw. Bergmann-Werke sowie derjenige der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur erwähnenswert.

Durch die gleichzeitige Behandlung der elektrischen Ausrüstung für Gleich- und Wechselstrom-Lokomotiven sind Unklarheiten entstanden. So schreibt der Verfasser, daß bei Gleichstrom der Motor seine Spannung von der Mitte der Schaltdrosselspule erhält, so daß der Motor den Mittelwert der Spannung beim Schalten von Stufe zu Stufe bekommt. Zu erwähnen wäre ebenfalls, daß die Widerstandsbremsung (welche übrigens nicht identisch ist mit der Kurzschlußbremsung) nicht nur bei Gleichstrom, sondern auch bei Wechselstrom-Fahrzeugen (C-C-Lok. Reihe 401 Rh.B., E-Lok. Reihe 1080.100 Ö.B.B., B.-B.-Lok. Reihe 1170 Ö.B.B., 1B-B1-Lok. Reihe 12 303 S.B.B., $1C_0$-C_01-Lok. Reihe 201 B.L.S.) angewendet wird. Die Bezeichnung auf S. 55, Dreh- oder Zusatztransformator, ist nicht angängig, indem diese Gleichstellung mit dem auf S. 65 erwähnten Zusatztransformator zu Unstimmigkeiten führt. Die erwähnte versuchsweise Anordnung eines Elektrodampfkessels im Gepäckwagen zur Heizung des Zuges bei den Schweizerischen Bundesbahnen ist durch die direkte, vom Lokomotivtransformator aus gespeiste Widerstandsheizung in den Wagen überholt worden.

In den Kapiteln über die Fortschritte der elektrischen Zugförderung ist zu erwähnen, daß in den V. S. Amerika die Länge von 2300 km für elektrisierte Vollbahnen als zu klein angesehen werden muß. Ferner reicht heute der elektrische Betrieb der Paulista-Bahn in Brasilien von Jundiahy bis Rio Claro; gegenwärtig wird an der Fortsetzung der Elektrisierung bis Rincao gearbeitet. Bei der Besprechung von Japan wurde der teilweise Ausbau auf elektrischen Betrieb der Shinyetsu-Linie (Usui-Paß) sowie auch derjenige der Chuo-Linie nicht erwähnt. Auf der Strecke Meester-Cornelis bis Tandjong Priok auf Java stehen nicht nur Lokomotiven schweizerischer, sondern auch solche holländischer und deutscher Herkunft im Betrieb. Bei der Besprechung der elektrischen Zugförderung in Österreich ist bei Triest-Opčina richtigzustellen, daß in diesem Frühjahr die Zahnrad- in eine Seilbahnstrecke umgebaut wurde.

Die obigen Ausführungen können wegleitend für eine Neuauflage sein, wobei auch gleichzeitig der Wunsch berücksichtigt sein möge, bei der Besprechung der elektrischen Ausrüstung der Triebfahrzeuge eine klarere Trennung zwischen Motorwagen und Lokomotive einerseits und zwischen der elektrischen Ausrüstung für Gleich- und Wechselstrom anderseits anzustreben. Bei Beachtung der gemachten Anregungen vermag dann das Buch auch den Spezialisten auf dem Bahngebiet zu interessieren.

Theod. Tschopp.

Empfindliche Galvanometer für Gleich- und Wechselstrom. Von Dr. O. Werner. Mit 93 Abb., 17 Tab., VII u. 208 S. in gr. 8°. Verlag von Walter de Gruyter & Co., Berlin 1928. Preis geh. 13 RM, geb. 14 RM.

Nach der Einführung zu dem Buche will der Verfasser die für die richtige Auswahl und erfolgreiche Verwendung hochempfindlicher Galvanometer erforderlichen Kenntnisse vermitteln und versucht einen Überblick der wichtigsten Meßprinzipien und Konstruktions-Richtlinien sowie der vorliegenden Ausführungsformen zu geben. Ein reichliches Literaturverzeichnis unterstützt die theoretischen Abhandlungen.

Das Buch behandelt die Drehspul-, Drehmagnet- und Saitengalvanometer, ferner die Galvanometer für Wechselstrom sowie die Zusatz- und Hilfseinrichtungen und Schaltungen für den Gebrauch der Instrumente. Da aber eine ähnliche Arbeit bisher nicht vorliegt, so wird damit eine Lücke ausgefüllt, und die mit einer erstmaligen Bearbeitung verbundenen Mängel werden die Nützlichkeit des Buches nicht mindern. Der beschreibende Teil ist etwas zu kurz gekommen, wenn man den Zweck des Buches besonders beachtet; auch darf nicht unbemerkt bleiben, daß vieles noch zu berichtigen und zu ergänzen ist und der Verfasser nicht immer die neuesten Typen der vorliegenden Ausführungen im Bild und Text bringt. So ist unter anderm Abb. 140 S. 66 des kleinen Spiegel-Galvanometers von S & H lange überholt, und die vom Referenten nicht nur bei diesem Galvanometer vor Jahren eingeführte thermokraftfreie Anordnung des Torsionskopfes ist auch in der Beschreibung nicht erwähnt, obgleich gerade den störenden Thermokräften ein besonderes Kapital gewidmet ist. Auch Hinweise werden vermißt, wie z. B. auf die leider fast unvermeidliche Nullpunktverstellung bei Betätigung des magnetischen Nebenschlusses S. 56; ferner das erforderliche Vermeiden starker Stromstöße bei ballistischen Ausschlägen S. 53. Eine Eichung mit direkter Stromentnahme aus dem Normalelement S. 192 ist nicht empfehlenswert, denn abgesehen von der Schädigung des Elementes darf der innere Widerstand, 200 ... 500 Ω, nicht unbeachet bleiben. Die Ausführungen hinsichtlich der

Selbstinduktion bei ballistischen Messungen, S. 78, decken sich nicht mit den praktischen Erfahrungen. Bei Hinweisen im Text auf an anderer Stelle befindliche Tabellen ist es für ein Nachschlagebuch wichtig, die Seitenzahl beizufügen. Im Kapitel „Schutzeinrichtungen" gegen mechanische Störungen, S. 183, fehlt Hinweis auf eine Arbeit von Hagen (P.T.R.) über die Verbesserung der Aufhängung der Panzergalvanometer. Durch vollständige Ausschaltung jeder Eigenschwingung innerhalb der Aufhängung gelangt die Juliussche Anordnung erst voll zur Wirkung. Der feste Einbau des Drehspulinstrumentes in Abb. 89 entspricht diesen Erfahrungen. Bei den Nebenschlüssen, S. 169 ... 176, fehlt ein Hinweis, daß die Nebenschließung temperaturabhängig wird, wenn der Temperaturkoeffizient der Galvanometerspulen nicht durch temperaturfreie Widerstände gedrückt ist oder die Nebenschlüsse aus dem gleichen Material wie die Galvanometerspulen gefertigt sind (Drehmagnet-Galvanometer). Die uneingeschränkte Empfehlung des einfachen Nebenschlusses für Brücken und Kompensationsschaltungen bedarf der Berichtigung. Die Zeichnungen besitzen z. T. recht flüchtigen Charakter und können, wie z. B. auf S. 127, den Text kaum wesentlich ergänzen. Die Schaltskizzen lassen häufig hinreichende Beschriftung oder Bezifferung und einheitliche Bezeichnung vermissen. Das Einsetzen falscher Abbildungen, wie 92 b, hätte vermieden werden sollen, ebenso wie falsche Bezeichnungen in Abb. 81. Recht interessant ist unter anderem das Schaulinienbild Abb. 93 über Frequenzbereich und Empfindlichkeit der behandelten Instrumente. Aber auch hier wären erklärende Hinweise für die Bezeichnungen wie z. B. „Si = Normalempfindlichkeit s. S. 54" u. dgl. recht zweckmäßig, um den Zweck des Buches zu erfüllen. Schöne.

Die Elektronenröhre. Ihre Theorie und ihre praktische Anwendung in Empfangs- und Verstärkerschaltung. Von A. Forstmann u. Dr. E. Schramm. (Radio-Reihe Bd. 24.) Mit einem Geleitwort von E. Reisz, 197 Textabb. u. 238 S. in 8°. Verlag von Richard Carl Schmidt & Co., Berlin 1927. Preis geb. 9,50 RM.

Ein ausgezeichnetes Buch, welches vielfach ausführlicher als in den bekannten wissenschaftlichen Werken in die Theorie der Elektronenröhre und die Schaltung der Röhre als Verstärker und Gleichrichter einführt. An Hand zahlreicher Diagramme wird das Verhalten der Röhren mit Wolfram-, Oxyd- und thorierten Wolframkathoden klargestellt. Einzelheiten der Fabrikation werden in Wort und Bild behandelt. Der Abschnitt: die Röhre als Schaltelement in Nieder- und Hochfrequenz- und Leistungs-Verstärkern und in Gleichrichtern gibt den Verfassern Gelegenheit, zahlenmäßige Zusammenhänge zwischen allen in Frage kommenden elektrischen Größen aufzustellen. Das Kapitel über die praktische Anwendung der Röhre ist kürzer gehalten und bildet eine gute Ergänzung der theoretischen Betrachtungen. Das Schwingaudion und der Überlagerungsempfang sind hier ausgenommen und sollen in einem besonderen Band erscheinen. Der Inhalt und die Ausstattung des Buches sind gleich gut. Das Buch kann in jeder Beziehung empfohlen werden.

Lübcke.

Bauelemente der Feinmechanik. Von O. Richter u. Dipl.-Ing. R. v. Voß. Mit 1 Beitrag zu dem Abschnitt „Zahngetriebe" v. M. Fölmer. Mit 1852 Abb. u. 36 Taf. VIII u. 576 S. in gr. 8°. VDI-Verlag, Berlin 1929. Preis geb. 29 RM, f. VdI-Mitglieder 26 RM.

Für den Elektrotechniker ist beim Entwerfen von Maschinen und Geräten aller Art nicht nur der rein elektrische Teil von Bedeutung, sondern in gleichem Maße der mechanische, der die Gestaltung und Fertigung betrifft. Als Grundlage für die Gestaltung von Maschinen dienen bekanntlich die Maschinenelemente. Für die Gestaltung kleinerer Geräte, wie sie beim Bau von Telegraphen-, Fernsprech- und Rundfunkgeräten, Fernsprechämtern, Fernmelde- und Kontrollgeräten, Signalgeräten für Eisenbahnen, Schiffe und Bergwerke, elektrischen Uhren, den zahlreichen elektrischen Meß-, Registrier- und Anzeigegeräten, elektro-medizinischen Geräten, Glüh- und Bogenlampen, Schaltern, Sicherungen usw. vorkommt, sind die Maschinenelemente jedoch meist nicht verwendbar. Hier handelt es sich vielmehr um einen Teil des großen Gebietes der Feinmechanik, dessen Bauelemente von denen des Maschinenbaues mehr oder weniger abweichen und die ihr eigenes besonderes Gepräge, hauptsächlich unter dem Einfluß der Massenfertigung, erhalten haben.

Ein Werk, das diese „Bauelemente der Feinmechanik" zusammenfaßt und alle die weitausgedehnten und verschiedenartigen Zweige der feinmechanischen Industrie auf mechanischem, elektrischem und optischem Gebiet in gleicher Weise berücksichtigt, hat es bisher nicht gegeben. Daß erst heute ein derartiges Werk erscheint, dürfte ein Beweis für die Schwierigkeit der Aufgabe sein. Um so mehr ist es zu begrüßen, daß in diesem Werk die Sammlung und Ordnung dieser Elemente so vollständig durchgeführt ist, daß es für den Ingenieur der Feinmechanik in ähnlicher Weise grundlegend ist wie seinerzeit die Werke von Reuleaux und Bach für den Ingenieur des Maschinenbaues. Das Fehlen eines solchen Werkes wurde um so schwerer empfunden, als es sich hier um Erzeugnisse handelt, die hoch veredelt und daher für die deutsche Wirtschaft von besonderer Bedeutung sind.

Nach einer kurzen Übersicht über die Werkstoffe der Feinmechanik, darunter über die Isolierstoffe und Isolierpreßstoffe, werden den festen und lösbaren Verbindungen umfangreiche Kapitel gewidmet. Verschweißungen, Verpressungen, Versickungen, Verbördelungen, Einbettungen u. dgl. stellen feste Verbindungen dar, wie sie der Maschinenbau nicht kennt. Ebenso sind die lösbaren Verbindungen durch den Wegfall nennenswerter Kräfte und Geschwindigkeiten anders gestaltet, und auch die bewegten Verbindungen, die Lagerungen und Führungen, sind schon durch den meist verlangten Wegfall jeder Schmierung in ganz besonderer Art ausgebildet. Die weiteren Kapitel enthalten unter der Bezeichnung „Triebmittel" zunächst die Speicher (Gewichte und Federn), die Leiter (außer Bedienungsmitteln die Achsen und Wellen) und die Getriebe als Reibgetriebe, Zahngetriebe, Zugmittelgetriebe, Schraubengetriebe und Hebel- und Kurbelgetriebe, denen sich die Schaltwerke anschließen. Unter „Regelwerken" sind dann als „Feststellungen" die Bremsen, Rastwerke, Verriegelungen und Gesperre zusammengefaßt, und als „Geschwindigkeitsregler" findet man die schon im Prinzip von den Reglern des Maschinenbaues abweichenden Bremsregler und Hemmregler und schließlich die Dämpfungen.

Ein besonderer Vorzug dieses Werkes liegt darin, daß es nicht nur eine klare übersichtliche Einteilung des weitverzweigten Gebietes, sondern an den Stellen, wo es möglich ist, auch eine rechnerische Behandlung bringt, so daß der Konstrukteur nicht mehr wie bisher nur auf Erfahrungswerte angewiesen ist. Er ist jetzt beispielsweise in der Lage, die besonderen Verhältnisse bei den Spitzenlagerungen und Federn elektrischer Meßgeräte, den Geschwindigkeitsreglern für Relais und Laufwerke, den Dämpfungen bei Meßgeräten usw. rechnerisch zu überprüfen. Zum Verständnis tragen ganz besonders die äußerst zahlreichen, mustergültig hergestellten Zeichnungen bei, die Beispiele aus den verschiedensten Gebieten der feinmechanischen Technik bringen. Dadurch ist insbesondere dem Konstrukteur elektrotechnischer Geräte Gelegenheit gegeben, gut durchgebildete Bauelemente aus anderen Industriezweigen zu übernehmen, die ihm sonst schwerlich zugänglich sein würden.

So haben die Verfasser für die gesamte deutsche feinmechanische Industrie im weitesten Sinne das Fundament geschaffen, das für die weitere wissenschaftliche Erfassung der feinmechanischen Technik und ihre Aufnahme als Unterrichtsfach für Schulen Voraussetzung war. Trägt einmal die wissenschaftliche Behandlung dieses Gebietes ähnliche Früchte, wie dies in der Chemie und in der Elektrotechnik der Fall ist, so wird immer ein wesentlicher Teil dieses Verdienstes auf die Verfasser dieses grundlegenden Werkes zurückzuführen sein.

Kniehahn.

Werkstoffprüfung (Metalle). Von Prof. Dr.-Ing. P. Riebensahm und Dr.-Ing. L. Traeger. (Werkstattbücher, herausg. v. E. Simon, H. 34.) Mit 92 Fig. i. Text u. 68 S. in 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 2 RM.

Das Buch soll dem Konstrukteur und Betriebsingenieur einen Überblick über die grundlegenden Untersuchungsverfahren der Werkstoffprüfung geben. Es ist in 3 Abteilungen gegliedert, von denen die Untersuchung der mechanischen Eigenschaften der Metalle den Hauptinhalt des Buches bildet, während in den beiden anderen Abteilungen die metallographische und die Röntgenuntersuchung nur verhältnismäßig kurz behandelt sind. An der Hand klarer Abbildungen werden nacheinander die verschiedenen statischen und dynamischen Untersuchungen behandelt, auch die Universalprüfmaschine von Losenhausen für Druck-, Zug- und Biegungsbeanspruchung ist nicht vergessen. Während diese Untersuchungen zur Be-

stimmung der Widerstände dienen, die die Werkstoffe bei den verschiedensten Beanspruchungen zu leisten imstande sind, wird durch die im Anschluß hieran besprochenen technologischen Prüfungen das Verhalten der Werkstoffe unter verschiedenen äußeren Verhältnissen, im kalten und warmen Zustande beobachtet. Bei der großen Wichtigkeit der Werkstoffprüfungen für den neuzeitlichen Maschinenbau und dem Umfange, den dieses Gebiet in den letzten Jahrzehnten angenommen hat, ist das Erscheinen eines solchen Heftes, das das Wichtigste hierüber in gedrängter Form vermittelt, nur zu begrüßen. Witt.

Rostfreie Stähle. Berecht. dt. Bearb. d. Schrift „Stainless Iron and Steel" v. J. H. G. Monypenny in Sheffield. Von Dr.-Ing. R. Schäfer. Mit 122 Textabb., VIII u. 342 S. in 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 27 RM.

Schäfer hat der stahlerzeugenden und -verbrauchenden Industrie bereits mehrere wertvolle Bücher geschenkt, nämlich zwei Übersetzungen von Büchern des bekannten englischen Metallurgen Brearly, Die Werkzeugstähle und ihre Wärmebehandlung, das wohl in keiner deutschen Werkstätte fehlt, und Die Einsatzhärtung von Eisen und Stahl, gleichfalls von Brearly, und ein selbst verfaßtes: Die Konstruktionsstähle und ihre Wärmebehandlung. Mit der vorliegenden Übersetzung Rostfreie Stähle wird ein Gebiet bearbeitet, dem unzweifelhaft eine große Zukunft, man möchte sagen die Zukunft der Stahlerzeugung bevorsteht. Man wird sich fragen, warum Schäfer so gern zur Übersetzung englischer Bücher greift. Das Vorwort gibt darüber keinen Aufschluß. Ein so ausführliches deutsches Buch über den Gegenstand allein gibt es zur Zeit nicht. Die wertvollen deutschen Arbeiten finden sich nur schwer zugänglich in den Zeitschriften verstreut. Schäfer hat sie in der Übersetzung mitverarbeitet und im Literaturnachweis aufgeführt, und hat damit die Einseitigkeit des englischen Originals ausgeglichen. Er hätte aber gerade so gut ein selbständiges Buch schreiben können. Es bleibt also eine offene Frage, ob ihn die einfache, anschauliche englische Schreibweise, die auch jedem Leser gefallen wird, anzog, oder ob er damit betonen wollte, daß die Engländer immer noch in der Erzeugung von legierten Stählen an der Spitze marschieren. Die Behandlung der metallurgischen Grundlagen ist etwas abweichend von der hierzulande üblichen, was dem Ingenieur, der das Buch zur Wiederauffrischung und Ergänzung der etwas verblaßten Kenntnisse zur Hand nimmt, nur willkommen sein kann. Sie ist aber auch dem Verständnis des weniger metallurgisch gebildeten Verbrauchers angepaßt, der sich heute mit der Beschreibung der Herstellung, Behandlung und Verwendung der rostfreien Stähle allein nicht mehr begnügen darf, sondern sich in die thermischen Vorgänge bei der Erzeugung und Verarbeitung vertiefen muß. — Über rostfreies Gußeisen ist in dem Buche leider nichts zu finden, auch fehlt ein alphabetisches Inhaltsverzeichnis.

M. Escher.

Metallographie. Von Prof. Dr. Guertler. Bd. 2: Die Eigenschaften der Metalle und ihrer Legierungen. 2. Teil: Physikalische Metallkunde. 7. Abschn. Die thermische Leitfähigkeit. Von Dr. A. Schulze. 2. Lief. Mit 83 Textabb., 1 Anh., XII u. 317 S. in 8°. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin 1927. Preis geh. 12,40 RM.

Mit der an ihm gewohnten musterhaften Sorgfalt und Klarheit ordnet der Verfasser den recht lückenhaften Stoff in 4 Kapiteln, je nachdem die behandelten Legierungen aus zwei Bestandteilen zusammengesetzt sind, die sich im festen (kristallisierten) Zustande nicht oder vollständig oder begrenzt mischen oder chemisch verbinden. Im 5. Kapitel behandelt er den wichtigen Sonderfall, daß der eine Bestandteil nur wenig vom anderen enthält (verdünnte Lösungen). Im 6. Kapitel erörtert er die Legierungen aus drei und mehr Metallen (Aluminiumlegierungen, Bronzen usw.). Es folgen kleine Kapitel über Oxyde, Sulfide, Chloride, gepreßte Pulver, Einfluß von Temperatur, Druck und Verformung auf das Wärmeleitvermögen usw.

Trotzdem das genaue Messen der Wärmeleitfähigkeit weit schwieriger ist als das der elektrischen Leitfähigkeit, ist doch, wie das Heft zeigt, ein guter Grundstock vorhanden, auf den sich auch einige theoretische Folgerungen aufbauen lassen. K. Arndt.

Heimtechnik. Von Dr.-Ing. L. Schultheiß. Einführungswort v. Geh. Rat Prof. Ch. Prinz. Mit 127 Abb., 23 Zahlentaf., X u. 158 S. in gr. 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1929. Preis kart. 8,50 RM.

Das Buch füllt zweifellos eine schon lange bestehende Lücke aus, indem es sich vom Standpunkt des Technikers mit den Fragen der Heimtechnik auseinandersetzt. Erfreulicherweise geht es über den Rahmen der bloßen Beschreibung unzähliger, meist bekannter Geräte und Maschinen weit hinaus und versucht die Kenntnisse zu schaffen, die zu einer kritischen Beurteilung von Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit technischer Hauseinrichtungen nötig sind. Unterstützt durch gute Bilder und viele übersichtliche Diagramme behandelt Schultheiß nach einem kurzen Hinweis auf die Grundzüge wissenschaftlicher Betriebsführung im Haushalt die Frage der zweckmäßigsten Raumanordnung und -ausnutzung. Besonderes Augenmerk schenkt er naturgemäß der technischen Einrichtung der Küche. Daß schließlich in übersichtlicher Form die Reinigung der Wäsche besprochen wird, ist allgemein zu begrüßen, zumal bisher über diesen wichtigen Zweig der Hauswirtschaft leider auch in Fachkreisen noch recht wenig Klarheit herrscht.

Den Elektrotechniker interessiert es am meisten, wie sich der Verfasser mit den Fragen der Elektrizität im Haushalt, und zumal der Elektrowärme, auseinandersetzt. Ohne sich allzusehr auf eine eingehende Beschreibung der einzelnen Gerätetypen einzulassen, versucht er möglichst objektiv, die Vorteile des elektrischen Kochens und der elektrischen Heißwasserbereitung ins rechte Licht zu rücken. Ob man ihm allerdings bei allen Wirtschaftlichkeitsberechnungen folgen kann, erscheint fraglich. Wenn dabei z. B. mit irgendeinem beliebigen kWh-Preis gerechnet wird, so sollte dieser doch für alle Rechnungen gleich angenommen werden. Daß Schultheiß einmal mit 17 Pf und dann mit 18 Pf/kWh rechnet (S. 123), scheint nicht recht begründet. Wird überhaupt ein derartiger Mittelpreis angenommen, dann wäre wohl der in Berlin allgemein übliche von 16 Pf am Platze gewesen. Für die Untersuchung über das Kochen dürfte sich aber bei der Einführung eines Preises von 10 Pf/kWh, wie er heute in größeren elektrischen Siedlungen für Kochstrom meist gewährt wird, ein klarerer Überblick über die tatsächlichen Verhältnisse ergeben. Das gleiche gilt auch für die Gaspreise. Warum wählt der Verfasser hier den extrem niedrigen Preis von 15 Pf/m³? Daß dadurch natürlich die Energiekosten an Allgemeingültigkeit verlieren, liegt auf der Hand. Auch sonst stellt Schultheiß die Vergleiche auf eine für die Elektrizität eher zu ungünstige Basis. Ein Wirkungsgrad von Kochplatten von 50 % (S. 69) oder 55 % (S. 46) ist zweifellos für neuzeitliche Hochleistungsplatten zu niedrig, wie ja auch die vom Verfasser selbst angestellten Versuche, die einen Wirkungsgrad von 90 % ergaben, beweisen. Selbst wenn man die zur Erhitzung der Kochplatten benötigte Wärmemenge berücksichtigt, ergeben sich bei Verwendung geeigneter Kochgeschirre Wirkungsgrade von etwa 70 %. Wenn dann anderseits der Wirkungsgrad von Gasheißwassererzeugern mit 90 % angegeben wird, so erscheint dies, besonders beim Kochbetrieb, wobei sehr häufig kleine Wassermengen entnommen werden, reichlich hoch. Auch beim Vergleich der Elektrokühlschränke mit den Eisschränken kommen erstere etwas zu schlecht weg. Die Anschaffungskosten sind reichlich hoch angenommen (es gibt heute gute Absorptionsschränke für etwa 700 RM und Kompressionsschränke für 800 ... 1000 RM). Auch kann beim Absorptionsschrank angenommen werden, daß die Beheizungszeit in die Nachtstunden mit entsprechend niedrigen Tarifen fällt. Daß bei Kompressionsschränken noch 30 h für Bedienung (gegenüber 50 h beim Eisschrank) benötigt werden, ist unerklärlich, da derartige Schränke doch meist vollselbsttätig arbeiten und demnach keinerlei Bedienung beanspruchen, während anderseits die zeitraubende Eisfüllung ja hinreichend bekannt ist.

Diese kleinen Ausstellungen, die bei einer zweiten Auflage leicht berücksichtigt werden können, sollen aber den Wert des ausgezeichneten Buches keineswegs schmälern. Es gibt nicht nur dem Fabrikanten von Heiz-, Koch- und Haushaltgeräten manche Anregung, sondern sollte auch bei keinem Werbeingenieur fehlen. Ebenso werden Techniker, Installateure und Haushaltungschulen das Buch nutzbringend verwerten können. Auch den projektierenden Ingenieuren und Architekten vermag es gute Dienste zu leisten. Nach dieser Richtung hin kann bei einer zweiten Auflage noch besonders durch die Behandlung der Frage zweckmäßiger und hinreichender Installation, die ja gewissermaßen voraussetzende Bedingung für eine umfangreiche Benutzung elektrischer Geräte ist, manche Anregung gegeben werden.

Mörtzsch.



GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Das neue Abkommen der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft mit der General Electric Co.[1] — Zwischen der AEG und der International General Electric Co. als Trägerin der Auslandsinteressen der General Electric Co. New York, ist ein Plan der Zusammenarbeit vereinbart worden, der alle Teile der Welt umfaßt. Es ist bekannt, daß zwischen der AEG und der General Electric Co. seit mehr als 25 Jahren freundschaftliche Beziehungen bestehen, die im wesentlichen auf einem Patent- und Erfahrungsaustausch beruhen. Diese Abkommen, die durch den Krieg unterbrochen und bald nach diesem wieder erneuert wurden, haben sich für beide Firmen als so wertvoll erwiesen, daß sich der Wunsch nach deren Ausbau und Vertiefung ergeben hat. Die in Aussicht genommene Weiterentwicklung der Zusammenarbeit bezweckt auch eine Verstärkung der freundschaftlichen Beziehungen zu den nationalen Starkstrom-Fabrikations-Unternehmungen in den Hauptindustrieländern Europas, die mit der International General Electric Co. und der AEG im Vertragsverhältnis stehen. Im Zusammenhang mit der Änderung des Abkommens wird eine Kapitalbeteiligung der International General Electric Co. an der AEG eintreten. Die International General Electric Co. erwirbt nominal 30 Mill RM Stammaktien der AEG mit Dividendenberechtigung zur Hälfte vom 1. X. 1929, zur anderen Hälfte vom 1. IV. 1930 ab zu einem Kurse von 200 %. Ein Teil der hierfür erforderlichen Aktien soll durch eine Kapitalerhöhung, der andere durch in Stammaktien umgewandelte Vorzugsaktien der AEG beschafft werden. Zu diesem Zweck wird den Besitzern von Vorzugsaktien der AEG Lit. A und Lit. B seitens der Berliner Handels-Gesellschaft im Namen eines Bankenkonsortiums ein Umtausch in Stammaktien der Gesellschaft derart angeboten, daß sie für den Nennbetrag der Vorzugsaktien Stammaktien im halben Nennbetrag sowie eine Barzahlung von 20 % auf den Nennbetrag der Vorzugsaktien erhalten. Der Vorzugsaktionär behält seinen Dividendenschein für das gegenwärtige Geschäftsjahr 1928/29 und erhält Stammaktien mit Dividendenberechtigung ab 1. X. 1929. Demgemäß werden für je nom. 600 RM Vorzugsaktien mit Dividendenberechtigung ab 1. X. 1929 nom. 300 RM Stammaktien der AEG mit Dividendenberechtigung ab 1. X. 1929 nebst einem bar auszuzahlenden Betrag von 120 RM gewährt. Die Kosten und die Börsenumsatzsteuer gehen zu Lasten des Bankenkonsortiums. Die vom Bankenkonsortium eingetauschten Vorzugsaktien werden gegen Zahlung von mindestens 80 % des Nennwerts in Stammaktien umgewandelt. Diese umgewandelten Stammaktien sollen, soweit sie nicht zur Befriedigung der Ansprüche der Vorzugsaktionäre verwendet werden, der I. G. E. überlassen werden. Zwecks Durchführung dieser Transaktion haben Aufsichtsrat und Vorstand der AEG folgenden Beschluß gefaßt: Die auf den 27. VIII. einzuberufende außerordentliche Generalversammlung soll der Verwaltung die Ermächtigung erteilen, das Aktienkapital der AEG von 186,250 Mill RM um bis zu nom. 23,750 Mill RM zu erhöhen. Die Satzung soll dahin ergänzt werden, daß die Vorzugsaktien durch Beschluß der Generalversammlung mit Zustimmung der Inhaber der umzuwandelnden Vorzugsaktien in Stammaktien umgewandelt werden können. Von der Ermächtigung zur Schaffung der neuen Aktien soll nur insoweit Gebrauch gemacht werden, als dieses zur Durchführung der vorstehend geschilderten Transaktion erforderlich ist.

Zur Lage der schweizerischen Elektrizitätsindustrie. — Die Ind. Handelszg.[2] entwirft folgendes Bild zur Lage, in der sich die schweizerische Elektrizitätsindustrie befindet: „Alle Unternehmungen, die sich in der Schweiz mit Elektrizität befassen, waren das ganze Jahr 1928 voll beschäftigt, so daß eine große Anzahl von Arbeitern und anderen Hilfskräften neu eingestellt werden konnte. Allerdings wird über die außerordentlich niedrigen Preise geklagt. Die Schweiz ist mit 75 % ihrer Produktion auf den Weltmarkt angewiesen, und die Konkurrenz nimmt immer mehr zu. Die Bestellungen der Bundesbahnen lassen nach, da ein großer Teil der Strecken bereits elektrisiert ist. Geklagt wird auch über die Verkürzung der Lieferfristen, die zur Erhöhung der Unkosten zwingt. Aussichten für die nächsten Jahre bieten sich im Auslande, hauptsächlich in Südamerika, Italien, Frankreich und Spanien. Man hat sich bereits durch die befreundeten Großbanken um Konzessionen für Wasserkraftausnutzung in diesen Ländern beworben, und neu gegründet wurden elektrische Holding-Gesellschaften: die Schweizerisch-Amerikanische Elektrizitäts-Gesellschaft in Zürich (Kapital 92 Mill Fr), die Schweizerisch-Argentinische Elektrizitäts-Gesellschaft in Basel (Kapital 10 Mill Pes), wozu Expansionen der Trust-Gesellschaften und Kapitalserhöhungen auf diesem Gebiete kommen.

Trotz verschärfter ausländischer Konkurrenz zeigt der Inlandsmarkt eine gesteigerte Aufnahmefähigkeit für elektrotechnische Erzeugnisse. Die Verwendung elektrischer Kraft für industrielle Zwecke, für Beleuchtung und für den Haushalt nimmt zu. Die Produktion elektrischer Energie aus Wasserkräften betrug im vergangenen Jahre rd. 5 Mrd kWh, wovon etwas über 1 Mrd, also rd. 20 %, ausgeführt wurden. Der Kohlenimport der Schweiz (Steinkohle, Koks und Briketts) hatte 1928 einen Wert von 130 Mill Fr. Die für das Inland mit Wasserkraft gewonnenen 4 Mrd kWh würden bei Herstellung aus Kohle eine Mehreinfuhr im Werte von 120 Mill Fr erfordern. Das ergibt ein sehr günstiges Verhältnis, welches beim Ausbau weiterer Kraftwerke, die geplant sind, zur Aktivierung der Handelsbilanz reichlich beitragen wird.

Die Einfuhr elektrischer Erzeugnisse betrug im Jahre 1928 26,8 Mill Fr, also 6,7 Mill Fr mehr als im Vorjahre, hauptsächlich Telephon- und Telegraphenapparate, sonstige Instrumente, Dynamomaschinen, Glühlampen, Isolatoren, Elektroden, Kabel. Deutschland hat 60 % der Dynamomaschinen geliefert (daneben lieferten Holland und Frankreich), ferner 58 % der elektrischen Apparate und Instrumente (England 31 %), von den Glühlampen 50 % (Holland 30 %), an Telephon- und Telegraphenapparaten 55 % (27 % Holland), Akkumulatoren 50 % (Frankreich 25 %), Porzellanisolatoren 90 % (früher hauptsächlich aus Dänemark), Elektroden 95 % (früher aus den Vereinigten Staaten).

Die Ausfuhr ist im Jahre 1928 auf 80 Mill Fr gestiegen, 17 Mill Fr mehr als im Vorjahre. Davon sind 36 Mill Dynamomaschinen und 30 Mill Instrumente und Apparate. Für Glühlampen, Telephone, Kabel usw. bleiben also nur noch 14 Mill. Hauptabsatzgebiet ist Spanien geworden; es nahm 30 % der Dynamomaschinen, 25 % von den Instrumenten und Apparaten. Glühlampen bezieht hauptsächlich Holland. Elektrische Lokomotiven gingen viel nach Spanien. Angesichts der steigenden Verwendung elektrischer Kraft in allen Ländern der Erde erscheinen die Aussichten für den schweizerischen Export auch weiterhin günstig."

Im einzelnen ergibt sich der schweizerische Außenhandel mit besonders wichtigen elektrotechnischen Erzeugnissen aus folgender, dem Bull. SEV 1929, Nr. 7, entnommenen Übersicht für die Jahre 1927/28:

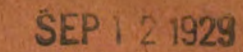
Erzeugnisse	Einfuhr				Ausfuhr			
	Mengen in dz		Wert in 1000 Fr		Mengen in dz		Wert in 1000 Fr	
	1928	1927	1928	1927	1928	1927	1928	1927
Dynamomaschinen	5 669,3	3 772,2	3 518,1	2 404,3	122 372,7	87 761,4	36 364,3	28 444,4
Kontroll-, Zähl-, Meßinstrumente	376,4	320,9	676,1	647,1	12 651,8	10 653,3	16 696,2	13 214,8
Apparate für angewandte Elektrizität	6 823,4	5 604,2	5 016,2	4 158,8	18 198,6	17 089,3	13 824,4	14 320,9
Glühlampensockel	1 181,0	866,1	3 481,9	2 447,7	1 878,4	1 473,2	3 579,3	2 993,7
Kochherde für elektrothermische Betriebe	136,6	69,8	63,5	22,9	4 979,5	2 952,2	1 925,2	1 234,9
Bügeleisen desgl.	55,2	41,8	23,4	18,1	1 448,1	1 178,4	467,6	373,8
Elektrische Lokomotiven	—	33,5	—	11,2	12 951,9	5 367,0	5 672,0	2 216,2
Telephon- und Telegraphenapparate	3 495,2	2 663,9	6 973,1	5 001,7	816,7	579,9	1 812,5	959,1
Isolierröhren	28,7	28,0	4,0	3,4	246,3	102,7	21,2	9,8
Porzellanisolatoren	11 919,1	9 091,1	1 821,5	1 400,5	340,0	599,7	89,0	79,8
Isolierte Kabel und Drähte	2 080,2	1 731,6	763,6	601,8	2 361,5	2 358,9	1 475,1	1 393,1

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1179.
[2] 1929, Nr. 150.

Abschluß des Heftes: 10. August 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



50. JAHRGANG

ETZ

[E]LEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

[...]HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9

[...]–1252) 22. AUGUST 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 22. August 1929 | Heft 34

Die Stromwendungschwankungen der Spannung von Gleichstromerzeugern.

Von Ing. Dr. techn. Heinrich Sequenz, Wien.

Übersicht. Mit Hilfe einer Wicklungsdarstellung, die in einer Verbindung des Spannungsvieleckes mit dem von Arnold angegebenen „reduzierten Schema" besteht, werden Formeln für die Ungleichförmigkeit der Spannung, die durch den Stromwender bei den Gleichstromerzeugern hervorgerufen wird, abgeleitet. Untersucht werden nur Wicklungen, bei denen die Stegzahl gleich der Nutenzahl und die Stegzahl ganzzahlig durch die Paarzahl der Ankerstromzweige teilbar ist.

I. Begründung der Arbeit.

Die Gleichstrommaschine hat in letzter Zeit sowohl als Erzeuger des hochgespannten Stromes zur Speisung der Anoden von Röhrensendern im drahtlosen Verkehr[1] als auch im Fernsprechverkehr als Stromquelle neben einer Batterie[2] Verwendung gefunden.

In beiden Fällen muß auf besondere Reinheit der Gleichspannung, auf ein Freisein der Spannung von Oberwellen geachtet werden.

Es mangelt nun nicht an Arbeiten, die sich mit den Grundsätzen beschäftigen, nach denen eine Gleichstrommaschine gebaut werden muß, damit sie möglichst oberwellenfrei arbeitet[3]. Doch wird einerseits der Einfluß der Spannungschwankungen, die durch den Stromwender hervorgerufen werden, damit abgetan, daß man sagt, er sei bei genügend großer Stegzahl vernachlässigbar klein, anderseits werden diese Spannungschwankungen aber in der Weise untersucht, wie es von Arnold-la Cour in der „Gleichstrommaschine" geschah[4], die jedoch irrtümlich ist und zu Formeln für die Ungleichförmigkeit führt, die nicht gelten können. Aus all den angeführten Gründen soll dieser Aufsatz versuchen, einen Einblick in die Verhältnisse zu gewähren, die die Spannungschwankungen beeinflussen, welche vom Stromwender hervorgerufen werden.

II. Darstellung der Wicklung.

Die folgenden Untersuchungen werden mit Hilfe einer Wicklungsdarstellung ausgeführt werden, die in einer Verbindung des Spannungsvieleckes mit dem von Arnold angegebenen „reduzierten Schema" besteht. Diese Wicklungsdarstellung wurde von mir in der ETZ 1928, S. 1217, beschrieben, als die „Symmetriebedingungen für Gleichstromankerwicklungen" behandelt wurden. Sie ist wohl ohne weiteres verständlich. Nur ist dabei zu beachten, daß das $2a$-polige reduzierte Schema von Arnold in ein zweipoliges verwandelt wurde, so daß die Zahl der Umläufe der Ringwicklung die gleiche wird wie die Zahl der Umläufe des Spannungsvieleckes. Aus dem einen Stromwender des Arnoldschen Wicklungsbildes werden a Stromwender. Spannungsvieleck, Ringwicklung und Stromwender haben also a Umläufe. a ist dabei die Paarzahl der Ankerstromzweige.

[1] E. Rappel, „Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen als Anoden-Stromgeneratoren". ETZ 1927, S. 1285.

[2] K. Hammers, „Oberwellenfreier Gleichstromgenerator" (Telephonmaschine). Arbeiten aus dem Elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule Aachen Bd. 2 (1926/27), Berlin 1928. Verlag von Julius Springer.

[3] s. Fußnote 1 u. 2. Dipl.-Ing. Pederzani, „Gleichstrom-Hochspannungs-Generatoren". El. u. Maschinenb. 1926, S. 627. — R. Rüdenberg, „Der Einfluß der Zähne und Nuten auf die Wirkungsweise der Dynamoanker". El. u. Maschinenb. 1907, S. 599.

[4] Arnold-la Cour, „Die Gleichstrommaschine" Bd. 1, S. 200, Berlin 1919, Verlag von Julius Springer.

III. Spannungschwankungen.

Es mögen hier nur jene Wicklungen behandelt werden, für welche die Stegzahl K durch die Paarzahl der Ankerstromzweige ganzzahlig teilbar ist. In diesem Falle decken sich die a Umläufe des Spannungsvielecks, und alle Umläufe haben die gleiche Seitenzahl, nämlich $\frac{K}{a}$. Auch die a Umläufe des auf zwei Pole bezogenen reduzierten Schemas decken sich, da jedes Polpaar des Arnoldschen Schemas $\frac{K}{a}$ Spulen enthält. Da außerdem die Bürstenpaare symmetrisch zu den Stegen liegen, so können auch die a Stromwender zusammengelegt werden.

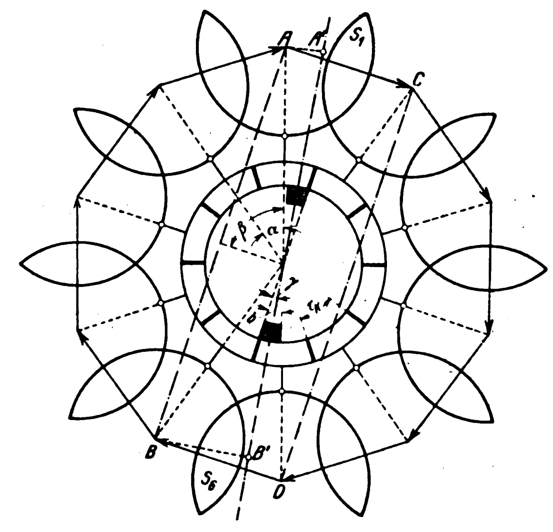


Abb. 1. $\frac{K}{a}$ geradzahlig.

Von diesen Wicklungen sollen außerdem nur die mit gleicher Nuten- und Stegzahl untersucht werden; also nur solche, bei denen in einer Nut zwei Spulenseiten liegen.

Die Ableitung der Formeln für die Spannungschwankungen bei Wicklungen mit mehr als zwei Spulenseiten in einer Nut und jener für Wicklungen, bei denen die Spulen- und Nutenzahl nicht durch die Paarzahl der Ankerzweige ganzzahlig teilbar ist, würde diesen Aufsatz ungemein erweitern und soll aus diesem Grunde einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben.

1. Bürstenbreite < Stegteilung ($b < \tau_k$).

a) $\frac{K}{a}$ geradzahlig.

Der Höchstwert der Spannung tritt augenscheinlich dann auf, wenn die Bürstenmitten mit den Stegmitten zusammenfallen. Dieser Höchstwert ist dann gleich dem Durchmesser des Spannungsvielecks, also $2R$, wenn R den Halbmesser bedeutet.

Der Kleinstwert der Spannung wird dagegen auftreten, wenn die Bürsten die in der Abb. 1 gezeichnete Lage zum Anker haben, d. h. wenn die Spulen

S_1 und S_8 beginnen kurzgeschlossen zu werden, denn dann ist die Spannung aller Ankerstromzweige die Projektion der Vielecksehnen $\overline{AB}$ oder $\overline{CD}$ auf die Bürstenverbindungslinie. Und diese Projektion ist am kleinsten, wenn der Winkel zwischen den Sehnen $\overline{AB}$ oder $\overline{CD}$ und der Bürstenverbindungslinie am größten ist; was aber bei der gezeichneten Bürstenstellung, wie man deutlich sieht, der Fall ist. Der Kleinstwert der Spannung wird mit

$$\alpha = \frac{2\pi}{\frac{K}{a}},$$

$$\beta = \frac{1}{2}\left(\frac{K}{2a} - 1\right)\frac{2\pi}{\frac{K}{a}},$$

$$\gamma = \frac{2\pi}{\frac{K}{a}}\,\frac{\frac{b-i}{2}}{\tau_k},$$

und

$$\overline{AB} = 2R\sin\beta;$$

$$\overline{A'B'} = 2R\sin\beta\cos\gamma = 2R\cos\frac{\pi}{\frac{K}{a}}\cos\frac{\pi}{\frac{K}{a}}\,\frac{b-i}{\tau_k},$$

wenn i die Stärke des Isolationssteges bedeutet.

Die Spannungschwankung in Hundertteilen vom Mittelwert wird

$$\varepsilon\,\% = \pm\frac{2R - \overline{A'B'}}{2R + \overline{A'B'}}\cdot 100\,\%$$

$$= \pm\frac{1 - \cos\frac{a\pi}{K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{(b-i)}{\tau_k}}{1 + \cos\frac{a\pi}{K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{(b-i)}{\tau_k}}\cdot 100\,\%.$$

Diese Spannungschwankung nähert sich dem Höchstwert, wenn die Bürstenbreite b dem Werte $\tau_k + i$ zustrebt:

$$\varepsilon\,\% = \pm\frac{\mathrm{tg}^2\frac{a\pi}{K}}{2 + \mathrm{tg}^2\frac{a\pi}{K}}\cdot 100\,\%.$$

Da $\frac{a\pi}{K}$ im allgemeinen klein ist, kann man für $\mathrm{tg}\frac{a\pi}{K}$ angenähert $\frac{a\pi}{K}$ setzen. Damit wird

$$\varepsilon\,\% = \pm\left[\frac{a^2\pi^2}{2K^2} - \left(\frac{a^2\pi^2}{2K^2}\right)^2 + \left(\frac{a^2\pi^2}{2K^2}\right)^3 - + \ldots\right]\cdot 100\,\%$$

$$\approx \pm\frac{493}{\left(\frac{K}{a}\right)^2}\,\%.\text{*5}$$

Zu beachten sind bei den Spannungschwankungen aber nicht nur ihre Größe sondern auch ihre Frequenz. In Abb. 2, die aus der Abb. 1 abgeleitet wurde, sind die Spannungschwankungen dargestellt. Die Wellendauer ist

$$T = \frac{\tau_k}{v_k}\,[\mathrm{s}]$$

die Frequenz

$$f = \frac{v_k}{\tau_k}\,[\mathrm{Hz}].$$

Die Umfangsgeschwindigkeit des Stromwenders schwankt bei Maschinen mittlerer Größe zwischen 10 und 20 m/s*6. Die Stromwenderteilung beträgt etwa 7,5 mm. Mit diesen Werten wird die Frequenz der Spannungsschwankungen

$$f = \frac{10000 \ldots 20000}{7{,}5} = 1331 \ldots 2662\,[\mathrm{Hz}].$$

Sollen die Spannungschwankungen nicht ½ % überschreiten, so müssen bei geradzahligem $\frac{K}{a}$ mindestens 31 Spulen oder Stromwenderstege in einem Ankerstromzweigpaar vorhanden sein[7].

b) $\frac{K}{a}$ ungeradzahlig. (Abb. 3.)

α) Bürstenbreite < halbe Stegleitung.

Der Höchstwert der Spannung tritt selbstverständlich bei der Bürstenstellung B_1B_1 auf und beträgt

$$\overline{AB} = 2R\sin\left[\frac{1}{2}\,\frac{2\pi}{\frac{K}{a}}\,\frac{\frac{K}{a}-1}{2}\right] = 2R\cos\frac{a\pi}{2K}.$$

Der Kleinstwert der Spannung ist der Mittelwert aus den Projektionen von $\overline{AB}$ und $\overline{AC}$ auf die Bürstenverbindungslinie B_2B_2 oder, wie man sich leicht überzeugen kann, die Projektion von $\overline{AD}$ auf die Bürstenverbindungslinie, mithin also mit

$$\gamma = \frac{2\pi}{\frac{K}{a}}\,\frac{\frac{b-i}{2}}{\tau_k}$$

$$\overline{A'D'} = 2R\cos^2\frac{a\pi}{2K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_k}.$$

Die Spannungschwankungen in Hundertteilen vom Mittelwert werden damit

$$\varepsilon\,\% = \pm\frac{1 - \cos\frac{a\pi}{2K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_k}}{1 + \cos\frac{a\pi}{2K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_k}}\cdot 100\,\%.$$

Bei Annäherung der Bürstenbreite an $\left(\frac{\tau_k}{2} + i\right)$ nähern sich die Spannungschwankungen einem Höchstwerte

$$\varepsilon\,\% = \pm\frac{1 - \cos^2\frac{a\pi}{2K}}{1 + \cos^2\frac{a\pi}{2K}}\cdot 100\,\% \approx \frac{123}{\left(\frac{K}{a}\right)^2}\,\%.$$

β) Bürstenbreite > $\frac{\tau_k}{2}$.

Hier ist der Höchstwert der Spannung

$$\overline{EF} = 2R\cos^2\frac{a\pi}{2K}$$

bei der Bürstenstellung B_3B_3 und der Kleinstwert

$$\frac{\overline{EG}\cos(\alpha-\gamma) + \overline{HK}\cos(\alpha-\gamma)}{2}$$

bei der Bürstenstellung B_4B_4; mit $\alpha = \frac{a\pi}{2K}$ also

$$2R\cos\frac{a\pi}{2K}\cos\frac{a\pi}{K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{2b-\tau_k-2i}{2\tau_k}.$$

Die Spannungschwankungen in Hundertteilen vom Mittelwert sind

$$\varepsilon\,\% = \pm\frac{\cos\frac{a\pi}{2K} - \cos\frac{a\pi}{K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{2b-\tau_k-2i}{2\tau_k}}{\cos\frac{a\pi}{2K} + \cos\frac{a\pi}{K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{2b-\tau_k-2i}{2\tau_k}}\cdot 100\,\%.$$

Dem Höchstwert streben die Spannungschwankungen zu, wenn sich die Bürstenbreite dem Werte $(\tau_k + i)$ nähert. Er beträgt

$$\varepsilon\,\% = \pm\frac{1 - \cos\frac{a\pi}{K}}{1 + \cos\frac{a\pi}{K}}\cdot 100\,\% = \pm\,\mathrm{tg}^2\frac{a\pi}{2K}\cdot 100\,\% \approx \frac{247}{\left(\frac{K}{a}\right)^2}\,\%.$$

Die Spannungschwankungen streben bei Annäherung der Bürstenbreite b an den Wert $(\tau_k + i)$ bei ungeradzahligem $\frac{K}{a}$

*5 Die auftretenden Spannungschwankungen sind also doppelt so groß wie die von Arnold-la Cour in ihrem Buche „Die Gleichstrommaschine" auf den S. 200 u. 201 nach der Formel

$$\varepsilon\,\% = \pm\frac{1 - \cos\frac{a\pi}{K}}{1 + \cos\frac{a\pi}{K}}\cdot 100\,\% = \pm 100\,\mathrm{tg}^2\frac{a\pi}{2K}\,\% \approx \pm\frac{248}{\left(\frac{K}{a}\right)^2}\,\%.$$

berechneten.

*6 R. Richter, „Elektrische Maschinen", Bd. 1, S. 563 bis 565. Berlin 1924. Verlag von Julius Springer.

[7] Arnold-la Cour errechnen für diesen Fall nach ihrer Formel 22 Spulen.

einem Höchstwerte zu, der nur halb so groß ist, als wenn $\frac{K}{a}$ gerade wäre[8].

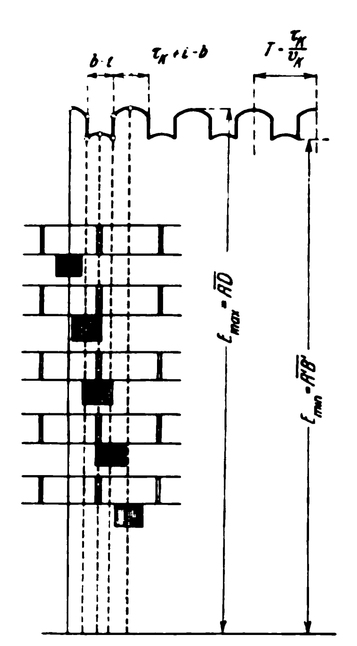


Abb. 2. $\frac{K}{a}$ geradzahlig.

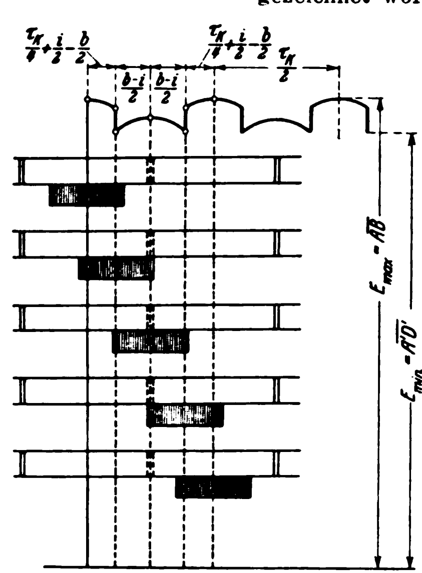


Abb. 4. $\frac{K}{a}$ ungeradzahlig, $b < \frac{\tau_k}{2}$.

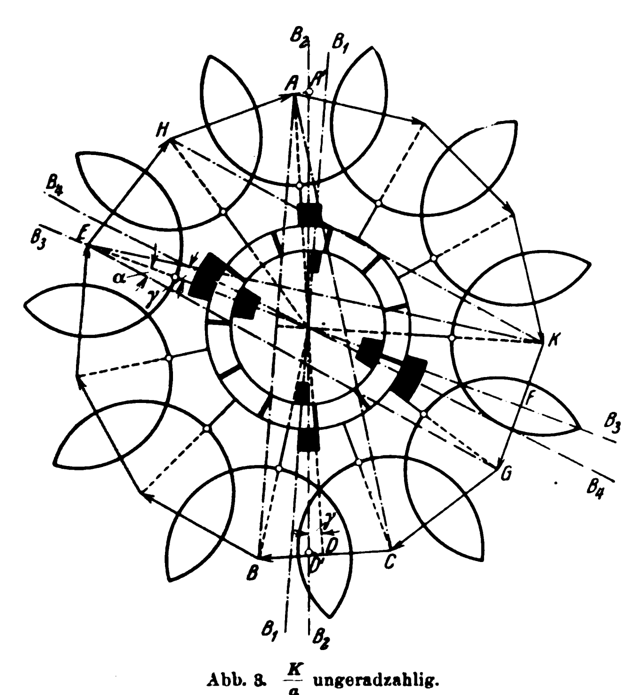


Abb. 3. $\frac{K}{a}$ ungeradzahlig.

Aus den Abb. 4 und 5 ist zu erkennen, daß die Frequenz der Spannungschwankungen bei einem ungeradzahligen $\frac{K}{a}$ doppelt so groß ist als bei geradzahligem $\frac{K}{a}$.

$$f = \frac{2\, v_k}{\tau_k} \text{[**]} \; [\text{Hz}].$$

Mit den mittleren Werten für v_k von 10 ... 20 m/s und für τ_k von 7,5 mm wird die Frequenz

$$f = 2662 \ldots 5324 \; [\text{Hz}].$$

In den Abb. 4 und 5 sind die Spannungschwankungen im Verhältnis zum Mittelwerte der Spannung vergrößert gezeichnet worden.

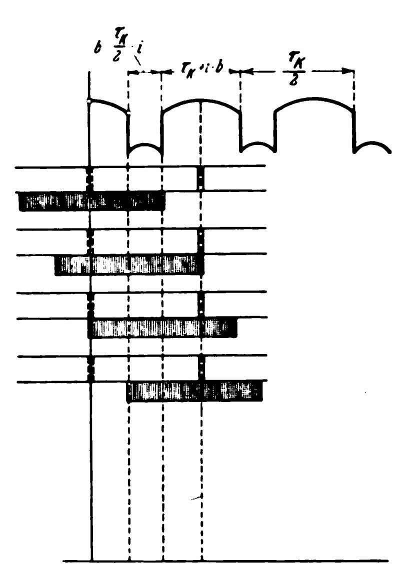


Abb. 5. $\frac{K}{a}$ ungeradzahlig, $b > \frac{\tau_k}{2}$.

Sollen die Spannungschwankungen bei einer Bürstenbreite, die gleich der halben Stegteilung ist, ½ % nicht überschreiten, so müssen in einem Ankerstromzweigpaar mindestens 16 Spulen vorhanden sein.

Ist die Breite einer Bürste gleich einer Stegteilung, dann muß man mindestens 22 Spulen in einem Ankerstromzweigpaare ausführen, damit der Ungleichförmigkeitsgrad der Spannung nicht größer als ½ % wird[10].

2. Bürstenbreite > Stegteilung

$$\left[b = \left(m + \frac{1}{n}\right)\tau_k\right].$$

a) $\frac{K}{a}$ geradzahlig. (Abb. 6.)

α) m geradzahlig.

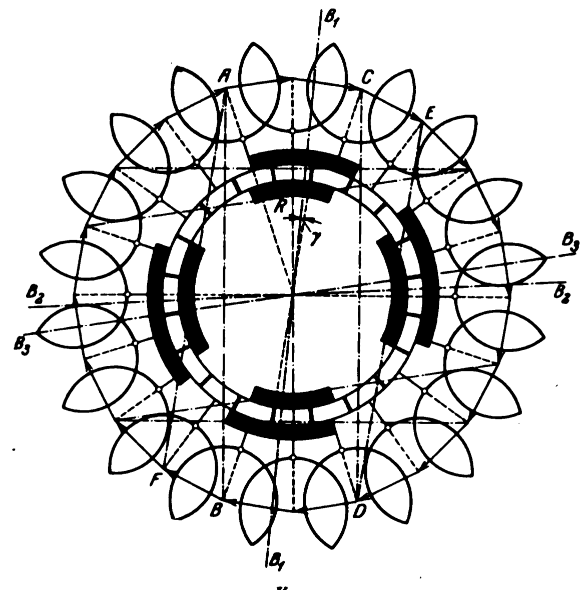


Abb. 6. $\frac{K}{a}$ geradzahlig.

[8] Arnold-la Cour errechneten die Spannungschwankungen bei ungeradzahligem $\frac{K}{a}$ zu

$$\varepsilon^0{}_0 \approx \pm \frac{62}{\left(\frac{K}{a}\right)^2} \%$$

und kamen zu dem Schluß, daß „die Spannungschwankung einer Gleichstrommaschine, herrührend von der Nutung, 4mal kleiner ist, wenn man eine ungerade Anzahl Nuten anstatt der nächstliegenden geraden Nutenzahl pro Polpaar (im reduzierten Schema) wählt".

[**] siehe Fußnote 1.

[10] Bei Arnold-la Cour werden 11 Spulen vorgeschlagen.

Der **H ö c h s t w e r t** der Spannung ist hier offenbar

$$\overline{AB}=\overline{CD}=2R\sin\frac{1}{2}\cdot\frac{2\pi}{\frac{K}{a}}\left(\frac{\frac{K}{a}}{2}-m\right)=2R\cos\frac{ma\pi}{K},$$

wenn R wieder den Halbmesser des dem Vieleck umschriebenen Kreises und m die Zahl der durch eine Bürste kurzgeschlossenen Spulen bedeuten. Bekanntlich schwankt diese Zahl der kurzgeschlossenen Spulen zwischen m und $(m+1)$.

Der **K l e i n s t w e r t**, der bei der Bürstenstellung B_1B_1 auftritt, ist die Projektion von $\overline{ED}$ oder $\overline{AF}$ auf die Bürstenverbindungslinie. Der Kleinstwert der Spannung wird daher mit

$$\overline{ED}=\overline{AF}=2R\sin\frac{1}{2}\cdot\frac{2\pi}{\frac{K}{a}}\left[\frac{\frac{K}{a}}{2}-(m+1)\right]$$

gleich $2R\cos\frac{(m+1)a\pi}{K}\cos\frac{a\pi}{nK}\,\frac{\tau_k-ni}{\tau_k}$.

Die Spannungschwankungen in Hundertteilen vom Mittelwert sind in diesem Falle

$$\varepsilon\,\% \pm \frac{\cos\frac{ma\pi}{K}-\cos\frac{(m+1)a\pi}{K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{\tau_k-ni}{n\tau_k}}{\cos\frac{ma\pi}{K}+\cos\frac{(m+1)a\pi}{K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{\tau_k-ni}{n\tau_k}}\cdot 100\,\%.$$

Für $m=0$ und $b=\frac{1}{n}\tau_k$ geht diese Formel in die für eine Bürstenbreite < Stegteilung abgeleitete über.

β) m u n g e r a d z a h l i g

Daß hier für die Spannungschwankungen sich die gleichen Formeln ergeben wie bei geradzahligem m, sieht man deutlich aus der Zeichnung: Bei der Bürstenstellung B_3B_3 tritt der Höchstwert der Spannung auf, bei der Bürstenstellung B_2B_2 der Kleinstwert.

b) $\frac{K}{a}$ u n g e r a d z a h l i g. (Abb. 7.)

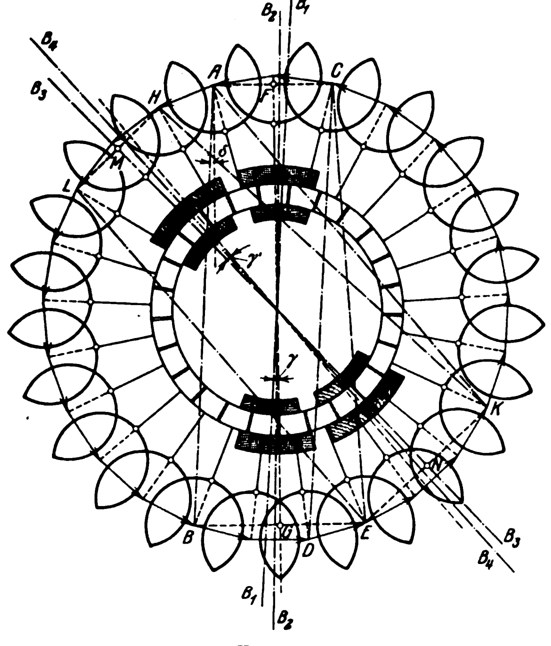


Abb. 7. $\frac{K}{a}$ ungeradzahlig.

α) m g e r a d z a h l i g.

A) $\frac{1}{n}\tau_k<\frac{\tau_k}{2}$.

Der **H ö c h s t w e r t** der Spannung tritt bei der Bürstenstellung B_1B_1 auf und ist der Mittelwert aus den Spannungen, die durch die Vielecksehnen $\overline{AB}$ und $\overline{CD}$ dargestellt sind.

$$\overline{AB}=2R\cos\left(\frac{a\pi}{2K}+\frac{am\pi}{K}\right)$$

$$\overline{CD}=2R\cos\left(\frac{am\pi}{K}-\frac{a\pi}{2K}\right)$$

$$\frac{\overline{AB}+\overline{CD}}{2}=2R\cos\frac{a\pi}{2K}\cos\frac{am\pi}{K}.$$

Der **K l e i n s t w e r t** der Spannung tritt bei der Bürstenstellung B_2B_2 auf und ist der Mittelwert aus den Projektionen der Vielecksehnen $\overline{AB}$ und $\overline{CE}$ auf die Bürstenverbindungslinie oder die Projektion von $\overline{FG}$ auf die Bürstenverbindungslinie, $\overline{FG}=\overline{AB}\cos\delta$; mit $\overline{AB}=2R\cos\left(\frac{a\pi}{2K}+\frac{am\pi}{K}\right)$ und $\delta=\frac{a\pi}{2K}$ wird

$$\overline{FG}=2R\cos\left(\frac{a\pi}{2K}+\frac{am\pi}{K}\right)\cos\frac{a\pi}{2K}.$$

Der Kleinstwert der Spannung ist dann

$$\overline{FG}\cos\gamma=2R\cos\left(\frac{a\pi}{2K}+\frac{am\pi}{K}\right)\cos\frac{a\pi}{2K}\cos\frac{a\pi}{nK}\,\frac{\tau_k-ni}{\tau_k}.$$

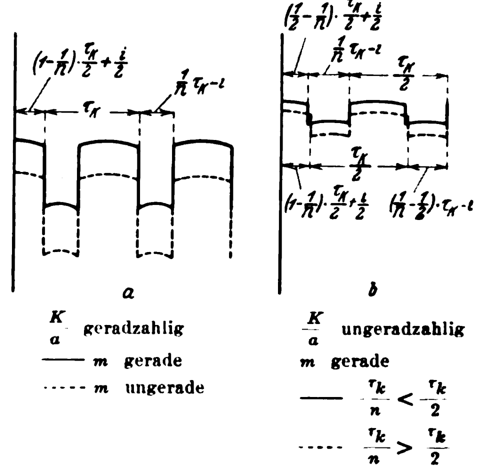


Abb. 8.

Die Spannungschwankungen in Teilen vom Hundert des Mittelwertes werden mit diesen Höchst- und Kleinstwerten

$$\varepsilon\,\%=\pm\frac{\cos\frac{am\pi}{K}-\cos\frac{a\pi(1+2m)}{2K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{\tau_k-ni}{n\tau_k}}{\cos\frac{am\pi}{K}+\cos\frac{a\pi(1+2m)}{2K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{\tau_k-ni}{n\tau_k}}\cdot 100\,\%.$$

B) $\frac{1}{n}\tau_k>\frac{\tau_k}{2}$.

Der **H ö c h s t w e r t** der Spannung, der auftritt, wenn die Bürsten die Lage B_3B_3 einnehmen, ist die Projektion der Vielecksehnen $\overline{LE}$ oder $\overline{HK}$ auf die Verbindungslinie der Bürstenmitten, also dargestellt durch die Strecke $\overline{MN}$.

$$\overline{MN}=2R\cos\left(\frac{a\pi}{2K}+\frac{am\pi}{K}\right)\cos\frac{a\pi}{2K}.$$

Der **K l e i n s t w e r t** der Spannung tritt bei der Bürstenstellung B_4B_4 ein. Er ist der Mittelwert der Projektionen der Vielecksehnen $\overline{LE}$ und $\overline{AK}$ auf die Bürstenverbindungslinie, also

$$\frac{1}{2}\left(\overline{LE}+\overline{AK}\right)\cos\gamma'.$$

Daher wird der Kleinstwert der Spannung

$$2R\cos\frac{a\pi}{2K}\cos\left(\frac{a\pi}{K}+\frac{am\pi}{K}\right)\cos\left(\frac{a\pi}{nK}-\frac{a\pi}{2K}-\frac{a\pi}{K}\,\frac{i}{\tau_k}\right).$$

Die Spannungschwankungen in Teilen vom Hundert des Mittelwertes werden

$$\varepsilon\,\%=\pm\frac{\cos\frac{a\pi(1+2m)}{2K}-\cos\frac{a\pi(1+m)}{K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{2\tau_k-n\tau_k-2ni}{2n\tau_k}}{\cos\frac{a\pi(1+2m)}{2K}+\cos\frac{a\pi(1+m)}{K}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{2\tau_k-n(\tau_k+2i)}{2n\tau_k}}\cdot 100\,\%.$$

β) *m* ungeradzahlig.

Man kann sich leicht davon überzeugen, daß die Formeln, die für die Spannungschwankungen bei geradzahligem *m* abgeleitet wurden, auch für ein ungeradzahliges *m* gelten.

Die Spannungschwankungen bei geradzahligem $\frac{K}{a}$ sind in Abb. 8a dargestellt, u. zw. bezieht sich das Vollausgezogene auf ein geradzahliges *m* und das Gestrichelte auf ein ungeradzahliges *m*. Abb. 8b zeigt die Spannungsschwankungen für ein ungeradzahliges $\frac{K}{a}$ und geradzahliges *m*. Wieder sieht man, daß die Frequenz der Spannungschwankungen bei einem ungeradzahligen $\frac{K}{a}$ doppelt so groß ist wie bei geradzahligem $\frac{K}{a}$.

Bei Maschinen mittlerer Größe ist das Verhältnis Nutenzahl zu Polzahl gewöhnlich 12 ... 16*[11]. Da in der bisher durchgeführten Untersuchung die Stegzahl gleich der Nutenzahl angenommen wurde, so kann geschrieben werden

$$\frac{K}{a} = 24 \dots 32,$$

wenn Wicklungen vorausgesetzt werden, die ebensoviele Ankerstromzweige wie Pole haben.

Die Bürstenbreite beträgt im Durchschnitt bei Maschinen mittlerer Größe etwa 2 ... 3 Stromwenderteilungen[12]; damit wird

$$m = 2 \text{ oder } 3.$$

Die Breite der Isolationsstege beträgt gewöhnlich 0,6 ... 0,8 mm[12]. Die Stromwenderteilung liegt bei etwa 7,5 mm.

Wählt man zum Beispiel die Stegteilung 7,5 mm, die Isolationsstegbreite 0,7 mm, die Bürstenbreite 20 mm, d. i. $m = 2$ und $n = \frac{3}{2}$, so erhält man für die Spannungschwankungen bei einem $\frac{K}{a} = 24$ Stege auf 1 Ankerstromzweigpaar

$$\varepsilon = \pm 2{,}36\,\%.$$

Für dieselben Verhältnisse und ein ungerades $\frac{K}{a}$ von 25 Stegen auf 1 Ankerstromzweigpaar werden die Spannungschwankungen

$$\varepsilon = \pm 1{,}14\,\%,$$

also nur etwa die Hälfte derjenigen, die bei einem nächstliegenden geraden $\frac{K}{a}$ auftreten[13].

Führt man die Rechnung für ein ungerades $\frac{K}{a}$ von 31 Spulen in einem Ankerzweigpaar durch, so werden die Spannungschwankungen

$$\varepsilon = \pm 0{,}725\,\%,$$

während für das nächstliegende gerade $\frac{K}{a}$ von 32 Spulen auf 1 Ankerzweigpaar die Spannungschwankungen wieder etwa doppelt so groß, nämlich

$$\varepsilon = \pm 1{,}32\,\%$$

werden. Aus diesen Rechnungen erkennt man auch, daß für die gewöhnlichen Verhältnisse von Stegzahl zu Ankerstrom-Zweigpaarzahl die Spannungschwankungen größer als ½ % sind. Sollen sie kleiner als ½ % sein, so muß ein Ankerzweigpaar mindestens 39 Spulen enthalten. Diese Zahl gilt für ein ungeradzahliges $\frac{K}{a}$. Sollen dagegen bei einem geradzahligen $\frac{K}{a}$ die Spannungschwankungen kleiner als ½ % sein, so müssen in einem Ankerstromzweigpaar mindestens 52 Spulen vorhanden sein. Bei diesen Zahlen sind die im vorstehenden angegebenen Mittelwerte für *m*, *n*, Isolationsstegbreite *i* und Stegteilung τ_k vorausgesetzt.

*[11] R. Richter „Elektrische Maschinen" Bd. 1, S. 552.
[12] wie Fußnote 11, S. 565.
[13] s. Arnold-la Cour, S. 201, und E. Rappel, ETZ 1927, S. 1288.

Bewegungserscheinungen an Dielektriken unter hohen Feldern*.

Von A. Gyemant, Berlin.

Übersicht. In hohen Feldern kann in Isolatoren durch vier Ursachen eine Bewegung zustande kommen: durch dielektrische Wirkung, durch Verschiebung von Doppelschichten, durch Bewegung von Raumladungen und durch mechanische Kraftwirkung. Die vier Fälle werden einzeln behandelt und an Hand von Beispielen aus der Praxis erklärt.

Im folgenden soll von den Bewegungserscheinungen, welche in Dielektriken unter hohen Feldern auftreten, die Rede sein, u. zw. sollen ausdrücklich jene Bewegungen betrachtet werden, welche infolge der hohen Felder auftreten, jene dagegen, welche zwar in hohen Feldern jedoch aus einem anderen Grunde sich einstellen, von der Betrachtung ausgeschlossen werden. Diese Einschränkung ist schon deshalb notwendig, damit unser Stoff keinen übermäßigen Umfang annimmt. Wir werden sehen, daß es in der Tat solche Bewegungen gibt; zum Schluß soll auf einen solchen Fall etwas näher eingegangen werden.

Um Übersicht in das Gebiet zu bekommen, seien vier Gruppen von Bewegungen unterschieden. Zunächst können wir alle Fälle in zwei Hauptgruppen einteilen, indem wir direkte oder elektrische und indirekte oder mechanische Bewegungen unterscheiden. Unter direkter Bewegung verstehen wir solche, bei welcher die elektrische Kraft unmittelbar an dem Dielektrikum angreift, das die Verschiebung erfährt, die treibende Kraft ist also hier elektrischer Natur. Bei der indirekten Bewegung erfährt die elektrische Energie zunächst eine Umwandlung in mechanische, so daß auf das Dielektrikum, welches bewegt wird, unmittelbar eine mechanische Kraft einwirkt. Wohlgemerkt ist aber letztere ihrerseits eine Folge des hohen Feldes.

Die erste Hauptgruppe sei wiederum in drei Untergruppen eingeteilt, u. zw. je nach dem elektrischen Zustand des Dielektrikums. Ist dieses elektrisch vollkommen neutral, dann haben wir es offenbar mit einer rein dielektrischen Kraftwirkung zu tun. Die erste Gruppe sei deshalb die dielektrische Verschiebung genannt. Ist das Dielektrikum zweitens äußerlich neutral, innerlich jedoch teilweise mit getrennten Ladungen behaftet, dann kann eine Verschiebung der beiden Ladungsträger gegeneinander stattfinden. Solche Trennungen bezeichnet man üblicherweise als Doppelschichten, die Bewegung sei deshalb als Verschiebung von Doppelschichten bezeichnet. Ist drittens das Dielektrikum auch schon äußerlich mit einer überschüssigen Ladung versehen, so haben wir eine wahre Ladung vor uns, an welcher die elektrische Kraft angreift und das Dielektrikum einfach mitbewegt. Diese dritte Gruppe sei daher Bewegung durch Raumladungen genannt. Als vierte Gruppe kommt endlich die vorhin als mechanische Kraftwirkung unterschiedene Hauptgruppe hinzu. Diese vier umfassen unserer Ansicht nach alle hierher gehörigen Fälle. Wir wollen sie im folgenden der Reihe nach betrachten und jede an einigen praktischen Beispielen erläutern.

1. Dielektrische Verschiebung.

Die erste Gruppe war die dielektrische Verschiebung. Sie beruht darauf, daß jedes Dielektrikum im ungleichmäßigen Felde eine Kraftwirkung erfährt, welche für die Volumeneinheit durch

$$\mathfrak{K} = -\frac{\varkappa}{2} \nabla \mathfrak{E}^2$$

gegeben ist ($\varkappa$ Elektrisierungszahl, $\mathfrak{E}$ Feldstärke). Die einzige Bedingung für das Zustandekommen des Effektes ist die Ungleichförmigkeit des Feldes. Diese ist in der

* Habilitationsvortrag an der T. H. Berlin.

Praxis meistens vorhanden, so daß derlei Bewegungen recht häufig auftreten werden. Recht bequem und quantitativ läßt sich die Erscheinung an einer von uns beschriebenen Versuchsanordnung[1] untersuchen. Sie besteht in der Hauptsache aus einer metallischen Kugel, welche über einem Ölspiegel angebracht ist. Die zweite Elektrode befindet sich inner- oder unterhalb des Öles in Plattenform. Einfacher aber ist es, dieselbe ganz fortzulassen und gewissermaßen ins Unendliche zu verlegen. Liegen die Wände des Raumes mindestens 2 m von der isolierten Anordnung entfernt, so kann die Feldstärke daselbst in erster Näherung als von der Wandentfernung unabhängig betrachtet werden.

Man legt zweckmäßig Wechselspannung an die Kugel, um den Effekt möglichst rein zu erhalten, und findet dann eine Erhebung des Spiegels unterhalb der Kugel. Bei weiterer Spannungserhöhung bildet sich eine Säule aus, welche an der Kugel haftet; das Volumen der Säule nimmt mit der Spannung zu. Dieses Hochkriechen des Öles an spannungführenden Metallteilen wird übrigens auch sonst vielfach in Hochspannungs-Laboratorien beobachtet. Um die Untersuchung quantitativ zu gestalten, stülpt man etwa eine Glasglocke über die Kugel und verbindet den unterhalb befindlichen Luftraum mit einem empfindlichen Manometer. Die hochgezogene Flüssigkeit komprimiert die Luft, und die Druckzunahme ist am Manometer ablesbar. Der zu erwartende Effekt konnte theoretisch auf Grund der Annahme abgeleitet werden, daß die Schwere des Öles einerseits durch die elektrische Kraft, anderseits durch den Druck der stark gekrümmten Oberfläche kompensiert wird. Es ergab sich für die Druckzunahme mit der Spannung V:

$$\Delta p = k\, V^2,$$

wo k von den Dimensionen der Anordnung und den Konstanten des Öles in bestimmter Weise abhängt. Die Versuche bestätigten sowohl die quadratische Abhängigkeit von der Spannung als auch die Größe der Konstanten. — Die beschriebene Anordnung ließe auch einige praktische Anwendungen zu, so insbesondere als direktes Hochspannungsvoltmeter, ferner als Überspannungsrelais. Ihre beiden Vorteile sind: erstens die relative Kleinheit der Apparatur: mit einer Kugel von 6 cm Dmr. läßt sich die Spannung bis etwa 90 kV steigern; zweitens, daß unmittelbare Messung oder Regelung von der Hochspannungseite her möglich ist, ohne daß die Übertragung auf die Niederspannungseite elektrisch auch nur die geringsten Schwierigkeiten bereiten würde, denn die Übertragung erfolgt mittels des Luftschlauches.

Als zweites Beispiel dieser Gruppe sei die Ablagerung von Schmutzteilchen an Isolatoren in der Nähe von Hochspannungsklemmen usw. erwähnt. Die in der Luft suspendierten Teilchen wandern infolge ihrer höheren Dielektrizitätskonstante nach Orten höherer Feldstärke hin und bedecken auf diese Weise die Isolatoroberflächen. Auf diese Erscheinung sind vielfach Überschläge, z. B. in Ölschaltern, zurückzuführen, wenngleich sie auch reflektierte Wanderwellen als Ursache haben können.

Ein drittes Beispiel bildet der elektrische Durchschlag feuchten Transformatorenöles. In solchem ist das Wasser in Form kleiner Kugeln als Emulsion vorhanden. Dieselben werden nun erstens in das Feld zwischen die Elektroden hineingezogen, zweitens werden sie sich daselbst strecken. Der Grund für die Streckung ist rein dielektrischer Natur: die Polarisation der Tropfen nimmt mit der Streckung zu. Wir konnten den Grad der Streckung berechnen[2] und erhielten einen bestimmten Zusammenhang zwischen angelegter Feldstärke und stattgehabter Streckung. Erreicht letztere einen so hohen Grad, daß Funkenübergang zwischen benachbarten Tropfen stattfindet, so kommt der Durchschlag zustande. Auf diese Weise war es möglich, den Zusammenhang zwischen Feuchtigkeitsgehalt bzw. Dichte der Tropfen und Durchschlagfeldstärke zu berechnen. Dieser Zusammenhang ist früher von Friese[3] (seitdem auch von anderen) untersucht worden. Er fand mit zunehmender Feuchtigkeit zuerst eine rasche, dann langsame Abnahme der Festigkeit. Die von ihm gefundene Kurve konnte von der Theorie gut wiedergegeben werden.

2. Verschiebung von Doppelschichten.

Diese zweite Gruppe erfordert zunächst das Auftreten von Doppelschichten im Dielektrikum. Solche kommen überall dort zustande, wo zwei Phasen aneinander grenzen. Sie haben im allgemeinen zwei Ursachen. Erstens eine thermodynamische: Die Verteilung der beiden Ionenarten zwischen den beiden Phasen ist eine ungleiche, so daß Gleichgewicht nur durch Auftreten eines Phasengrenzpotentials bestehen kann. Zweitens aber werden durch Adsorption an der Grenze einzelne Ionen angereichert, so daß auch aus diesem Grunde Doppelschichten entstehen können. Infolge der Trennung der Ladungen wird ein angelegtes elektrisches Feld die beiden Phasen gegeneinander verschieben. Ist eine Phase in Form von kleinen Teilchen in der anderen beweglich, so wandern letztere, und die Erscheinung heißt Kataphorese. Ist eine der Phasen in Form eines Maschenwerkes vorhanden und die andere in den Maschen enthalten, so wird letztere durch das Netzwerk durchgepreßt: dies ist die Endosmose. Quantitativ werden sie durch die Helmholtzsche Gleichung beherrscht, wonach die Verschiebungsgeschwindigkeit

$$u = \frac{\mathfrak{E}\,\zeta\,\varepsilon}{4\pi\eta},$$

wo $\mathfrak{E}$ die angelegte Kraft, ζ den Potentialsprung zwischen beiden Phasen, ε die Dielektrizitätskonstante und η die Zähigkeit jener der beiden Phasen, in welcher der räumlich zu denkende Potentialsprung stattfindet, bedeuten. Die notwendigen Bedingungen für das Zustandekommen dieser Bewegung sind also: 1. eine mehrphasige Zusammensetzung des Dielektrikums, wobei die Grenzflächen in Richtung der Kraftlinien angeordnet sein müssen; 2. das Vorhandensein von Ionen überhaupt, m. a. W. eine endliche Ableitung des Isolators, was meistens durch Spuren von Wasser bewirkt wird; 3. die Anlegung eines Gleichfeldes, da in Wechselfeldern nur eine Schwingung der Belegungen, jedoch keine endliche Ortsveränderung stattfindet.

Als Beispiel für die Kataphorese mögen Versuche des Verfassers erwähnt werden, in welchen eine Emulsion von Wasser in isolierenden organischen Flüssigkeiten untersucht wurde[4]. Die beobachteten Bewegungen waren durchweg gering wegen der Kleinheit des angelegten Feldes. In Hochspannungsfeldern erhalten sie aber der obigen Formel gemäß eine viel größere Geschwindigkeit. Ferner läßt sich die Verschiebung an in Transformatorenöl vorhandenen kleinen Teilchen, wie Fasern usw., mikroskopisch gut beobachten, besonders dann, wenn das Öl nicht zu trocken ist. Diese Wanderung wird auch vielfach zur Reinigung des Öles angewendet (so z. B. von Draeger[5]); sorgt man dafür, daß das angelegte Feld die Festigkeit nicht überschreitet, so werden die Fasern wirksam herausgezogen und die nachher gemessene Festigkeit erweist sich wesentlich höher.

Ein Beispiel, in dem die Endosmose zur Wirkung gelangt, bildet der elektrische Widerstand faseriger Isolatoren. Evershed[6] fand, daß derselbe mit steigender Spannung abnimmt, u. zw. etwa nach der Formel

$$R = \frac{k}{\sqrt[n]{V}},$$

wo k eine Konstante und $n \approx 2$ ist. Der Grund hierfür liegt in folgendem. Die faserigen Isolierstoffe enthalten stets ein kapillares System, in welchem Luft und Feuchtigkeit enthalten sind. Die Luftblasen sind von einer dünnen Wasserhaut umgeben, deren Dicke für den Isolationswiderstand des Systems maßgebend ist. Legt man ein elektrisches Feld an, so wandert das Wasser, da es gegen die Fasern positiv geladen ist, nach der Kathode und drängt sich von der Anode her in die dünne Wasserhaut hinein, wobei also letztere eine Verdickung erfährt. Dementsprechend sinkt der elektrische Widerstand. Nach Abschalten der Spannung nimmt die Luftblase allmählich ihre frühere Gestalt ein. Evershed konnte diese Erscheinung an künstlichen, aus Glaskapillaren bestehenden Modellen direkt unter dem Mikroskop beobachten.

3. Bewegung durch Raumladungen.

Wir gehen zur dritten Gruppe über, zur Bewegung von mit wahrer Ladung behafteten Isolatoren. Sie erfordert zunächst die Aufladung des Dielektrikums durch das hohe Feld. Diese Aufladung geschieht rein schematisch in folgender Weise. Ist das Dielektrikum ungleichförmig gebaut, so daß Schichten verschiedener Ableitung darin enthalten sind, so ergibt sich, wie dies von Maxwell und von Wagner gezeigt wurde[7], eine Ansammlung von La-

---

[1] Gyemant, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 5, S. 55.
[2] Gyemant, Z. Phys. Bd. 33, S. 789.
[3] Friese, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 1, S. 41.

[4] Gyemant, Z. phys. Chemie Bd. 102, S. 74.
[5] Draeger, Arch. El. Bd. 13, S. 366.
[6] Evershed, J. Inst. El. Engs. London Bd. 52, S. 51.
[7] Maxwell, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus Bd. 1, Art. 328...330, Berlin 1883. — K. W. Wagner in Schering, Die Isolierstoffe der Elektrotechnik, S. 6 ff. Berlin 1924.



dungen an den Grenzen. Aber auch bei homogenem Dielektrikum ist ein solcher Vorgang möglich. Ist nämlich die Feldstärke ungleichmäßig und steigt die Ableitung — wie dies vielfach nachgewiesen worden ist — mit der Feldstärke, so hat man eben Schichten verschiedener Leitfähigkeit vor sich, und der vorhin genannte Mechanismus wird wieder eintreten. Ob auch in homogenen Dielektriken und homogenen Feldern Raumladungen auftreten können, ist auch nicht ohne weiteres in Abrede zu stellen, wenn man etwa von der Vorstellung ausgeht, daß die Oberflächenschicht jedes Dielektrikums eine Abweichung vom Innern aufweist. In einer Untersuchung[8] haben wir solche Raumladungen formal behandelt, u. zw. ausgehend von der Annahme, daß an jeder Berührungsstelle Metall-Dielektrikum sich eine der Feldstärke proportionale Raumladung ausbilden muß. Die Bedingungen für diese dritte Gruppe wären also: 1. Schichtung des Isolators mit Grenzflächen senkrecht zu den Kraftlinien oder aber ungleichförmiges Feld im gleichförmigen Isolator; 2. Anlegung einer Gleichspannung, wobei das Feld an den Ladungen angreift und das Dielektrikum mitschleppt.

Ein Beispiel bietet sich bei Anlegung von Gleichspannung an die früher beschriebene Kugelanordnung. Im ersten Augenblick erfolgt ein Ausschlag ebenso wie bei Wechselspannung. Nach kurzer Zeit wird das Öl aufgeladen, u. zw. gleichsinnig der Elektrode, so daß es wieder abgestoßen wird. Manchmal sieht man auch, wie das Öl in der Mitte in Form eines feinen Fadens dielektrisch angezogen wird und von oben springbrunnenartig ständig abtropft[9].

Als zweites praktisch wichtiges Beispiel seien die Elektrofilteranlagen genannt, welche Entstaubungszwecken dienen. Sie bestehen im wesentlichen aus einer Sprüh- und einer Niederschlagselektrode. Die Sprühelektrode liefert durch ihre Spitzen Ionen und bildet in ihrer Nähe die Raumladungszone. In derselben überträgt sich die Ladung den in der Luft suspendierten Staubteilchen, und letztere wandern nunmehr mit dem Feld zur anderen Elektrode, wo sie sich niederschlagen und ihre Ladung abgeben. Die Bewegung der Teilchen erfolgt nach dem Stokesschen Gesetz, wonach die Geschwindigkeit

$$u = \frac{e\,\mathfrak{E}}{6\pi\eta r}$$

ist, wo e die Ladung eines Teilchens, $\mathfrak{E}$ die Feldstärke, η die Zähigkeit der Luft und r den Halbmesser eines Teilchens bedeuten. Diese Art von Bewegung tritt überall auf, wo eine Kugel sich in reibender Umgebung durch Kräfte bewegt, welche ausschließlich an der Kugel angreifen. Für den vorher genannten Fall der Kataphorese, bei welcher die Doppelschicht in der Umgebung ihren Sitz hat, gilt diese Gleichung demnach nicht.

Ganz so einfach erfolgt allerdings die Bewegung der Teilchen in Elektrofilteranlagen nicht. Man findet nämlich stets eine Ablagerung auch an der Sprühelektrode selbst. Das spricht auch deutlich in dem Sinne, daß auch dielektrische Bewegung gemäß Gruppe 1 stattfindet; die Teilchen werden eben zur hohen Feldstärke, welche an den Spitzen herrscht, herangezogen.

4. Mechanische Kraftwirkung.

Die als die mechanische bezeichnete vierte Gruppe von Bewegung kommt etwa folgendermaßen zustande. Überschreitet die Feldstärke in den Luftschichten der Isolation die Ionisationsspannung, so werden Ionen erzeugt, welche in Wechselfeldern eine schwingende Bewegung erfahren, eine Bewegung, welche sie auch auf die neutralen Gasmolekeln übertragen. Die Ionenschicht schwingt also in Richtung des Feldes und erteilt in jeder Halbperiode den benachbarten Dielektriken einen mechanischen Impuls. Während sich die Bewegung der Ionisationsschicht auf bloße Schwingungen beschränkt, erfahren die benachbarten Schichten stets nur die auf sie zu gerichteten Impulse, wirken gewissermaßen als Gleichrichter und bewegen sich von der Ionisationsschicht weg. Die Kraft, die auf sie einwirkt, ist also unmittelbar mechanischer Art, deshalb nannten wir auch die Bewegung eine indirekte. Ihre Hauptbedingung ist also das Überschreiten der Ionisationsspannung in den Luftschichten der Isolation.

[8] Gyemant, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 5, S. 87.
[9] Vgl. Gyemant, VDE-Fachberichte 1926, S. 78.

Wir haben versucht, die Größe dieses Impulses größenordnungsmäßig zu berechnen[10], wobei wir uns auf ganz dünne Luftschichten, z. B. in einer Kabelisolation, beschränkten. Es ergab sich, daß die Kräfte zwar sehr kurze Zeit wirksam sind, ihre Größenordnung jedoch auf dem Größengebiet der dielektrischen Kräfte liegt. Wenngleich auch die Einzelwirkung eines Impulses schwach ist, so treten sie dafür so oft auf, nämlich 2 v-mal/s, daß infolge Summierung immerhin ein nennenswerter Effekt eintritt.

Sind die Nachbarschichten der Ionisationsschicht gasförmig, so ist die Folge der elektrische Wind. Sind die Nachbarschichten flüssig, so treten an diesen spritzende oder wallende Bewegungen auf. Das Wallen der Öloberfläche z. B. an Ölschaltern ist wohl auf diese mechanischen Impulse zurückzuführen, wenngleich auch andere Ursachen mitwirken können. Sehr augenfällig läßt sich diese Bewegungsart mit der beschriebenen Kugelanordnung nachweisen. Steigert man nämlich die Spannung immer höher, so kommt man bei einem bestimmten, vom Kugelradius abhängigen Grenzwert zu einem Punkt, wo das Öl zu spritzen anfängt eben infolge der mechanischen Impulse von den ionisierten Luftschichten her.

Diagnose bestimmter Fälle.

Versuchen wir also das Gesagte nochmals zu überblicken, so können wir zu einem Schema gelangen, welches sozusagen eine Diagnose jedes Einzelfalles zuläßt, falls man nämlich nach der Ursache der Bewegung fragt. Findet man nämlich, daß die Bewegung nur in hohen Gleichfeldern zustandekommt, so liegt unbedingt Gruppe 2 oder 3 vor. Eine Unterscheidung wird ermöglicht durch nähere Betrachtung des Dielektrikums und des Feldes. Liegt eine mehrphasige Zusammensetzung vor mit Grenzflächen in Richtung der Kraftlinien verbunden mit endlicher Ableitung, so haben wir es wahrscheinlich mit Verschiebung von Doppelschichten zu tun. Ist dagegen die Schichtenstruktur senkrecht zum Feld angeordnet oder aber, ist das Feld sehr inhomogen, so haben wir wahrscheinlich Bewegung von Raumladungen vor uns. Tritt dagegen die Bewegung auch in Wechselfeldern auf, so gehören sie zu Gruppe 1 oder 4. Ist die Bewegung zentripetal, also nach Orten höherer Feldstärke zu gerichtet, dann ist die Bewegung eine dielektrische; ist sie dagegen zentrifugal, also von Orten höherer Feldstärke weg gerichtet, dann gehört sie zur mechanischen Gruppe.

Eine gewisse Vorsicht ist jedoch am Platze. Und damit kommen wir zum Ausgangspunkt unserer Erörterungen zurück, wonach nämlich nicht alle Bewegungen durch das Feld selbst bewirkt werden, vielmehr vielfach ganz andere Ursachen mit im Spiel sind. Zum Schluß sei nun ein solches Beispiel erwähnt, dessen Analyse übrigens nicht ganz einfach sein dürfte. Es handelt sich um die Bewegungen der Isolationsmasse, wie sie manchmal in Hochspannungskabeln zutage tritt. Untersucht man ein solches Kabel, so findet man die inneren Lagen ausgetrocknet, die äußeren dagegen massereich; das Verhältnis Masse zu Papier hat sich zugunsten der äußeren Lagen verschoben. Woher rührt nun diese Verschiebung? Nach unserem Schema würde man sagen: Auftreten bei Wechselspannung, also Gruppe 1 oder 4; Bewegung zentrifugal, also mechanische Druckwirkung. In der Tat ist es nicht ausgeschlossen, daß die Impulse bei der Ionisierung der am Innenleiter befindlichen Luftreste mitwirken. Im wesentlichen wird es sich aber um einen Temperatureffekt handeln. Die hohe Stromwärme erhöht die Temperatur der Masse, sie dehnt sich aus, und der dehnbare Bleimantel gibt nach. In einer nachfolgenden Abkühlungsperiode zieht sich die Masse zusammen, und dies führt zur Bildung von Hohlräumen. Die Hohlräume bilden sich an den Stellen aus, wo die Masse am wenigsten an den Nachbarteilen haftet, d. h. an den Einzeldrähten des Innenleiters, da die Papierlagen mit ihrer großen inneren Oberfläche die Masse stark anziehen. Die weiteren Hohlräume entstehen dann jeweils im Anschluß an die anfänglichen, so daß eine Wanderung der Masse von innen nach außen dadurch tatsächlich zu erklären ist.

Kann man aber bei der Bewegung von Dielektriken solche Einflüsse, also insbesondere Wirkungen des Starkstromes und der Temperaturverteilung ausschließen, so sind sie durch das hohe Feld selbst bedingt und werden nach einer der besprochenen vier Gruppen zu behandeln sein.

[10] Gyemant, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, S. 306.

Ausführungsarten und Anwendungsgebiete des Linker-Meßschalters für Wechselstrommessungen.

Von Ing. B. Duschnitz, Berlin.

Übersicht. Der Aufsatz berichtet über die Ausführungsarten und Anwendungsgebiete des Linker-Meßschalters für Wechselstrommessungen. Dieser Meßschalter kennzeichnet sich dadurch, daß auf einem drehbaren Zylinder aus Isolierstoff vier oder mehr metallische Belegungen in näher beschriebener Weise angeordnet sind, auf denen sechs oder mehr Stromabnehmer aufliegen. Dadurch wird es ermöglicht, Leistungsmessungen in verketteten Dreiphasensystemen ohne und mit neutralem Leiter mit nur je einem Leistungs-, Strom- und Spannungsmesser sowie Messungen der Stromstärke in 2, 3 oder mehr Zweigen von ein- oder mehrphasigen Wechselstromsystemen, insbesondere bei Verwendung von Stromwandlern, ohne Unterbrechung des Betriebes durch einfache Umschaltung mit nur einem Strommesser vorzunehmen. Um die für Spezialzwecke billigste Ausführung zu ermöglichen, hat Linker seinen Meßschalter in 29 Größen durchgebildet, die alle möglichen Fälle bis 200 A und 6000 V umfassen.

Zur Messung der Leistung mehrphasiger Wechselströme sind gemäß der Aron-Schaltung[1] bei nicht gleichmäßig auf die einzelnen Phasen verteilter Belastung je zwei Strommesser, Spannungsmesser und Leistungsmesser für verkettete Dreiphasensysteme ohne Nulleiter, allgemein bei n Leitungen $(n-1)$ Instrumente erforderlich[2]. Nun ist es möglich und bekannt, mit nur je einem Stück obiger drei Arten von Meßinstrumenten auszukommen, wenn man die Ablesungen der einzelnen Stromzweige zeitlich nacheinander so schnell vornimmt, daß man praktisch eine Unveränderlichkeit der zu messenden Größen innerhalb der Ablesezeit voraussetzen kann. Insbesondere benutzt man zur Durchführung dieses Prinzips, welches mit wenigen Meßinstrumenten auszukommen gestattet, Hebelschalter, die das Umschalten der Meßinstrumente auf die verschiedenen Stromzweige ermöglichen. Doch wird von jedem Meßtechniker, der sich eines derartigen Hebelumschalters bei seinen Messungen bedient, als Mangel empfunden, daß man mit demselben nur Messungen in zwei Zweigen ausführen kann, daß ferner infolge der Hebelbewegung eine längere Ablesedauer sowie Erschütterungen der Instrumente nicht immer vermeidbar sind und daß schließlich auch der Gestehungspreis bei großen Abmessungen, wie sie für hohe Stromstärken erforderlich werden, allzu hoch wird, so daß die damit verbundenen Vorteile durch unter Umständen erhebliche Nachteile erkauft werden müssen. Zwar wurde für Präzisions-Strommesser ein Spezialumschalter entwickelt, der dazu bestimmt ist, bei Zähler- oder Relaisprüfungen den Strommesser oder Einphasen-Leistungsfaktormesser nacheinander an die drei Phasen umzuschalten[3]; bei Leistungsmessungen kommt man jedoch auch mit diesem Dreifach-Messerschalter bei Verfolgung obigen Prinzips nicht aus. Denn zur Messung der Leistung nach der Aron-Schaltung genügen zwar an sich $(n-1)$ Leistungsmesser bei n Leitungen; aber für praktische Untersuchungen genügt eine Leistungsmessung allein nicht, weil damit der Belastungszustand noch nicht festgelegt ist. Daher sind zur Messung der Leistung bei einem zu prüfenden Belastungszustand hierbei bei n Leitungen je $(n-1)$ Leistungsmesser, Strommesser und Spannungsmesser erforderlich. Will man aber mit weniger Meßinstrumenten auskommen, etwa unter Zugrundelegung des genannten Umschaltprinzips, so ließe sich dies nur mit einem Umschalter erreichen, mit dessen Hilfe sich neben der Leistungsmessung gleichzeitig auch eine Strom- und Spannungsmessung ermöglichen ließe.

Nun hat A. Linker bereits im Jahre 1925 einen Umschalter mit diesem Ziele konstruiert, welcher den Gegenstand des ihm im Jahre 1927 erteilten Patentes Nr. 447 549 bildet und von ihm auch bereits in zwei Abarten beschrieben worden ist[4], u. zw. handelt es sich hierbei im Gegensatz zu den oben genannten Ausführungsarten um einen Drehschalter, welcher sich dadurch kennzeichnet, daß auf einem drehbaren Zylinder aus Isolierstoff vier oder mehr metallische Belegungen, u. zw. zwei in Form von Ringen mit zungenförmigen Ansätzen, die anderen als axiale Stücke eines Zylindermantels angeordnet sind, auf denen sechs oder mehr Stromabnehmer aufliegen, wodurch beim Drehen des Zylinders abwechselnd je ein Zweig eines Wechselstrom-Leitungsystems zum Zwecke der Einschaltung von Meßinstrumenten geöffnet wird, die anderen Zweige dagegen geschlossen werden. Eine Abart des Linkerschen Drehschalters kennzeichnet sich dadurch, daß die metallischen Belegungen auf einer drehbaren kreisförmigen Scheibe aus Isolierstoff anstatt auf einem Zylinder befestigt sind.

Bei der praktischen Durchführung dieses Konstruktionsprinzips zeigte sich jedoch, daß die zylindrische Ausführung der scheibenförmigen Gestaltung des Drehschalters vorzuziehen ist, insbesondere wenn es sich darum handelt, große Leistungen der Messung zuzuführen. Linker hat daher die scheibenförmige Ausführung wieder verlassen und sich in neuester Zeit ganz besonders der Durcharbeitung der zylindrischen Ausführung gewidmet. Dieselbe ist jetzt nunmehr soweit gediehen, daß Linker bereits zur Normung von drei Typenreihen schreiten konnte, die den verschiedensten Anforderungen der Meßtechnik Rechnung tragen und somit in der Praxis gute Dienste zu leisten vermögen. Es erscheint daher angebracht, den Linker-Meßschalter in einigen seiner Nutzanwendungen und normalisierten Ausführungsarten zu zeigen. Allen diesen Ausführungsarten wurde das in der genannten Patentschrift beschriebene Konstruktionsprinzip zugrunde gelegt, welches aus Abb. 1 zu ersehen ist und zum besseren Verständnis der hier zu beschreibenden Schaltungen kurz wie folgt erläutert werden soll.

Abb. 1. Linker-Meßschalter im Grundriß und Schnitt nach $A-B$.

G Generator (Stromquelle)
M Motor (Verbraucher)
J Strommesser

Abb. 2. Schaltbild für die Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter.

Auf einem drehbar gelagerten Zylinder a aus Isolierstoff sind an den beiden Enden Metallringe b und c aufgezogen, die Ansätze d besitzen. In dem Raum zwischen b, c, d sind weiter getrennt davon Metallzylindersegmente f und g am Isolierkörper a befestigt. Das untere Bild der Abb. 1 zeigt einen Querschnitt nach $A-B$, wobei die Ringe b und c zum besseren Verständnis der Wirkungsweise etwas vergrößert und durch die gestrichelte Kreislinie angedeutet zur Darstellung kamen. Auf den Metallbelegungen des Isolierkörpers a, also auf den Teilen b, c, f, g, schleifen federnde Kontakte (Bürsten), die mit den Anschlußklemmen m bzw. 1, 2 bzw. 3, 4 in Verbindung stehen. Diese Anordnung kommt in Frage für Leistungs- und Strommessungen in einem Dreiphasen-Wechselstromsystem ohne Nulleiter. Dabei werden die Meßinstrumente (Stromspule des Leistungsmessers oder der Strommesser) an die Klemmen m angeschlossen. Die Zuleitung R_1 einer Phase liegt an 1, die Ableitung R_2 an 2; ebenso ist die Zuleitung S_1 der anderen Phase an 3, die Ableitung S_2 an 4 angeschlossen. Die dritte Phase wird nicht unterbrochen. Es handelt sich also hierbei um die an sich schon bekannte, bei Verwendung von Hebelumschaltern übliche Meßschaltung[5]. Dreht man nun die Handhabe h so weit nach links, daß die federnden Kontakte 1, 2 auf den Zungen d aufliegen, dann werden die bei m-m angeschlossenen Meßinstrumente in Phase R eingeschaltet. Wird aber die Handhabe h nach rechts gedreht, so werden zuerst die Kontakte 1, 2 durch das Zylindersegment f kurzgeschlossen und dadurch die Instrumente stromlos. Bei weiterer Drehung gleiten die Zungen d unter die federnden Kontakte 3, 4 der Phase S, die vorher durch das Zylinder-

[1] ETZ 1891, S. 215; 1892, S. 73 und 193.
[2] ETZ 1893, S. 575; 1901, S. 215 und 267; 1903, S. 976.
[3] ETZ 1928, S. 1751.
[4] El. u. Maschinenb. Bd. 45, S. 949.

[5] A. Linker, Elektrotechn. Meßkunde S. 100, Abb. 81.



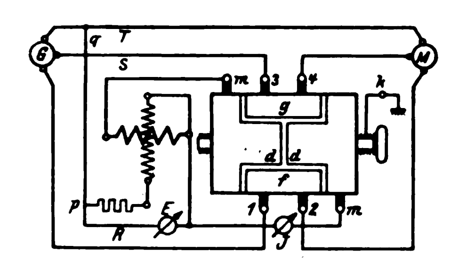
segment *g* geschlossen war. Dadurch werden die bei *m-m* angeschlossenen Meßinstrumente in die Phase *S* geschaltet. Liegen aber schließlich die Zungen *d* in der Mittelstellung, wie dies in Abb. 1 dargestellt ist, dann sind die bei *m-m* zwar nach wie vor angeschlossenen, aber zufolge des Luftspaltes zwischen den beiden Zungen *d* in keinem Stromkreise zwischengeschalteten Meßinstrumente stromlos, können also dadurch geschont oder gegen solche anderen Meßbereiches, u. zw., was wesentlich ist, ohne Unterbrechung des Betriebes oder Elektrizitätsverbrauchers ausgewechselt werden. Aus den beiden rasch nacheinander vorzunehmenden Ablesungen lassen sich nun in bekannter Weise die Leistung und der mittlere Leistungsfaktor ermitteln.

Das Konstruktionsprinzip des Linker-Meßschalters ist also sehr einfach, und durch Verlegung der Schaltkontakte auf den Umfang eines Zylinders ist es möglich geworden, die Ablesungen der Meßinstrumente viel rascher vorzunehmen, als dies bei den sonst üblichen Hebelumschaltern geschehen kann. Dabei erfolgt das Umschalten vollkommen erschütterungsfrei. Trotz dieser Einfachheit ist der Anwendungsbereich des Linker-Meßschalters sehr groß, wie dies sogleich gezeigt werden wird. Linker erreichte dies insbesondere durch Vermehrung der Klemmen und entwickelte so Geräte mit 6, 8 oder 10 Klemmen, deren Anwendung hier vorgeführt werden soll.

Die mit 6 Klemmen ausgerüsteten Geräte ermöglichen:

1. die Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter (Methode der zwei Leistungsmesser),
2. die Strommessung in zwei Zweigen,
3. die Strommessung an Stromwandlern.

Die Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter unter Benutzung der Methode der zwei Leistungsmesser veranschaulicht die Schaltung Abb. 2. Nach diesem an sich bekannten Schaltbild wird die Meßschaltung in Abb. 3 unter Zuhilfenahme des



G Generator (Stromquelle) *J* Strommesser
M Motor (Verbraucher) *k* Erdungsklemme

Abb. 3. Linker-Meßschaltung für die Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter.

Linker-Schalters ausgeführt. Zwecks Ausführung der Leistungsmessung wird nun die Schaltwalze mittels der Handhabe so weit gedreht, daß die Zungen *d* mit den Zuleitungen 1, 2 der Phase *R* in Verbindung stehen. Dann liest man am Leistungsmesser eine Ablenkung von s_1 Skalenteilen ab, die nach Umrechnung und Korrektion wegen des Eigenverbrauchs N_v der Instrumente in bekannter Weise[6] eine Leistung N_1 Watt ergeben. Dann legt man die Schaltwalze nach der anderen Richtung um, bis die Zungen *d* mit den Zuleitungen 3, 4 der Phase *S* in Verbindung stehen, und liest dabei eine Ablenkung von s_2 Skalenteilen ab, die eine Leistung N_2 Watt ergeben. Dann ist die gesamte an den Verbraucher abgegebene Leistung

$$N = N_1 + N_2 = c\,(s_1 + s_2) - 2\,N_v \text{ Watt},$$

wobei eine negative Ablenkung, die nach Umschaltung der Spannungspule ablesbar ist, mit negativem Vorzeichen einzusetzen ist. In der gezeichneten Zwischenstellung der Zungen *d* lassen sich die Instrumente bequem auswechseln. Bei Hochspannung wird die Klemme *k* durch eine Leitung von 16 mm² Querschnitt geerdet.

Im zweiten Falle, nämlich bei einer erforderlichen Strommessung in zwei Zweigen, fehlen der Leistungsmesser und Spannungsmesser *E* mit den Verbindungen *p*, *q*, so daß nur der Strommesser *J* an die beiden Meßklemmen *m* angeschlossen wird.

Den dritten Fall, die Strommessung an Stromwandlern, zeigen die Abb. 4 und 5. Abb. 4 zeigt das übliche Schaltbild, Abb. 5 die Meßschaltung dazu unter Verwendung des Linker-Schalters, welcher sich hierbei ebenfalls als vorteilhaft erweist. Da bekanntlich der Sekundärkreis eines Stromwandlers niemals bei der Stromführung der Primärseite offen sein darf, wird durch den Schalter selbsttätig der nicht mit dem Strommesser *J* verbundene Stromwandler sekundär kurz geschlossen. W_1 und W_2 bezeichnen die beiden Stromwandler, im übrigen ist aus den Abbildungen alles klar zu ersehen, und die Betätigung des Linker-Schalters erfolgt analog wie oben durch Links- bzw. Rechtsdrehung.

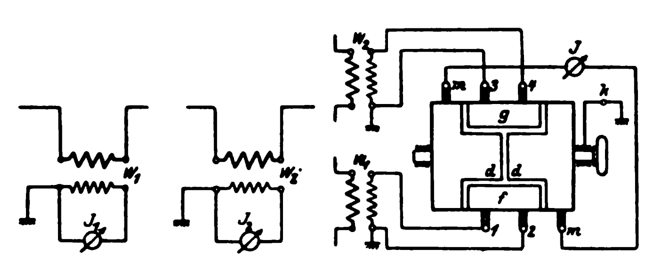


Abb. 4. Schaltbild für die Strommessung an Stromwandlern. Abb. 5. Linker-Meßschaltung für die Strommessung an Stromwandlern.

Die mit 8 Klemmen ausgerüsteten Linker-Meßschalter ermöglichen:

1. die Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom mit neutralem Leiter (Vierleitersystem, Methode der 3 Leistungsmesser),
2. die Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter (Methode der 3 Leistungsmesser),
3. die direkte Strommessung in 3 Zweigen,
4. die indirekte Strommessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter mit 2 Stromwandlern,
5. die indirekte Strommessung in 3 Zweigen mit 3 Stromwandlern.

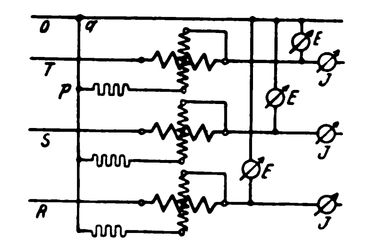


Abb. 6. Schaltbild für die Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom mit neutralem Leiter.

Für die Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom mit neutralem Leiter unter Benutzung der Methode der 3 Leistungsmesser zeigen Abb. 6 das übliche Schaltbild und Abb. 7 die Meßschaltung dazu unter Zuhilfenahme des

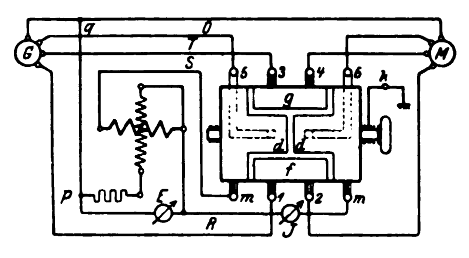


Abb. 7. Linker-Meßschaltung für die Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom mit neutralem Leiter.

Linker-Schalters. Die Schaltwalze wird hierbei so gedreht, daß die Zungen *d* nacheinander mit den Zuleitungen 1, 2 von Phase *R*, sodann mit 3, 4 von Phase *S*, hierauf mit 5, 6 von Phase *T* in Verbindung stehen. Hat man dabei die Ablenkungen s_1, s_2, s_3 abgelesen, dann ergibt sich die Leistung

$$N = N_1 + N_2 + N_3 = c\,(s_1 + s_2 + s_3) - 3\,N_v \text{ Watt},$$

[6] **Linker**, Elektrotechn. Meßkunde; **Skirl**, Meßgeräte u. Schaltungen f. Wechselstrom-Leistungsmessungen.

wobei hier wieder im übrigen auf die bereits genannten Werke von L i n k e r und S k i r l hingewiesen sei.

Im zweiten Falle der Anwendungsmöglichkeiten des 8-Klemmen-Gerätes, also bei der Leistungsmessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter unter Benutzung der Methode der 3 Leistungsmesser, ist die Schaltung wie in Abb. 6 ohne die beiderseitige Fortführung des neutralen Leiters auszuführen und dann anzuwenden, wenn die volle Symmetrie in der Belastung gewahrt werden soll, also bekanntlich z. B. bei der Untersuchung kleiner Motoren. Da nun in der zugehörigen Meßschaltung Spannungspulen *S* und Spannungsmesser *E* an der Phasen- oder Sternspannung liegen sollen, muß bei der Meßschaltung ein künstlicher Nullpunkt aus drei gleich großen induktionsfreien Widerständen verwendet werden. Es wird demnach die Schaltung Abb. 7 etwas abgeändert, indem nämlich, da der neutrale Leiter (0) nicht vorhanden ist, der Punkt *q* an den Sternpunkt eines künstlichen Nullpunktwiderstandes angeschlossen wird, dessen drei freie Klemmen mit *R*, *S*, *T* verbunden werden. Im dritten Falle, bei direkter Strommessung in 3 Zweigen, fehlt der Leistungsmesser in Abb. 7, ebenso der Spannungsmesser *E* und die Verbindung *p*, *q*, so daß nur der Strommesser *J* an den beiden Klemmen *m* liegt. Die sich so ergebende Schaltung dient auch zur direkten Messung der 3 Ströme eines Dreiphasen-Wechselstromes ohne neutralen Leiter.

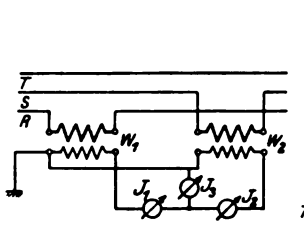


Abb. 8. Schaltbild für die indirekte Strommessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter mit zwei Stromwandlern.

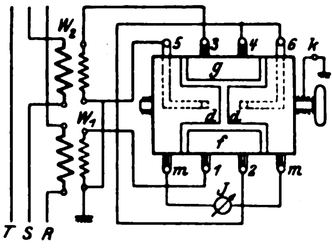


Abb. 9. Linker Meßschaltung für die indirekte Strommessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter mit 2 Stromwandlern.

Der vierte Fall, die indirekte Strommessung bei Dreiphasen-Wechselstrom ohne neutralen Leiter mit Stromwandlern, ist in Abb. 8 und 9 dargestellt und beruht auf dem Grundsatz, daß die Stromstärke einer Phase gleich der geometrischen Summe der Ströme der beiden anderen Phasen ist. In der Meßschaltung nach Abb. 9 wird demnach bei einer Verbindung der Zungen *d* mit den Klemmen 1, 2 der Strom J_1, mit 3, 4 der Strom J_2 und mit 5, 6 der Strom J_3 gemessen. Bei dem fünften Fall der Anwendungen des Linkerschen 8-Klemmen-Gerätes, der indirekten Strombemessung in 3 Zweigen mit 3 Stromwandlern, mißt man nach Abb. 10 die Stromstärke in W_1, wenn die Zungen *d* mit 1, 2, in W_2, wenn sie mit 3, 4 und in W_3, wenn sie mit 5, 6 in Verbindung stehen.

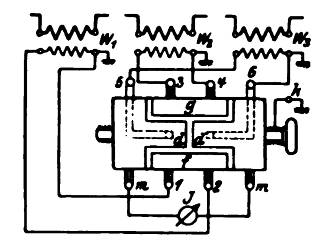


Abb. 10. Linker-Meßschaltung für die indirekte Strommessung in 3 Zweigen mit 3 Stromwandlern.

Schließlich ermöglichen die mit 10 Klemmen ausgerüsteten Linker-Meßschalter:

1. die direkte Strommessung in 4 Zweigen,
2. die indirekte Strommessung mit 4 Stromwandlern.

Bei der direkten Strommessung in 4 Zweigen werden die einzelnen Zweige paarweise an die Klemmen 1-2, 3-4, 5-6 und 7-8 angeschlossen, während der Strommesser an die Klemmen *m-m* angeschlossen wird. Bei der indirekten Strommessung mit 4 Stromwandlern werden die Sekundärklemmen der Stromwandler paarweise an die Klemmen 1 ... 8 und der Strommesser an *m-m* angeschlossen. Da sich diese beiden letzten Fälle von den vorigen lediglich durch Hinzutreten eines Stromzweiges bzw. eines Stromwandlers sowie von zwei weiteren Klemmen unterscheiden, erübrigt sich die bildliche Darstellung der hierzu dienenden Schaltungen und Linker-Schalter.

Wie ersichtlich, sind die Anwendungsmöglichkeiten für den Linker-Schalter sehr mannigfaltig, und es ergab sich ferner die Notwendigkeit, das an sich sehr einfache Schaltgerät in 29 Größen durchzubilden, um die für Spezialzwecke billigste Ausführung zu ermöglichen. Diese 29 Größen umfassen alle möglichen Fälle bis 200 A und 6000 V. Im Gegensatz zu den bekannten Hebelumschaltern ermöglicht der Linker-Schalter eine einfache und leichte Erdungsmöglichkeit als Sicherheit gegen Oberflächenleitung über den Handgriff zur Bedienungsperson, und zu diesem Zwecke dient eben die aus den Abbildungen ersichtliche Erdungsklemme *k*. Vergleicht man die oben zusammengefaßten, von Prof. Dr.-Ing. A. Linker, Hannover, angegebenen Meßschaltungen mit den sonst üblichen, so ergeben sich ohne weiteres die Vorteile, die der Linker-Schalter dem Meßtechniker zu bieten vermag. So ergibt z. B. der Vergleich der Abb. 6 und 7, daß bei Benutzung dieses Geräts 6 Meßinstrumente erübrigt werden, deren Konstanten bzw. Fehler man also nicht in Rechnung zu setzen braucht.

Die Steigerung der Betriebspannung für Kabel.

Gelegentlich einer am 27. III stattgefundenen Besichtigung des Kabelwerks Oberspree führte Dir. P f a n n k u c h aus, daß die im Jahre 1897 erbaute alte Kabelfabrik der AEG die erste war, die vor etwa 25 Jahren Kabel für 6 und 10 kV Betriebspannung auf den Markt brachte, die insbesondere für den Bedarf der damaligen Berliner Elektrizitätswerke bestimmt waren. Für Kabel höherer Spannung ergab sich zunächst im Inlande kein Absatz, und so wurden die Kabel für 16 000 und 20 000 V, die in den nächsten Jahren hergestellt wurden, an das Ausland geliefert. Erst im Jahre 1908 entstand infolge der großzügigen Elektrisierung durch die Berliner Elektrizitätswerke Gelegenheit, Kabel für 30 kV Betriebspannung im Umfange von mehr als 200 km Länge herzustellen. Mit diesen Kabeln war ein Rekord aufgestellt worden, der viele Jahre nicht überboten worden ist, und die Tatsache, daß der VDE bei der Festsetzung der Normalspannungen im Jahre 1919 die Wahl der Stufe von 35 000 V damit begründete, daß sie die höchste für Kabel in Betracht kommende Spannung sei, läßt erkennen, daß man überzeugt war, hiermit die obere Grenze der Ausführbarkeit erreicht zu haben. Noch im Jahre 1920 schrieben die amerikanischen Fachleute S i m o n s und D a v i s über obiges Kabelnetz folgendes:

„Zu den interessantesten Kabeln gehören die 30 000 V-Kabel der Berliner Elektrizitätswerke. Man beachte, daß diese Kabel erfolgreich seit 9 Jahren mit einer höchsten Beanspruchung von 34,4 kV auf 1 cm in Betrieb sind."

Die Versuche, diese Leistung noch zu übertreffen, haben niemals geruht, und bereits 15 Jahre nach der Vollendung des oben erwähnten 30 000 V-Netzes konnte die AEG eine Anlage herstellen, die die doppelte Betriebspannung besaß. Im Jahre 1927 wurde ein 60 kV-Kabel in einer Länge von 11 km in Magdeburg in Betrieb gesetzt, das seitdem in einwandfreier Weise arbeitet, so daß man im vergangenen Jahre ein gleiches Kabel von 30 km Länge ohne Bedenken liefern und in Betrieb setzen konnte.

Heute liegen bereits noch weitergehende Aufgaben vor. Im Prüffeld der Starkstromkabelfabrik war ein Drehstromkabel zu sehen, das die größte bisher praktisch ausgeführte Dimension von 137 mm Dmr. aufweist und für 100 kV Betriebspannung bestimmt ist. Das 260 m lange Kabel ist abweichend von der Ausführung der SSW für Nürnberg[1], die aus 3 Einleiterkabeln besteht, als Drehstromkabel mit verbleiten Einzeladern gebaut und unter den Bleimänteln metallisiert. Bemerkenswert ist, daß bei der Konstruktion von den in letzter Zeit für Kabel dieser hohen Betriebspannung angewendeten Kunstgriffen in Gestalt von Hohlleitern, Imprägnierung mit dünnflüssigen Ölen und dgl. nach dem Vorgang von P i r e l l i kein Gebrauch gemacht worden ist. Das Kabel besitzt vielmehr rein äußerlich denselben Aufbau, wie er für Hochspannungskabel gebräuchlich ist, und die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen elektrische Beanspruchungen ist durch ein neues Verfahren bewirkt worden. Die in Herstellung befindlichen Kabel sind für eine Versuchsanlage bestimmt, die voraussichtlich im Laufe des Sommers in Betrieb kommt.

Wie Dir. Pfannkuch bemerkte, sind bereits vorbereitende Arbeiten für Kabel noch höherer Betriebspannung im Gange. Es ist also damit zu rechnen, daß der wirtschaftliche Kampf zwischen Hochspannungskabel und Hochspannungsfreileitung noch nicht seinen Abschluß gefunden hat.

Ka.

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1481.



Kurzschlußspannung und Spannungsabfall in Dreiwicklungs-Transformatoren, Stromverteilung in parallel geschalteten Wicklungszweigen.

Von Dipl.-Ing. **Leo Falk**, Berlin.

Übersicht. Im Anschluß an die Ausführungen in der ETZ 1928, S. 1209, wird zunächst ein für verschiedene Fälle handlicherer Ausdruck für die Spannungsverschiebung der Dreiwicklungstransformatoren sowie ein Ersatzschema angegeben und besprochen, die Bemessung und Anordnung von Drosselspulen zum Ausgleich verschiedenen Spannungsabfalls parallel arbeitender Dreiwicklungstransformatoren erörtert. Die Betrachtungen werden zur Ableitung des Spannungsabfalls von in Zickzack geschalteten Transformatoren verwendet. Schließlich wird die Berechnung der Stromverteilung in zwei und mehr parallelgeschalteten Wicklungszweigen eines Transformators gezeigt, die entstehenden Mehrverluste gegenüber Serienschaltung besprochen sowie durch Rechnungsbeispiele ergänzt.

Nach Gl. (5) und (8 d) meines Aufsatzes in ETZ 1928, S. 1209, beträgt die Spannungsverschiebung zwischen der gespeisten Wicklung H und der stromabgebenden Wicklung M bei gleichzeitiger Belastung der dritten Wicklung N

$$\overline{E_H} \mathbin{\hat{-}} \overline{E_M} = \overline{J_M(r_H + r_M)} \mathbin{\hat{+}} \overline{J_M x_{HM}} \mathbin{\hat{+}} \overline{J_N r_H} \mathbin{\hat{+}} \overline{J_N \frac{x_{HM} + x_{HN} - x_{MN}}{2}}.$$

Unter Berücksichtigung der Gleichung

$$J_H + J_M + J_N = 0$$

kann der obige Ausdruck auch geschrieben werden:

$$\overline{E_H} \mathbin{\hat{-}} \overline{E_M} = \overline{J_M \frac{x_{HM} + x_{MN} - x_{HN}}{2}} \mathbin{\hat{+}} \overline{J_M r_M} \mathbin{\hat{-}} \overline{J_H \frac{x_{HM} + x_{HN} - x_{MN}}{2}} \mathbin{\hat{-}} \overline{J_H r_H} \qquad (14\,\mathrm{a})$$

und analog ergibt sich

$$\overline{E_H} \mathbin{\hat{-}} \overline{E_N} = \overline{J_N \frac{x_{HN} + x_{MN} - x_{HM}}{2}} \mathbin{\hat{+}} \overline{J_N r_N} \mathbin{\hat{-}} \overline{J_H \frac{x_{HN} + x_{HM} - x_{MN}}{2}} \mathbin{\hat{-}} \overline{J_H r_H} \qquad (14\,\mathrm{b})$$

$$\overline{E_M} \mathbin{\hat{-}} \overline{E_N} = \overline{J_N \frac{x_{MN} + x_{HN} - x_{MH}}{2}} \mathbin{\hat{+}} \overline{J_N r_N} \mathbin{\hat{-}} \overline{J_M \frac{x_{MN} + x_{MH} - x_{NH}}{2}} \mathbin{\hat{-}} \overline{J_M r_M}. \qquad (14\,\mathrm{c})$$

Nach dem in ETZ 1928, S. 1212 und ETZ 1929, S. 866 Gesagten galten die Gleichungen (8 a), (8 b) und (8 c) bei Gleichheit der Rogowskyfaktoren in den 3 Wicklungspaaren, also bei sehr langen und schmalen Streukanälen sowie für einige andere angeführte Fälle in mathematischer Strenge, für alle anderen Fälle mit praktisch ausreichender Genauigkeit. Eine eingehende Nachprüfung[1] ergibt jedoch, daß die Ausdrücke und damit auch die Gleichungen (14 a), (14 b) und (14 c) stets, also auch bei Eisennähe und beliebig gestalteten Spulen und Streukanälen, streng gültig sind.

Wie man sieht, kommt in den Gleichungen (14 a) bis (14 c) zu jedem Strom stets der gleiche Faktor, der sich aus einem induktiven und einem Widerstandsummanden zusammensetzt. Man kann also für den Dreiwicklungstransformator ein Schaltbild als Ersatzschema anwenden, in welchem jede Wicklung durch eine Impedanz ersetzt wird (Abb. 1), deren Wert für Wicklung

$$H \qquad z_H = \frac{x_{HM} + x_{HN} - x_{MN}}{2} \mathbin{\hat{+}} r_H, \quad (15\,\mathrm{a})$$

$$M \qquad z_M = \frac{x_{HM} + x_{MN} - x_{HN}}{2} \mathbin{\hat{+}} r_M, \quad (15\,\mathrm{b})$$

$$N \qquad z_N = \frac{x_{HN} + x_{MN} - x_{HM}}{2} \mathbin{\hat{+}} r_N \quad (15\,\mathrm{c})$$

ist.

Einer der drei Ersatzimpedanzwerte wird meist eine negative induktive Komponente haben, was bei dem fiktiven Charakter der Impedanzwerte erklärlich ist.

Ebenso wie Zweiwicklungstransformatoren mit ungleichen Kurzschlußspannungen durch Vorschalten von Drosselspulen zum einwandfreien Parallelarbeiten gebracht werden können, ist es, wie man aus dem Ersatzschema ohne weiteres ersieht, auch möglich, Dreiwicklungstransformatoren durch Zuschalten von Drosselspulen auf gleichen Spannungsabfall für alle möglichen Belastungsfälle bzw. zu einer den Nennleistungen proportionalen Verteilung der Gesamtbelastung auf die Transformatoren zu bringen. Sind die prozentualen Impedanzspannungen des einen Dreiwicklungstransformators $J z_H$, $J z_M$ und $J z_N$, die des anderen $J' z'_H$, $J' z'_M$ und $J' z'_N$, so wären die vorzuschaltenden Drosselspulen von der Spannung

$$J z_H \mathbin{\hat{-}} J' z'_H$$
$$J z_M \mathbin{\hat{-}} J' z'_M$$
$$J z_N \mathbin{\hat{-}} J' z'_N$$

zu wählen. Man kann sich natürlich ebenso wie bei Zweiwicklungstransformatoren erlauben, die Ohmschen Komponenten, die in der Drossel zu einem genauen Ausgleich erforderlich wären, nicht zu berücksichtigen und nur reine Induktanzen vorzuschalten, die so bemessen werden, daß die Gesamtimpedanzen den gleichen absoluten Wert erhalten. Die oben angegebenen Differenzwerte der Spannungen sind dem Transformator mit dem Nennstrom J' vorzuschalten, wenn die Differenz einen positiven Wert hat. Ergibt sich ein negativer Wert, so ist die Drossel dem Transformator mit dem Nennstrom J vorzuschalten. Es wird fast immer nötig sein, dem einen Transformator eine, dem anderen zwei Drosselspulen vorzuschalten.

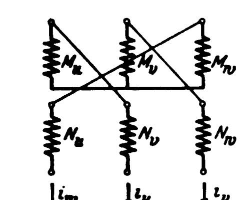


Abb. 1.

Abb. 2.

Beim Zweiwicklungstransformator kann man auch der Primärwicklung und der Sekundärwicklung je einen Impedanzwert in einem der Abb. 1 analogen Ersatzschema beilegen. Die Impedanzwerte sind aber nicht vollkommen festgelegt, sondern ihre induktiven Komponenten müssen nur der Bedingung genügen

$$X_H + X_M = x_{HM}$$

und die Ohmschen Komponenten der Bedingung

$$R_H + R_M = r_H + r_M.$$

Man kann also, wie bekannt, die Drosselspule zur Erreichung einwandfreien Parallellaufs in die Primärwicklung oder in die Sekundärwicklung legen; wenn es einen praktischen Zweck hätte, könnte man auch einen Teil primär, den Rest sekundär vorschalten, weil beim Ersatzschema

[1] Ich verdanke den Hinweis auf diese Tatsache Herrn Dr.-Ing. Gerhard Stein. — Werden die in ETZ 1929, S. 866 nach Schätzung gezeichneten und, wie sich zeigt, deswegen irreführenden Kraftlinienbilder durch errechnete ersetzt, so bieten sie keinen Anhalt mehr für die Annahme einer Ungleichheit von $e_{s_{12}}$ und $e_{s_{21}}$. Die genaue Aufzeichnung eines Kraftlinienbildes für den Spezialfall einer ebenen Wand bzw. einer Zylinderwand von unendlich großem Durchmesser ist leicht durchführbar, da das Kraftlinienfeld vor der Wand identisch ist mit der vor der Wandfläche liegenden Hälfte eines Kraftlinienfeldes, das durch den Leiter einerseits und durch einen in gleichem Abstand hinter der Wand liegenden (gespiegelten) Leiter anderseits in Luft erzeugt wird. — Siehe auch: „Potentialtheoretische Untersuchungen über Magntefelder in Transtformatoren und über ihre Streuinduktivität speziell bei Zylinderwicklung" (Dissertation von Dipl.-Ing. Gerhard Stein).
Ein exakter allgemeiner Beweis für die Gleichheit von $e_{s_{12}}$ und $e_{s_{21}}$, auch bei Eisennähe, dürfte mittels Vektorrechnung durchführbar sein.

für den Zweiwicklungstransformator die Werte für die Impedanzen z_H und z_M nicht vollkommen bestimmt oder, wie der Mathematiker sagt, unterbestimmt sind.

Beim Dreiwicklungstransformator sind die Werte z_H, z_M und z_N jedoch vollkommen bestimmt, so daß auch von vornherein festliegt, in welche Leitung die zur Erzielung einwandfreien Parallellaufs zweier Transformatoren erforderlichen Drosseln geschaltet werden müssen. Will man also die Vorschaltung von Drosseln beispielsweise in der Leitung für die höchste Spannung umgehen, da dieselben relativ teuer werden, so kann dies nur durch den Entwurf der Transformatoren geschehen, indem z_H und z'_H gleich gemacht werden.

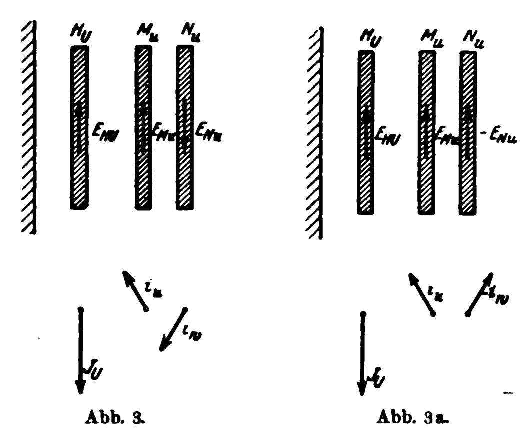


Abb. 3. Abb. 3a.

Vierwicklungstransformatoren sind äußerst selten. Es ist daher mehr von theoretischem Interesse, festzustellen, daß es für diese kein Ersatzschema mehr gibt. Die fiktiven Werte von z_H, z_M, z_N, z_0 sind, mathematisch gesprochen, überbestimmt, d. h. es gibt keine Werte z_H, z_M, z_N, z_0, die für alle Belastungsfälle die richtigen Werte der Spannungsverschiebungen ergäben. Selbstverständlich ist es jedoch möglich, den Spannungsabfall für jeden Belastungsfall durch eine Gleichung analog der Gl. (5) (ETZ 1928, S. 1210) auszudrücken und zu berechnen. Ausgleichsdrosseln zum Parallellauf erreichen ihren Zweck nur für bestimmte Belastungsfälle; bei anderen Belastungsfällen bewirken die gleichen Drosseln ungleiche prozentuale Lastverteilung.

I. Spannungsabfall in Transformatoren mit Zickzackschaltung.

In Abb. 2 ist die Schaltung eines Transformators in Stern-Zickzack, in Abb. 3 die beispielsweise Anordnung der Wicklungen auf einem Schenkel U, in Abb. 4 das Dia-

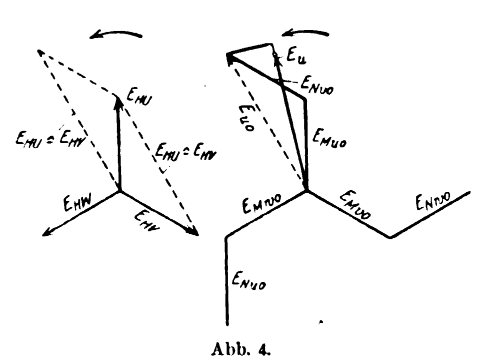


Abb. 4.

gramm der Leerlaufspannungen und in Abb. 5 das Diagramm der Ströme dargestellt, wobei die Windungszahlen der Wicklungen *H*, *M* und *N* als gleich angenommen sind. Der leichteren Übersichtlichkeit wegen ist der Sekundärstrom i_u in Phase mit der sekundären Phasenspannung E_u gezeichnet. Die Ableitung gründet sich jedoch nicht auf eine solche Phasengleichheit und gilt für jede Phasenverschiebung des Sekundärstroms gegen die Sekundärspannung.

Setzt man an Stelle der Abb. 3 die Abb. 3a, so haben wir einen Dreiwicklungstransformator mit drei in gleichem Sinne gezählten Spannungen E_{HU}, E_{Mu} und $-E_{Nu}$ sowie mit drei sich zu Null ergänzenden Strömen $J_U \hat{+} i_u \hat{+} (-i_w) = 0$ vor uns, für welchen die früher abgeleiteten Gleichungen gelten. Die Sekundärwicklungen dieses Dreiwicklungstransformators M_u, M_v, M_w und N_u, N_v, N_w sind jedoch nicht unabhängig voneinander für sich in Stern oder in Dreieck geschaltet, sondern nach Abb. 2 bzw. 4 in Serie miteinander verbunden.

Wie Abb. 4 zeigt, ist die verkettete Primärspannung $E_{HU} \hat{-} E_{HV}$ identisch mit der sekundären Phasenspannung $E_{u_0} = E_{Mu_0} \hat{+} E_{Nv_0}$. Die Spannungsverschiebung zwischen dieser Leerlaufspannung und der Sekundärspannung E_u bei Belastung des Transformators mit den Strömen J_U und i_u setzt sich nun aus der Spannungsverschiebung in der Wicklung M_u auf Schenkel U und derjenigen in der Wicklung N_v auf Schenkel V zusammen. Die Spannungsverschiebung in der Wicklung M_u ist nach Gl. (14a)

$$E_{HU} \hat{-} E_{Mu} = \overline{i_u\left(\frac{x_{HM}+x_{MN}-x_{HN}}{2} \hat{+} r_M\right)}$$
$$\hat{-} \overline{J_U\left(\frac{x_{HM}+x_{HN}-x_{MN}}{2} \hat{+} r_H\right)}, \quad (15a)$$

die der Wicklung N_v nach Gl. (14b)

$$-E_{HV} \hat{-} E_{Nv} = \overline{i_u\left(\frac{x_{HN}+x_{MN}-x_{HM}}{2} \hat{+} r_N\right)}$$
$$\hat{+} \overline{J_V\left(\frac{x_{HN}+x_{HM}-x_{MN}}{2} \hat{+} r_H\right)} \quad (15b)$$

Die gesamte Spannungsverschiebung ist demnach durch geometrische Addition von Gl. (15a) und (15b) gegeben zu

$$(\overline{E_{HU}} \hat{-} \overline{E_{HV}}) \hat{-} (E_{Mu} \hat{+} E_{Nv}) = i_u\,(\overline{x_{MN}} \hat{+} \overline{r_M} \hat{+} \overline{r_N})$$
$$\hat{-} [\overline{J_U} \hat{-} \overline{J_V}]\left(\frac{x_{HM}+x_{HN}-x_{MN}}{2} \hat{+} r_H\right) \quad (15c)$$

Abb. 5. Abb. 6.

Aus Abb. 5 ersieht man, daß $\overline{J_U} \hat{-} \overline{J_V}$ der Vektorrichtung nach zu i_u parallel, aber entgegengesetzt und dem absoluten Betrag nach gleich $J_U \cdot \sqrt{3}$ ist; ferner ergibt sich, wie man leicht überblicken kann, aus der Gleichheit der primären und sekundären Amperewindungen der absolute Betrag von $i_u = \frac{J_U}{\sqrt{3}}$, woraus folgt, daß

$$3\,\overline{i_u} = -[\overline{J_U} \hat{-} \overline{J_V}].$$

Man kann nun Gl. (15c) auch schreiben

$$(\overline{E_{HU}} \hat{-} \overline{E_{HV}}) \hat{-} (\overline{E_{Mu}} \hat{+} \overline{E_{Nv}})$$
$$= i_u\,(x_{MN} \hat{+} r_M \hat{+} r_N) + 3\,i_u\left(\frac{x_{HM}+x_{HN}-x_{MN}}{2} \hat{+} r_H\right)$$
$$= 3\,i_u\left[\left(\frac{x_{HM}}{2}+\frac{x_{HN}}{2}-\frac{x_{MN}}{6}\right) \hat{+} \left(r_H+\frac{r_M}{3}+\frac{r_N}{3}\right)\right]. \quad (16)$$

Der induktive Teil der Spannungsverschiebung zwischen verketteter Primärspannung einerseits und der zugehörigen sekundären Phasenspannung bei Belastung anderseits steht also auf dem sekundären Strom senkrecht, der Ohmsche Teil ist diesem Strom parallel, wie es nicht anders zu erwarten war.

Dem absoluten Betrag nach kann der Ausdruck für die Spannungsverschiebung auch geschrieben werden

$$e_{kz} = J_U\sqrt{3}\left(\frac{x_{HM}+x_{HN}}{2}-\frac{x_{MN}}{6}\right)$$
$$\hat{+} J_V\sqrt{3}\left(r_H+\frac{r_M+r_N}{3}\right). \quad (16a)$$

Vergleichen wir hiermit die Spannungsverschiebung einer durch Abb. 6 ... 9 gekennzeichneten Schaltung derselben Spulen, wobei aber die Wicklungen *M* und *N* jeweils eines

Schenkels in Serie geschaltet sind, nehmen wir die primären Ströme wieder zu J_U, J_V, J_W, die sekundären zu i_u', i_v', i_w' an, so ist jetzt

$$\overline{i_u'} = -\frac{\overline{J_U}}{2}$$

oder

$$i_u' = -\frac{J_U}{\sqrt{3}}\,\frac{\sqrt{3}}{2} = -i_u\,\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

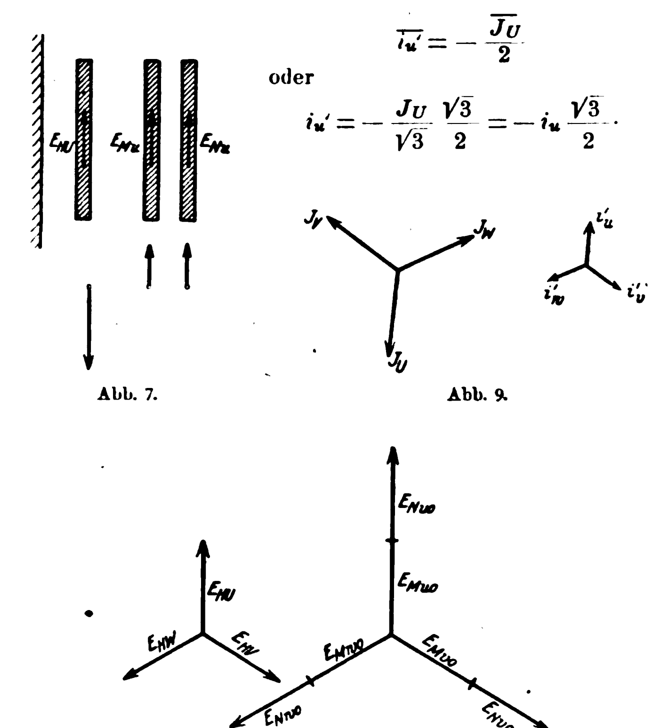


Abb. 7. Abb. 9.

Abb. 8.

Die Spannungsverschiebung zwischen der sekundären Leerlaufspannung einer Phase und der sekundären Spannung bei Belastung des Transformators setzt sich dann zusammen aus

$$E_{HU} \mathrel{\widehat{-}} E'_{Mu} = i_u'\left(\frac{x_{HM}+x_{MN}-x_{HN}}{2} \mathrel{\widehat{\mp}} r_M\right) - J_U\left(\frac{x_{HM}+x_{HN}-x_{MN}}{2} \mathrel{\widehat{\mp}} r_H\right)$$

und

$$E_{HU} \mathrel{\widehat{-}} E'_{Nu} = i_u'\left(\frac{x_{HN}+x_{MN}-x_{HM}}{2} \mathrel{\widehat{\mp}} r_N\right) - J_U\left(\frac{x_{HN}+x_{HM}-x_{MN}}{2} \mathrel{\widehat{\mp}} r_H\right)$$

und es ergibt sich

$$2\,E_{HU} \mathrel{\widehat{-}} (E'_{Mu}+E'_N) = i_u'\left(x_{MN} \mathrel{\widehat{\mp}} (r_M+r_N)\right) - J_U\left(x_{HM}+x_{HN}-x_{MN} \mathrel{\widehat{\mp}} 2\,r_H\right),$$

wobei

$$i_u' = -\frac{J_U}{2} \quad \text{oder} \quad i_u' = i_u\,\frac{\sqrt{3}}{2},$$

so daß

$$2\,E_H \mathrel{\widehat{-}} (E'_M+E'_N) = 2\,(E_H - E'_M)$$
$$= -J_U\left(x_{HM}+x_{HN}-\frac{x_{MN}}{2}\right) \mathrel{\widehat{-}} J_U\left(\frac{r_M+r_N}{2}+2\,r_H\right).$$

Die verkettete Spannungsverschiebung ist dann dem absoluten Betrage nach

$$e_{k_1} = (E_H - E_M)\sqrt{3} = J_U\sqrt{3}\left(\frac{x_{HM}+x_{HN}}{2}-\frac{x_{MN}}{4}\right) \mathrel{\widehat{\mp}} J_U\sqrt{3}\left(r_H+\frac{r_M+r_N}{4}\right). \quad (17)$$

Bezeichnet man also die durch Gl. (16 a) ausgedrückte Kurzschlußspannung des Zickzacktransformators mit e_{kz}, diejenige bei Serienschaltung der auf einem Schenkel liegenden Sekundärwicklungen beim gleichen Primärstrom Gl. (17) mit e_{k_1}, ferner mit e_{k_2} jene verkettete Kurzschlußspannung, welche bei Stern/Stern-Schaltung von M gegen N erforderlich wäre, um den halben Primärstrom $= \frac{J_U}{2}$ in diesen Wicklungen zu erzeugen, so ist

$$e_{k_2} = \frac{J_U}{2}\sqrt{3}\left(x_{MN} \mathrel{\widehat{\mp}} (r_M+r_N)\right) \quad . \; . \; . \quad (18)$$

und ein Vergleich von Gl. (16 a), (17) und (18) zeigt, daß

$$e_{kz} = e_{k_1} + \frac{e_{k_2}}{6}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (19)$$

die gleiche Beziehung, welche Kade in ETZ 1918, S. 513 auf anderem Wege abgeleitet hat.

II. Stromverteilung in parallel geschalteten Wicklungszweigen eines Transformators.

Parallel geschaltete Stromzweige werden in Transformatoren mit großen Stromstärken zweckmäßig oder notwendig; außerdem verlangen manche Elektrizitäts-

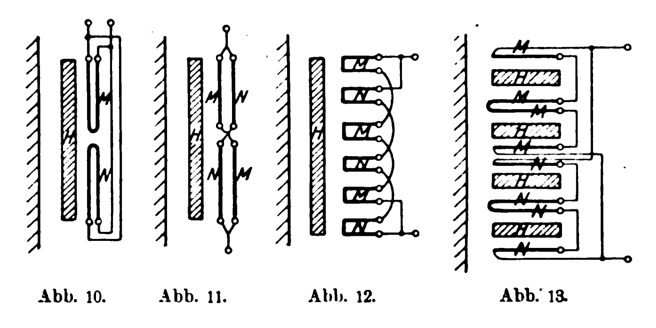


Abb. 10. Abb. 11. Abb. 12. Abb. 13.

werke von den Sekundärwicklungen mancher Transformatoren, daß sie für halbe und ganze Spannung verwendbar sein sollen, was zur Parallelschaltung zwingt, wenn man nicht so unwirtschaftlich verfahren will, einen großen Teil der Wicklung unbelastet zu lassen. Liegen die parallelen Wicklungszweige der Sekundärwicklung vollständig symmetrisch zur Primärwicklung, z. B. wie bei Abb. 10 ... 13, und haben sie zudem gleichen Widerstand, so verteilt sich der Gesamtstrom gleichmäßig auf die Wicklungszweige. Aus Gründen eines günstigen elektrischen oder konstruktiven Entwurfs ist es jedoch häufig erforderlich, von der symmetrischen Anordnung abzuweichen und Anordnungen, wie in Abb. 14 ... 17 angedeutet, zu bevorzugen. In diesen Fällen wird im allgemeinen eine ungleichmäßige Verteilung des Gesamtstromes auf die parallelen Zweige eintreten. Es ist nun wichtig, die Ströme in jedem Zweig der Größe und der Phase nach zu berechnen, um unzulässige Belastung stärker beanspruchter Zweige zu vermeiden, die Gesamtverluste durch Stromwärme ermitteln zu können und um eine genaue Berechnung der Kurzschlußspan-

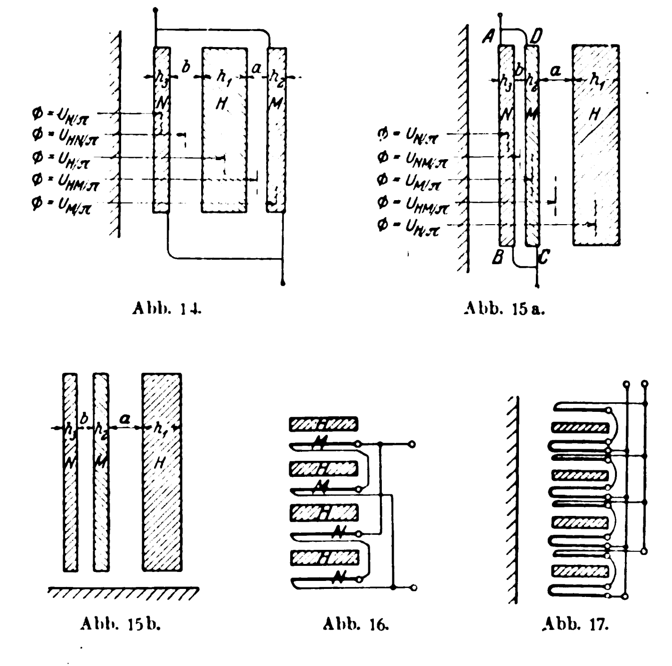


Abb. 14. Abb. 15a.

Abb. 15b. Abb. 16. Abb. 17.

nung, wie sie bei Parallellauf der Transformatoren mit anderen Transformatoren erforderlich ist, durchzuführen.

Wir betrachten zunächst den Fall nach Abb. 14. Wir stehen einem Dreiwicklungstransformator gegenüber, dessen Wicklungen M und N parallel geschaltet sind. Die Spannungsverschiebungen der Wicklungen M und N bei gleichzeitiger Belastung mit den Strömen J_M und J_N sind nach den früher angegebenen Ausdrücken gegeben. Die beiden Spannungsverschiebungen müssen aber sowohl dem absoluten Betrag als auch der Phase nach genau gleich sein, wenn die Ströme J_M und J_N so gewählt werden, wie sie in Wirklichkeit bei Parallelschaltung auftreten. Belasten wir die getrennten Wicklungen M und N mit solchen Strömen, daß die Spannungsverschiebungen in M und N nach Größe und Phase gleich sind, und schalten dann parallel, so tritt kein Ausgleichstrom auf, die Ströme bleiben also nach der Parallelschaltung so bestehen, wie sie vorher waren. In jedem anderen Fall entsteht ein Ausgleichstrom, so daß die vorher vorhandenen Ströme nicht bestehen bleiben würden.

Die Spannungsverschiebungen sind nach Gl. (5 a)

$$E_H \hat{-} E_M = J_M(r_H + r_M) \hat{+} J_M x_{HM} \hat{+} J_N r_H \hat{+} J_N x_{N(HM)}$$

$$E_H \hat{-} E_N = J_N(r_H + r_N) \hat{+} J_N x_{HN} \hat{+} J_M r_H \hat{+} J_M x_{M(HN)}$$

Wie erwähnt, müssen diese Werte bei Parallelschaltung von M und N gleich sein, also

$$J_M(r_H + r_M \hat{+} J_M x_{HM} \hat{-} J_M r_H \hat{-} J_M x_{M(HN)}$$
$$= J_N(r_H + r_N) \hat{+} J_N x_{HN} \hat{-} J_N r_H \hat{-} J_N x_{N(HM)}$$

oder

$$J_M \; r_M \hat{+} x_{HM} \hat{-} x_{M(HN)}) = J_N(r_N \hat{+} x_{HN} \hat{-} x_{N(HM)}) . \quad (20)$$

Setzt man $8\pi^2 . 10^{-9} f \frac{n^2}{l} = K$, wobei f die Frequenz, n die Windungszahl und l die Spulenlänge ist, so wird

$$x_{HM} = K \varrho_{HM}\left(U_{HM}\, a + \frac{1}{3} h_1 U'_H + \frac{1}{3} h_2 U_M\right)$$

$$x_{HN} = K \varrho_{HN}\left(U_{HN}\, b + \frac{1}{3} h_1 U''_H + \frac{1}{3} h_3 U_N\right)$$

Bei großer Wicklungshöhe der Spule H hat man U'_H größer zu nehmen als den mittleren Durchmesser U_H der Wicklung, im Rechnungsbeispiel zu 615 mm, U''_H kleiner als den mittleren Durchmesser, im Rechnungsbeispiel zu 553 mm, was man sich leicht nachrechnen kann. — Ferner wird

$$x_{M(HN)} \approx x_{N(HM)} \approx -K \varrho' \, U_H \frac{h_1}{6},$$

so daß

$$\frac{J_N}{J_M} \approx \frac{r_M \hat{+} K \varrho_{HM}\left[U_{HM}\, a + U_H\left(\frac{h_1}{3} + \frac{\varrho'}{\varrho_{HM}} \frac{h_1}{6}\right) + U_M \frac{h_2}{3}\right]}{r_N \hat{+} K \varrho_{HN}\left[U_{HN}\, b + U_H\left(\frac{h_1}{3} + \frac{\varrho'}{\varrho_{HN}} \frac{h_1}{6}\right) + U_N \frac{h_3}{3}\right]} . \quad (21)$$

ϱ' wird man schätzungsweise wieder zu $\frac{1 + 3\varrho_{MN}}{4}$ annehmen können.

An einem R e c h n u n g s b e i s p i e l, welchem die Wicklung nach Abb. 18 zugrunde liegt, mögen die Größenverhältnisse gezeigt werden. Der Übersichtlichkeit wegen sind r_H, r_M und r_N in Prozent der Leerlaufspannung angegeben, wobei in jeder Wicklung die gleiche Belastung in kVA anzunehmen ist. Wir wählen die Vollbelastung. Analog sind die anderen Summanden der Summe im Zähler und Nenner der rechten Seite der Gl. (21) mit $\frac{J_H . 100}{E_0}$ multipliziert, so daß auch sie als Prozente der Leerlaufspannung gerechnet sind.

$$\varrho_{HM} = 0{,}965 = \varrho_{HN},$$

$$\varrho'_{MN} \approx \frac{1 + 3\varrho_{MN}}{4} = \frac{1 + 3 . 0{,}955}{4} = 0{,}966.$$

Die übrigen Größen sind aus Abb. 18 ersichtlich mit Ausnahme des Fluxes, der 12,3 · 10⁶ Linien sei.

$$\frac{J_N}{J_M} = \frac{1{,}15 \hat{+} (10{,}49 + 1{,}57)}{0{,}7 \hat{+} (8{,}15 + 1{,}57)} = \frac{1{,}15 \hat{+} 12{,}06}{0{,}7 \hat{+} 9{,}72} .$$

Dies entspricht einem Verhältnis der absoluten Werte von $\frac{J_N}{J_M} = \frac{12{,}11}{9{,}75}$ und der sehr kleinen Phasenverschiebung der Ströme J_M und J_N, wie in Abb. 18 a gezeichnet. Die Phasenverschiebung der beiden Ströme gegeneinander ist so gering, daß man mit praktisch vollkommen genügender Genauigkeit statt $J_M \hat{+} J_N = -J_H$ setzen kann $J_M + J_N = -J_H$, so daß sich

$$J_M = \frac{9{,}72}{12{,}11 + 9{,}75} . 3470 = 1540 \text{ A}$$

und

$$J_N = \frac{12{,}11}{12{,}11 + 9{,}75} . 3470 = 1930 \text{ A}$$

ergibt.

Die Spannungsverschiebung zwischen primärer und sekundärer Spannung errechnet sich nun bei den tatsächlich auftretenden Belastungen der Wicklungen M und N wie folgt für M:

$$J_H r_H + J_M r_M \hat{+} J_M x_{(HM)} \hat{+} J_N x_{N(HM)}$$
$$= \left(0{,}4\,\% + \frac{1540}{3470} . 1{,}15\,\%\right) \hat{+} \left(\frac{1540}{3470} . 10{,}49\,\% - \frac{1930}{3470} . 1{,}57\,\%\right)$$
$$= (0{,}4 + 0{,}512)\,\% \hat{+} (4{,}66 - 0{,}87)\,\%$$
$$= 0{,}912\,\% \hat{+} 3{,}79\,\%;$$

absoluter Wert $\sqrt{0{,}912^2 + 3{,}79^2} = 3{,}91\,\%$.

Für Wicklung N ist die Spannungsverschiebung

$$J_H r_H + J_N r_N \hat{+} J_N x_{HN} \hat{+} J_M x_{M(HN)}$$
$$= 0{,}4\,\% + \frac{1930}{3470} . 7{,}0\,\% \hat{+} \frac{1930}{3470} . 8{,}15\,\% - \frac{1540}{3470} . 157\,\%$$
$$= (0{,}4 + 0{,}39)\,\% \hat{+} (4{,}52 - 0{,}70)\,\%$$
$$= 0{,}79\,\% \hat{+} 3{,}82\,\%;$$

absoluter Wert $\sqrt{0{,}79^2 + 3{,}82^2} = 3{,}91\,\%$.

Der Strom in der inneren Spule wird, wie man sieht, um 12 % größer als der halbe Gesamtstrom, was eine um 25 % größere Temperaturdifferenz zwischen dem Spulenkupfer der inneren Spule und dem Transformatorenöl bedingt, als bei halbem Gesamtstrom eintreten würde. In der äußeren Spule tritt eine um etwa ebensoviel geringere Erwärmung auf. Dazu kommt, daß in der Regel an der inneren Spule der Ölumlauf nicht so lebhaft ist wie an der äußeren Spule. Diesem ungünstigen Verhältnis kann ohne Vermehrung des Kupfergewichts und ohne merkliche Änderung der Gesamtkupferverluste dadurch abgeholfen werden, daß der Querschnitt des Wickeldrahtes nicht, wie den angeführten Daten zugrunde gelegt, in beiden Spulen gleich gemacht, sondern in der inneren Spule um rd. 28 % verstärkt, in der äußeren Spule um rd. 17 % vermindert wird. Stromverteilung und Spannungsverschiebung bleiben dabei ebenfalls praktisch ungeändert gegenüber dem ersten Entwurf.

Bemerkt sei noch, daß, da der größere Strom im Stromkreis kleineren Ohmschen Widerstandes fließt, durch die ungleiche Stromverteilung in den Wicklungen M und N

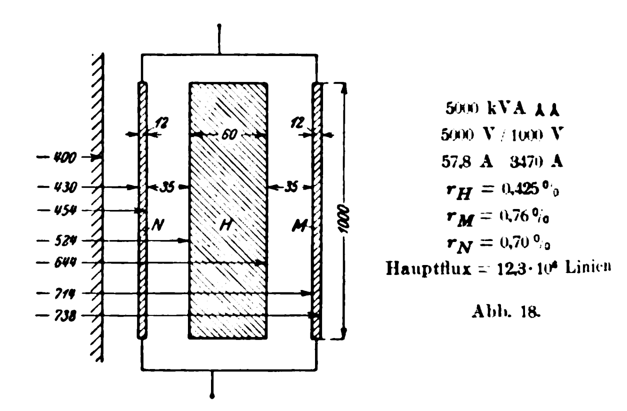


Abb. 18.

ein geringerer Gesamtkupferverlust entsteht, als bei gleichheitlicher Verteilung des Stromes auf Wicklung M und N auftreten würde. Die Verringerung der Verluste bei gleichbleibendem Kupfergewicht durch Vergrößerung

des Stromes J_N und Verkleinerung des Stromes J_M hört natürlich bei einer gewissen Grenze auf, jedoch träte das Minimum der Gesamtverluste bei konstantem Gesamtkupfergewicht und bei der ursprünglich angegebenen Widerstandsverteilung des Rechnungsbeispiels erst bei $J_N = 2200$ A und $J_M = 1270$ A und bei den geänderten Widerständen, nämlich einer um 28 % verstärkten Innenspule N und einer um 17 % geschwächten Außenspule M erst bei $J_N = 2530$ A und $J_M = 940$ A auf.

Wie aus dem Vorhergehenden ohne weiteres ersichtlich ist, kann das Stromverhältnis jedoch nicht ohne Änderung des Abstandes der Wicklungen H und M einerseits und des Abstandes der Wicklungen H und N anderseits, also im allgemeinen nicht ohne Vergrößerung des Gesamtkupfergewichtes und des Eisenkernes geändert werden, so daß eine Verringerung der Kupferverluste durch willkürliche Änderung des Verhältnisses der Stromstärken der parallelgeschalteten Stromzweige nicht in Frage kommt.

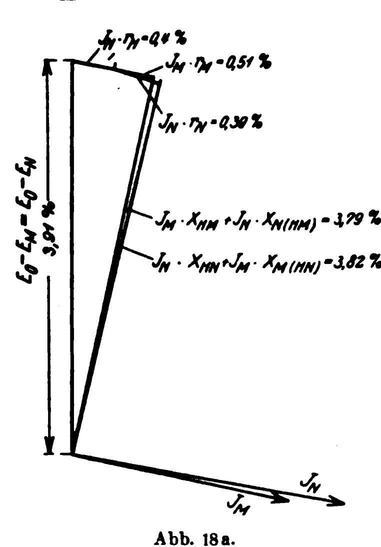


Abb. 18 a.

War die Parallelschaltung zweier auf verschiedenen Seiten der Primärwicklung liegenden Sekundärwicklungen eine Ausführung, die ohne Nachteil ausgeführt werden kann und häufig ausgeführt wird, so ist es allgemein bekannt, daß die Parallelschaltung zweier auf der gleichen Seite der Primärwicklung liegenden Teile der Sekundärwicklung zu ungleicher Stromverteilung, zu zusätzlichen Verlusten führt, daher besser vermieden wird. Immerhin bietet die Anordnung Vorteile, so daß es lohnt, sich darüber Rechenschaft zu geben, in welchen Fällen sie noch unbedenklich angewandt werden kann. Über die Berechnung der Stromverteilung bei solcher und ähnlicher Wicklungsanordnung habe ich auch relativ häufig irrtümliche Anschauungen kennengelernt. Man kann die Regel hören, daß man Wicklungen auf verschiedenen Durchmessern nie parallel schalten dürfe, z. B. auch nicht bei den dann und wann mit Vorteil anwendbaren Anordnungen nach Abb. 19 und 20, wo es jedoch unbedenklich geschehen kann; vielfach hört man, daß bei einer Wicklung nach Abb. 15 a und b die Stromverteilung um so günstiger wird, je größer a bei konstantem b ist, da die Ströme sich umgekehrt wie die Kurzschlußspannungen zwischen H und M bei stromlosem N einerseits und zwischen H und N bei stromlosem M anderseits verhalten sollen. Es wird also dabei die Beeinflussung der Spannungsverschiebung durch die dritte Wicklung übersehen.

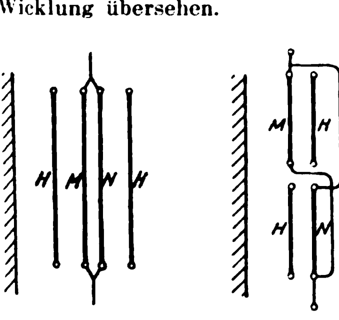


Abb. 19.

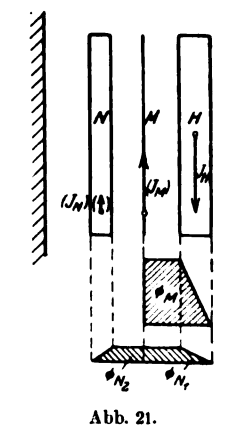
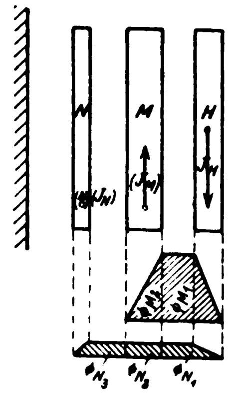


Abb. 20.

Abb. 21.

Obwohl die Berechnung der Stromverteilung bei der besprochenen Wicklungsanordnung nichts grundsätzlich Neues bietet, so dürften ihre Durchführung bzw. ihre Ergebnisse doch manchem Ingenieur eine willkommene Ergänzung seines Überblicks über die auftretenden Verhältnisse bringen.



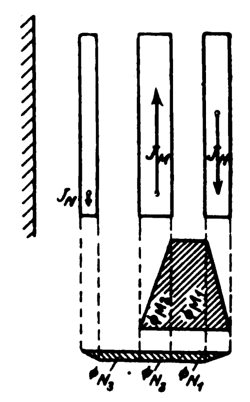


Abb. 22. Unmögliche Annahme der Stromrichtungen — Abb. 22 a. Tatsächliche Stromrichtungen bei Parallelschaltung von M und N.

Betrachten wir die Anordnung nach Abb. 15 a oder b, so gilt bezüglich der Spannungsverschiebung zwischen E_H und E_M wieder — wie oben bei Betrachtung der Abb. 14 —, daß sie der Spannungsverschiebung zwischen E_H und E_N nach Größe und Phase genau gleich sein muß. Es gilt also wieder Gl. (20).

$$J_M\left[r_M \hat{+} (x_{HM} - x_{M(HN)})\right] = J_N\left[r_N \hat{+} (x_{HN} - x_{N(HM)})\right].$$

Dabei ist jetzt

$$x_{HM} = K\,\varrho_{HM}\left(a\,U_{HM} + \frac{1}{3}h_1\,U'_H + \frac{1}{3}h_2\,U_M\right)$$

$$x_{HN} = K\,\varrho_{HN} \times \left(a\,U_{HM} + h_2\,U_M + b\,U_{MN} + \frac{1}{3}h_1\,U_2' + \frac{1}{3}h_3\,U_N\right)$$

$$x_{M(HN)} = x_{N(HM)} = +K\varrho'\left(a\,U_{HM} + \frac{1}{3}h_1\,U'_H + \frac{1}{2}h_2\,U_M\right),$$

wobei die Bezeichnungen die früher angegebene Bedeutung haben. Es ist also jetzt für Abb. 15

$$\frac{J_N}{J_M} = \frac{r_M \hat{+}\left[K\varrho_{HM}\left(a\,U_{HM} + \frac{1}{3}h_1\,U'_H + \frac{1}{3}h_2\,U_M\right) - K\varrho'\left(a\,U_{HM} + \frac{1}{3}h_1\,U'_H + \frac{1}{2}h_2\,U_M\right)\right]}{r_N \hat{+}\left[K\varrho_{HN}\left(a\,U_{HM} + h_2\,U_M + b\,U_{MN} + \frac{1}{3}h_1\,U_2' + \frac{1}{3}h_3\,U_N\right) - K\varrho'\left(a\,U_{HM} + \frac{1}{3}h_1\,U'_H + \frac{1}{2}h_2\,U_M\right)\right]}. \quad (22)$$

Um die Verhältnisse nicht unnötig zu verwickeln, genügt es, zur Erlangung eines Überblicks an Stelle der Abb. 15 a die Abb. 15 b zu verwenden, also eine Scheibenwicklung zugrunde zu legen. Hier sind alle Umfänge der Windungen bzw. der Streukanäle gleich, nämlich gleich U. Ferner wollen wir uns die in den meisten Fällen nicht erhebliche, bei langen dünnen Spulen und engen Streukanälen verschwindend kleine Vernachlässigung gestatten, für die drei Rogowsky-Faktoren einen Mittelwert ϱ einzuführen, den wir an Stelle der Faktoren ϱ_{HM}, ϱ_{HN} und ϱ' setzen; dann geht Gl. (22) über in die Annäherungsgleichung

$$\frac{J_N}{J_M} \approx \frac{r_M \hat{-} K\varrho\frac{h_2}{6}U}{r_N \hat{+} K\varrho\left(b + \frac{h_2}{2} + \frac{h_3}{3}\right)U} \quad . . . \quad (22\text{a})$$

Zu genau dem gleichen Ergebnis kommt man bei Scheibenwicklung, also gleichem U, durch Anwendung der Gleichungen (14 a) und (14 b), wenn man anstatt der drei Rogowsky-Faktoren einen mittleren setzt.

Es ist von Interesse, die Größe dieses Verhältnisses für verschiedene Sonderfälle kennenzulernen.

a) Wir nehmen an, daß die Ohmschen Verluste gegenüber den induktiven Spannungsverschiebungen verschwindend klein seien, ferner daß die Spule M sehr dünn ist; im Grenzfall also $r_M \approx 0$, $r_N \approx 0$, $h_2 \approx 0$. In diesem Spezialfall, welcher mit einiger Annäherung bei größeren Transformatoren vorliegen würde, wenn man einen Ölkanal von einiger Breite zwischen dünnen Spulen M und N beläßt, wird

$$\frac{J_N}{J_M} \approx 0, \quad \text{also } J_N \approx 0.$$

In diesem Fall führt also die von der Primärwicklung entfernter liegende Spule, ganz gleichgültig, wie groß a ist, keinen Strom und auch, solange $\frac{r_M}{K\left(b + \frac{h_3}{3}\right) U}$ sehr klein bleibt, unabhängig von den Größen b und h_3 keinen praktisch in Betracht kommenden Strom, sie ist nahezu stromlos.

Man kann sich diese Tatsache sehr einfach erklären. Wenn die Ohmschen Widerstände außer Ansatz bleiben können, so haben wir es nur mit den durch Haupt- und Streufelder induzierten Spannungen zu tun. In Abb. 21 bildet J_M mit der J_M gleichen, in Phase entgegengesetzten Komponente von J_H das Streufeld Φ_M, J_N bildet analog mit der verbleibenden Komponente von J_H das Streufeld Φ_N, welches wir in Φ_{N_1} und Φ_{N_2} (siehe Abb. 21) zerlegen. Das Hauptfeld Φ_E und das Streufeld $\Phi_M \hat{+} \Phi_{N_1}$ erzeugen sowohl in M als auch in N Spannungen gleicher Größe und Phase, da das Feld $\Phi_E \hat{+} \Phi_M \hat{+} \Phi_N$ von allen Windungen sowohl der Wicklung M als auch der Wicklung N umschlungen wird; diese drei Felder können also keinen Ausgleichstrom zwischen Wicklung M und N hervorrufen. Das Feld Φ_{M_2} hingegen erzeugt, da es links von M und rechts von N verläuft, in den beiden Wicklungen EMKe entgegengesetzter Richtung, die in Summa $\approx K \varrho_{MN} \Phi_{M_2}$ betragen und einen Ausgleichstrom zwischen M und N hervorrufen. Nur wenn der Strom J_N zu 0 angenommen wird, entsteht kein Feld Φ_{N_2} und kein Ausgleichstrom. Gleichgewichtszustand ist also nur beim Strom $J_N = 0$ vorhanden.

b) Eine zweite Annahme. Die Ohmverluste seien wieder verschwindend klein gegenüber den induzierten EMKe. Die Spule M habe aber eine erhebliche Ausdehnung senkrecht zur Fläche des Streukanals.

$$r_M \approx 0, \quad r_N \approx 0, \quad h_2 > 0.$$

Jetzt wird

$$\frac{J_N}{J_M} = \frac{-K \varrho \frac{h_2}{6} U}{+K \varrho \left(b + \frac{h_2}{2} + \frac{h_3}{3}\right) U} = \frac{-h_2}{6b + 3h_2 + 2h_3}$$

Der Strom $J_N = -\frac{h_2}{6b + 3h_2 + 2h_3} \cdot J_M$ hat also eine zu J_M entgegengesetzte Richtung. Das bedeutet, daß der von der Primärwicklung abgelegene Sekundärwicklungszweig keinen Teil des gesamten Sekundärstromes übernimmt, im Gegenteil aus dem näher an der Primärwicklung gelegenen Stromzweig noch mit Strom gespeist wird, so daß in diesem mehr als der gesamte abzugebende Sekundärstrom fließen muß.

Auch daß dem so sein muß, kann man sich leicht klarmachen. In Abb. 22 sind zunächst gleichgerichtete Ströme J_M und J_N angenommen, so daß die Streufelder beide über der Nullinie liegen. Die Streufelder betrachten wir in ihren Teilen Φ_{M_1} und Φ_{M_2} sowie Φ_{N_1}, Φ_{N_2} und Φ_{N_3}, die aus der Abbildung erkenntlich sind. $\Phi_{M_1} + \Phi_{N_1}$ werden von sämtlichen Windungen der Wicklung M und sämtlichen Windungen der Wicklung N umschlungen, so daß sie in M und N gleiche und gleichgerichtete EMKe erzeugen, also keinen Ausgleichstrom hervorbringen. Φ_{M_2} und ebenso Φ_{N_2} werden von sämtlichen Windungen der Wicklung N umschlungen, aber die Verkettung mit den Windungen der Wicklung M ist nur eine teilweise, so daß von Φ_{M_2} und Φ_{N_2} in N eine größere EMK erzeugt wird als in M, wodurch ein Ausgleichstrom hervorgerufen wird. Φ_{N_3}, das von Windungen der Wicklung M überhaupt nicht umschlungen wird, hingegen von Windungen der Wicklung N, muß einen Ausgleichstrom im gleichen Sinn erzeugen bzw. den Ausgleichstrom verstärken. Bei gleichgerichteten Strömen J_M und J_N kann also kein Gleichgewicht bestehen; auch noch nicht beim Verschwinden des Stromes J_N; denn dann bleibt immer noch der durch Φ_{M_2} hervorgerufene Ausgleichstrom. Erst wenn in N ein dem Strom J_M entgegengesetzt gerichteter Strom J_N fließt, der ein entgegengesetzt gerichtetes Streufeld hervorruft (Abb. 22 a), kann durch die Felder Φ_{N_2} und Φ_{N_3} ein Ausgleichstrom erzeugt werden, der dem von Φ_{M_2} erzeugten Ausgleichstrom entgegengesetzt gerichtet ist. Wird er ihm an Größe gleich, so hebt er ihn auf, es fließt kein Ausgleichstrom mehr, d. h. bei dieser Stromverteilung besteht dann Gleichgewicht der EMKe, diese Stromverteilung muß sich einstellen.

(Schluß folgt.)

Beitrag zur Erhöhung der Genauigkeit thermoelektrischer Temperaturmeßanlagen.

Wohl in wenigen Betrieben ist eine Genauigkeit der Temperaturanzeige von ± 0,5 % oder noch weniger erforderlich. Aber dennoch wird es für den Betriebsmann beruhigender sein, zu wissen, daß seine Temperaturanzeige um den Wert der **wirklichen** Temperatur schwankt, als sich mit relativen Werten begnügen zu müssen. Daß diese Bedingung in den seltensten Fällen erreicht wird — es sei denn, daß Kunstschaltungen angewandt werden —, zeigt die Praxis. Einen Weg zur Verbesserung der einfach geschalteten Temperaturmeßanlage sollen die folgenden Überlegungen zeigen. Die Fehler der Anzeige setzen sich zusammen:

1. aus Schwankungen der Temperatur der kalten Lötstelle,
2. aus Schwankungen der Temperatur des Meßinstrumentes,
3. aus dem Widerstand des Elementes und der Zuleitung,

wenn vorausgesetzt wird, daß die EMK des Elementes mit der Temperaturskala des Instrumentes übereinstimmt. Von diesen drei Punkten ist dem letzteren die wenigste Beachtung geschenkt worden, und doch kann der Widerstand des Elementes beim Messen so hohe Werte annehmen, daß die dadurch bedingte Fehlanzeige die der Punkte 1. und 2. übertrifft. An der folgenden Rechnung sei dies gezeigt:

Ein gleichschenkliges, 1 m langes Platin-Platinrhodium-Element (10 % Rhodium) hat bei 0° einen Widerstand von 1,4 Ω. Das Widerstandsverhältnis $\frac{R_t}{R_0}$ des Elementes ist

bei 0° = 1
„ 1000° = 3,2
„ 1500° = 4,13.

50 cm seien der zu messenden Temperatur und der Rest einem Temperaturabfall von der Meßtemperatur bis 0° ausgesetzt. Das Meßinstrument habe einen Widerstand von 300 Ω. Die errechneten Widerstände und Differenzen bei 1000°, 1250° und 1500° sind in der folgenden Zahlentafel zusammengestellt:

Temperatur °C	Widerstand des Elementes* Ω	Differenz mV	Differenz °C
1000	3,8	— 0,12	— 10
1250	4,2	— 0,17	— 14
1500	4,8	— 0,21	— 20

Die Fehlanzeige beträgt schon bei 1000° 1 % und ist natürlich noch höher, wenn längere Elemente erforderlich sind, das Element auf einer längeren Strecke erhitzt wird oder das Anzeige-Instrument einen geringeren Widerstand hat. Messungen ergaben eine gute Übereinstimmung mit den errechneten Werten und bestätigen an einer ausgeführten Meßanlage das Vorkommen noch höherer Widerstände[1].

Da der Widerstand stets eine Verminderung der Anzeige hervorruft und, wie die Erfahrung zeigte, bis zur Zerstörung des Elementes praktisch konstant blieb, auch beim Einbau neuer Elemente gleicher Länge am selben Ort ganz unwesentliche Änderungen auftraten, ist es ohne weiteres möglich, diese Widerstände bei der Eichung zu berücksichtigen. Sollen Elemente mit sehr verschiedenen Widerständen von einem Instrument angezeigt werden, so empfiehlt es sich, alle Meßstellen nach dem höchsten durch Vorschaltwiderstände abzugleichen. Bei schwankenden Temperaturen müßte nach dem Fehlermittel korrigiert werden oder nach der am genauesten einzuhaltenden Temperatur. Bei Vergleichsmessungen mit optischen Pyrometern ist dieser Fehler unbedingt zu berücksichtigen.

---

* Die Funktionen des Temperaturkoeffizienten und des Temperaturabfalls sind als linear angenommen.

[1] Methoden zur Widerstandsmessung siehe **Keinath**, Elektrische Temperaturmeßgeräte. Verl. R. Oldenbourg, München u. Berlin.

Es besteht hier die Möglichkeit, praktisch in Industrieöfen die Absorption der Ofengase, besonders in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung, zu bestimmen und weiter die Frage zu klären: Wie weit ist der Ofen ein schwarzer Körper? Diesbezügliche Arbeiten des Verfassers mußten Umstände halber unterbrochen werden. Erwähnt sei noch, daß bei hohen Temperaturen ein Nachlassen der EMK der Thermoelemente eintreten kann, das sich nicht durch Widerständsänderungen bemerkbar macht.

Erich Otto.

Stromabrechnungsverfahren.

Von Direktor **Otto Kiehne**, Rosenberg (Wpr.).

Übersicht. Im Gegensatz zu allen rein technischen Problemen, die in den meisten Fällen von den Fachzeitschriften behandelt werden, findet man in ihnen über verwaltungstechnische Fragen recht wenig. Es soll daher durch die folgenden Ausführungen versucht werden, auch in dieser Beziehung einmal einen Erfahrungsaustausch anzuregen, der manchem Werk Fingerzeige geben könnte, an Unkosten zu sparen. Die Zeiten zwingen mehr als je dazu.

Ein Zweig der Verwaltung, der wohl in erster Linie der Mechanisierung unterliegt, ist unbestritten die Stromabrechnung. Gerade hier sind soviel Systeme wie Elektrizitätswerke vorhanden. Abgesehen von einigen größeren Betrieben, die z. T. eine vorbildliche Stromabrechnungsorganisation haben, findet man nicht so selten, wie i. a. angenommen werden dürfte, noch Systeme, die vor dem Krieg vielleicht genügten, heute jedoch bei dem Tempo der Ausbreitung der Elektrizität keinesfalls mehr zeit- und zweckentsprechend sind. Ein derartiges, m. E. veraltetes Verfahren, allerdings mit modernerem Einschlag, ist folgendes:

Ein Werk hat im Stadtbezirk das direkte und im Landbezirk das indirekte Inkassoverfahren. Von zwei Zählerkarten — zugleich Rechnungskarten — befindet sich eine beim Konsumenten, die andere beim Werk. Der Zählerableser trägt bei der Ablesung den Zählerstand in beide Karten ein, errechnet den Verbrauch und Strombetrag zuzüglich Zählermiete, Grundgebühr usw. Im Stadtgebiet kassiert er zugleich und quittiert bei Bezahlung auf beiden Karten mittels Lochzange; im Landbezirk dagegen kassiert der Ableser nicht sondern übergibt dem Konsumenten eine fertig ausgefüllte Zahlkarte, und der Konsument muß den fälligen Betrag auf Postscheckkonto einzahlen. Besondere Rechnungen werden in beiden Fällen nicht ausgestellt; die Karte des Konsumenten ersetzt diese. Im Büro werden die vom Ableser zurückgegebenen Karten rechnerisch geprüft. An Hand der Ablesekarten wird in einem festen Buch handschriftlich der Verbrauch in Kilowattstunden und Geldwert zusammengestellt, um die Endsumme der Werte dem Stromschuldnerkonto zuführen zu können sowie für statistische Zwecke. Jetzt werden wiederum nach den Ablesekarten die Monatsendbeträge in einem Strom-Kontokorrent den einzelnen Konsumenten belastet, auch dieses handschriftlich in einem festen Buch. Es muß nun, um die Richtigkeit der Zusammenstellung und des Strom-Kontokorrents festzustellen, eine Abstimmung der vielen tausend kleinen Posten erfolgen. Die Zahlungseingänge müssen wiederum einmal im Bank- und Postscheckjournal, zum anderen im Strom-Kontokorrent verbucht werden. In gewissen Zeitabständen sind die Salden des Strom-Kontokorrents festzustellen, um die Richtigkeit mit dem Saldo des Hauptbuch-Stromschuldner-Kontos zu prüfen. Hinzu tritt bei dieser Art der Stromabrechnung, gerade in ländlichen Bezirken, eine erhebliche Mahnarbeit. Es ist eine bekannte Tatsache, daß gerade der kleinbäuerliche Verbraucher eine große Abneigung gegen jeden Überweisungsverkehr hat. Nimmt man an, daß von vielleicht 6000 Abnehmern $33^1/_3$ % ihren Verpflichtungen pünktlich nachkommen — diese Annahme entspricht zufällig den tatsächlichen Verhältnissen —, so bleiben noch etwa 4000 Erinnerungen monatlich auszufertigen. Die Hälfte der Erinnerungen bei dieser Anzahl von Konsumenten wäre schon übergenug. Wo bei dieser Abrechnungsart die Nachteile liegen, braucht wohl nicht erörtert werden.

Direktes oder indirektes Inkassoverfahren? Eine Erhebung des Deutschen Städtetages in dieser Hinsicht ergab, daß von 68 die Umfrage beantwortenden Werken 24 das direkte und 44 das indirekte Inkassoverfahren anwenden. Es scheint demnach mehr Neigung für das indirekte Verfahren zu bestehen. Jedes Werk verteidigt natürlich sein Verfahren, so daß sich ein klares, rein objektives Bild nicht ergibt. Interessant sind einige Leistungszahlen aus der Erhebung des Städtetages. Beim direkten Inkassoverfahren liegt die Durchschnittstagesleistung eines Außenbeamten bei 68 Rechnungen. Unter dieser Leistung stehen 15 Werke = 60 %, darüber 9 Werke = 40 %. Beim indirekten Inkasso liegt der Tagesdurchschnitt bei 166 Ablesungen; darunter liegen 20, darüber 24 Werke. Über die Kosten je Zähler ist leider nichts gesagt. Bei den vom Städtetag angegebenen Leistungszahlen ist zu berücksichtigen, daß es sich um rein städtische Betriebe handelt; in Überlandzentralen verschieben sich diese Zahlen selbstverständlich.

In meinem Betriebe wurde bisher das direkte Verfahren angewandt, dem jedoch viele Mängel anhaften. Die Büroarbeit ist bei der notgedrungen äußerst umfangreichen Nachkontrolle sehr erheblich. Die Ablese- und Inkassokosten betrugen im Durchschnitt 16 Pf je Zähler, die Bürounkosten 5 Pf, zusammen 21 Pf. Diese Unkosten erscheinen im ersten Moment reichlich hoch. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß bei allen Überlandzentralen im Osten sehr große Entfernungen zurückzulegen sind. Wohl der größte Mangel des direkten Verfahrens ist der, daß Unterschleife trotz genauester Nachkontrolle eher möglich sind als beim indirekten Inkasso.

Aus verschiedenen Gründen bin ich jetzt wieder zu dem indirekten Verfahren übergegangen, trotz der zweimal zurückzulegenden verhältnismäßig weiten Wege bei der Ablesung und beim Inkasso. Schon der erstmonatliche Versuch hat erwiesen, daß die Kosten der Ablesung und des Inkassos sich nicht erhöht haben, ein Beweis, daß sich die Kosten für mehr Außenpersonal beim direkten und für die geringe Steigerung des Büropersonals beim indirekten Verfahren ausgleichen. Ich verwende das Schuppenverfahren (Ausschreibung der Rechnung, der Stromzusammenstellung und der Hebeliste in einem Arbeitsgang). Diese Arbeiten habe ich bei meinem Versuch mit der einfachen Schreibmaschine (breite Walze) durchgeführt und stehe nun vor der Frage der Anschaffung entsprechender Maschinen. Die Hauptfrage ist: rechnende Schreibmaschine oder schreibende Rechenmaschine?

In Heft 8 vom November 1924 der Monatschrift für die kaufmännische Praxis „Das Geschäft" veröffentlichen H. Meinke das Abrechnungsverfahren in den städtischen Werken Leipzig und Verwaltungsoberinspektor Bartels das für Gas, Wasser und Elektrizität in Bremen. Beide Werke arbeiten mit dem indirekten Verfahren.

Leipzig verwendet bei den damals vorhandenen 180 000 Abnehmern die Adrema zur Adressenanfertigung; die Verrechnung der einzelnen Ablesungen in der Rechnungsabteilung ist nicht erwähnt. Es ist anzunehmen, daß dies handschriftlich auf den Stromkarten erfolgt. Mit selbsttätig addierenden Maschinen werden die Sollisten und vermutlich auch die Rechnungen gefertigt, die Inkassoliste dagegen in einem abgetrennten Arbeitsgang. Diese Sonderaufstellung der Inkassoliste könnte m. E. in Fortfall kommen und diese mit der Solliste in einem Arbeitsgang angefertigt werden. Der für die Trennung angegebene Grund, daß hierdurch eine scharfe Kontrolle der rechnerischen Richtigkeit gegeben wird, ist abwegig. Der Artikel Meinkes ist jedoch so kurz gehalten, daß ein genauer Einblick in die Arbeitsart nicht möglich ist.

Bremen mit ebenfalls indirektem Verfahren arbeitet in der Art, daß die Ablesungen von den Ablesekarten handschriftlich auf Abnehmerbogen übertragen, der Verbrauch ermittelt, die Einzel- und Mietbeträge ausgerechnet und die Gesamtsumme der Rechnung festgestellt wird. Im Durchschreibeverfahren werden gleich die Rechnungen mitgefertigt. Abnehmerbogen und Rechnungen werden mittels Adressieranlage mit Namen bedruckt. Nach Abtrennung der Rechnungen werden diese mit elektrisch angetriebenen Duplex-Additionsmaschinen zu einer Solliste nebst Hebeliste zusammengestellt.

Im Heft 5 vom Mai 1927 der genannten Monatschrift bespricht Prokurist Sippl die Stromverrechnung für Kleinabnehmer bei dem Fränkischen Überlandwerk A.G.,

Nürnberg. Dieses Werk hat das sogen. Ortseinkassierverfahren eingeführt, d. h. ein nebenberuflich beim Werk Tätiger liest in einem begrenzten Umkreise seines Wohnsitzes die Zähler ab. Die erledigten Ablesebücher werden jeden zweiten Tag dem Werk zugesandt. In der Stromabrechnung werden die Zählerstände und die Feststellung des Stromverbrauches geprüft; in der Maschinenabteilung die Stromrechnungen in Schuppenformularen angefertigt und in einem Arbeitsgang damit die Zusammenstellung und die Hebeliste. Man verwendet dabei drei elektrisch betriebene Burroughs-Stromverrechnungsmaschinen. Das Vorrechnen der Stromrechnungen auf den Ablesekarten hat das Fränkische Überlandwerk fortfallen lassen, der Maschinenschreiber rechnet durch Kopfarbeit gleichzeitig mit dem Schreiben der Rechnung. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß Voraussetzung für diese Arbeitsart ein Einheitstrompreis ist.

Diese drei angeführten Beispiele ergeben, daß in jedem Werk besondere Methoden herrschen. Die städtischen Betriebswerke Ratibor verwenden zur Stromabrechnung (ebenfalls im Schuppenverfahren) die flachschreibende Elliot-Fischer-Buchungsmaschine. Diese Maschine soll gegenüber den Walzenmaschinen den Vorzug haben, daß ein leichtes und schnelles Unterschieben der Kontokarten ermöglicht wird; m. E. wird der Schreiber aber durch das Hin- und Herschieben der gesamten Maschine auf der Schreibplatte weit mehr angestrengt als bei den Walzenmaschinen. Die Walzenmaschinen mit einwandfreien Vorsteckvorrichtungen erfüllen denselben Zweck, ohne den Schreiber körperlich allzusehr anzustrengen.

Neue Wege in der maschinellen Berechnung des Strom-, Gas- und Wasserverbrauches zu gehen, ist möglich durch Verwendung der Burroughs-Moon-Hopkins-Fakturiermaschine. Diese Maschine, die ich mir wiederholt angesehen habe, kommt m. E. für alle Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerke in Frage. Mit ihr werden alle Erfordernisse der Verbrauchsberechnungen erfüllt, u. zw.:

1. die Durchschreibemöglichkeit,
2. die Senkrecht- und Waagerechtaddition,
3. mit der Rechnungsniederschrift in einem Arbeitsgang die Möglichkeit des waagerechten Errechnens (Multiplikation: Verbrauch × Preis) der einzelnen Rechnungen bis zum Gesamtbetrage.

Die Arbeitsweise der Burroughs-Moon-Fakturiermaschine ist folgende: In die Maschine wird der neue und alte Zählerstand getippt und durch einen Anschlag auf die Transporttaste der Verbrauch selbsttätig errechnet und geschrieben. Das Ergebnis wird innerhalb der Maschine auch sogleich selbsttätig in das Multiplikationswerk übertragen, und es ist jetzt nur notwendig, den Einheitspreis in die Maschine zu tippen (blind); durch einen weiteren Anschlag wird selbsttätig der Rechnungsbetrag errechnet und auch sofort niedergeschrieben. Dann sind die Zählermiete und die Grundgebühr mit der Maschine zu schreiben. Diese Beträge werden in die in Frage kommenden Spalten eingeschrieben, und durch einen Tastenanschlag wird die waagerechte Gesamtsumme ebenso selbsttätig von der Maschine errechnet und in die vorgesehene Spalte niedergeschrieben. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jeder Rechnung. Hierbei werden die senkrechten Beträge der einzelnen Kolonnen (natürlich mit Ausnahme der Zählerstände und des blindgeschriebenen Einheitspreises) in den Zählwerken aufgespeichert und bei Seitenschluß als Seitenübertrag selbsttätig niedergeschrieben, ebenso der Übertrag auf die nächstfolgende Seite. Nachdem alle Stromrechnungen ausgeschrieben sind, wird die Addition sämtlicher senkrechten Spalten durch einfachen Tastendruck selbsttätig von der Maschine niedergeschrieben. Die Kopfarbeit scheidet vollkommen aus. Ein falsches Rechenergebnis ist durch die Maschinenarbeit ausgeschlossen, es könnte sich lediglich um Schreibfehler handeln. Diese lassen sich auf ein Minimum beschränken bzw. ganz vermeiden, wenn man sämtliche Rechnungen, in denen der Einheitspreis gleich ist, hintereinander schreibt und das Ergebnis durch Multiplikation des Gesamtverbrauches mit dem Einheitspreis vergleicht.

Bei Verwendung dieser Maschine könnte das Vorrechnen der Ablesekarten fortfallen. Wer Wert darauf legt, für jeden einzelnen Konsumenten den monatlichen Verbrauch und Rechnungswert und damit die Jahressumme sofort zu ersehen, kann diese Ablesekarten zugleich mit den Rechnungen, der Zusammenstellung und der Hebeliste in einem Arbeitsgang von der Maschine ausfüllen lassen, nur müßte dann bei jeder Rechnung die Ablesekarte vorgesteckt werden.

Die Arbeitsleistung der Maschine wird bei 100 Rechnungen/h liegen. Zu berücksichtigen ist hierbei, daß damit auch die gesamte Multiplikations- und Additionsarbeit mitgetan ist. Es ist möglich, die Leistung zu erhöhen, wenn die Adressen mit der Adrema vorgedruckt werden.

Die Burroughs-Moon-Hopkins ist natürlich zugleich als Buchungsmaschine zu verwenden, was für kleinere und mittlere Betriebe sehr von Vorteil ist; diese können auch während der Tage des Ausschreibens der Stromrechnungen in einer zweiten Schicht ihre gesamte Buchhaltung mit erledigen. Hinderlich für die Anschaffung ist der vorläufig noch sehr hohe Preis von etwa 11 500 bis 12 000 RM. Ein erheblicher Preisnachlaß ließe sich vielleicht erzielen, wenn verschiedene Werke sich zusammenschließen und durch Vermittlung der Vereinigung den Einkauf vornehmen würden.

Mit mir würde es gewiß noch eine Anzahl Kollegen begrüßen, wenn dieses Thema ausgiebig erörtert würde. Da das im Rahmen der ETZ nicht möglich ist[1], wäre ich für briefliche Mitteilungen sehr dankbar. Berichte über Maschinenbuchhaltung würden ebenfalls allseitiges Interesse finden.

[1] Über das Ergebnis des Meinungsaustausches würden wir gerne berichten. D. S.

Radio auf italienischen Schiffen.

Zu dem Kgl. Dekret vom 18. III. 1929[1] sind die Ausführungsbestimmungen erschienen[2]. Die Handelschiffe, die über den Suez-Kanal und Gibraltar hinausgehen, haben innerhalb 18 Monaten eine Peileranlage neuester Konstruktion einzubauen. Der Peiler muß einen geschirmten beweglichen Rahmen und der dazu gehörende Empfänger eine ausreichende Hoch- und Niederfrequenz-Verstärkung haben und den Empfang gedämpfter und ungedämpfter Wellen ohne getrennten Überlagerer gestatten. Die Peilanlagen müssen eine Reichweite von 150 Seemeilen besitzen, wenn die Gegenstationen eine Leistung von mindestens 1,5 kW haben. Bei normalen Verhältnissen muß eine Peilung innerhalb der Fehlergrenze von höchstens 3° möglich sein. Die zu verwendende Peilertype muß vom Verkehrsministerium genehmigt sein. Der für Schiffe über 5000 t vorgeschriebene Kurzwellensender muß den vom Verkehrsministerium besonders vorgeschriebenen Wellenbereich haben und soll möglicherweise die Hauptbordantenne benutzen können. Es wird auch die Verwendung einer getrennten Antenne zugelassen. Der Kurzwellensender kann dieselbe Heiz- und Anodenstromquelle und unter Umständen auch dieselben Gleichrichter ausnutzen, die für den Sender des mittleren Wellenbereiches an Bord sind. Es sind aber auch getrennte Betriebsmittel zugelassen. Der Sender muß im allgemeinen hinsichtlich Frequenzkonstanz und Oberwellenfreiheit den allgemeinen Bedingungen entsprechen, die in § 4 der Radio-Bordbestimmungen (die dem internationalen Abkommen beigefügt sind) angegeben sind. Die Sendertype muß vom Verkehrsministerium genehmigt sein. Die Antennenleistung muß so bemessen sein, daß unter normalen Verhältnissen die Möglichkeit einer direkten Verbindung mit der Hauptstation des Königreichs besteht, u. zw. für:

Nordatlantik	12 h
Südatlantik	10 h
Indisches Meer	8 h
Stiller Ozean	2 h
Japanisches Meer	4 h

Für alle italienischen Schiffe über 100 t ist ein Rundfunkempfänger (sofern keine sonstige Station sich an Bord befindet) italienischer Fabrikation vorgeschrieben. Bei großer Einfachheit und Billigkeit soll die Bedienung derartig leicht sein, daß auch ungeschultes Personal dazu imstande ist. Der Empfänger muß kleine Abmessungen haben und wasserdicht ausgeführt sein, so daß auch die Montage auf kleineren Schiffen stattfinden kann. Der Empfang des 50 kW-Senders von Rom muß in einem Bereich von 1000 km möglich sein. Für den vorseitig genannten Betrieb können auch Detektorempfänger mit Kopfhörer oder Röhrenempfänger mit Lautsprecher zur Anwendung kommen, und zwar je nach der Entfernung, in welcher sich das Schiff vom Sender befindet und nach der Art des Schiffsdienstes.

Im allgemeinen müssen die Empfänger für eine feste Welle eingestellt sein, so daß der Empfang des Senders von Rom ohne weitere Abstimmung möglich ist, und der Apparat soll mit genügenden Reserveteilen ausgerüstet sein. Die Empfängertype muß ebenfalls vom Verkehrsministerium geprüft und zugelassen werden. *Rtz.*

[1] ETZ 1929, S. 656.
[2] Gazetta Ufficiale 1929, S. 1366.



RUNDSCHAU.

Apparate.

Die neueste Entwicklung der selbsttätigen Netzrelais. — Über die neueste Entwicklung der vollständigen Schalter dieser Art wurde bereits berichtet[1]. In einer neueren Arbeit von Parsons werden speziell die diese Schalter steuernden Relais beschrieben. Bisher wurden diese Schalter mit drei Einphasenrelais und einigen Hilfsrelais ausgerüstet. Die neueste Konstruktion besteht aus einem Dreiphasenrelais und einem Einphasenrelais. Die Relaiskombination dient in der Hauptsache dazu, den Schalter bei Rückleistung zu öffnen, auch wenn diese Rückleistung nur in der Magnetisierungsenergie des Transformators, zu dem der Schalter gehört, besteht. Ferner soll die Relaiskombination den Schalter schließen, wenn die Spannungsverhältnisse derart sind, daß der Transformator, wenn der Schalter geschlossen würde, Energie an das Sekundärnetz abgeben würde. Die Vorteile, die die neue dreipolige Anordnung gegenüber den drei Einphasenrelais ergibt, sind etwa folgende: Das Relais arbeitet besser und sicherer bei verschiedenen Fehlererscheinungen, die im Primär- bzw. Sekundärnetz liegen. Die Kontaktschließung ist besser, wenn sich die Last ungleichmäßig auf die drei Phasen verteilt. Der ganze Relaisaufbau wird einfacher, ebenso die Instandhaltung, außerdem wird eine Raumersparnis erreicht.

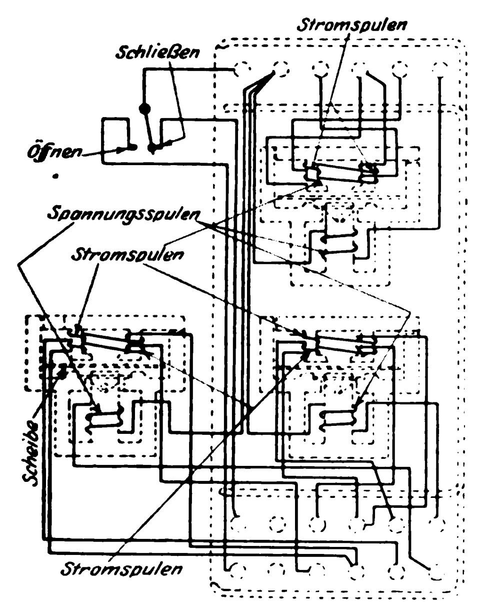


Abb. 1. Innenverbindungen des Dreiphasennetzrelais.

Es ist ohne weiteres einzusehen, daß diese Vorteile erreicht werden, da ja die Energierichtung in einer Drehstrom-Vierleiteranlage nur durch drei mechanisch gekuppelte Relais unter allen Umständen richtiggestellt werden kann. Fraglich ist es allerdings, ob eine häufig erhobene Bedingung erfüllt wird, daß die Relais bei einem Fehler am Relais selbst den Hauptschalter auslösen. Ob diese Bedingung jedoch zu den wichtigsten zählt, sei dahingestellt. Die Innenschaltung des Relais zeigt Abb. 1. Die Relais müssen verhältnismäßig sehr schwere Bedingungen erfüllen. Es sind gekuppelte Ferrarisrelais mit Strom- und Spannungsspulen. Man sieht, daß sie sowohl bezüglich des Stromes als auch bezüglich der Spannung einen sehr weiten Bereich beherrschen müssen, nämlich bezüglich des Stromes von der Leerlauf-Magnetisierungskomponente des zugehörigen Leistungstransformators bis zum Kurzschlußstrom am Aufstellungsort des Relais und bezüglich der Spannung von den wenigen Volt Spannungsdifferenz zwischen den Polen des Schalters bis zur vollen verketteten Spannung und mehr, wenn das Sekundärnetz, auf das geschaltet werden soll, spannungslos oder gar bei einer Reparatur eine Phasenvertauschung vorgekommen ist. Zwei Kunstgriffe sind dazu angewendet worden. Auf der Stromseite war früher ein induktiver Nebenschluß gewählt worden, der sich durch seine Dimensionierung im Eisen bald sättigt, und auf der Spannungseite waren Metallfaden-Glühlampen als Vorwiderstände verwendet worden. Bei der Neukonstruktion sind an Stelle der induktiven Nebenschlüsse gesättigte Stromwandler gewählt worden, die in Beziehung auf die Phasenlage bei verschiedenen Belastungsverhältnissen wesentliche Vorteile bringen. Das Einphasenrelais dient vor allem dazu, das Pumpen der Schalter unter allen Umständen zu verhindern.

Auch in Beziehung auf die Temperaturverhältnisse sind die Relais verbessert, einmal durch Herauslegen der Vorschaltlampen aus dem Gehäuse und zum andern durch eine temperatursichere Imprägnierung der Wicklungen. Konstruktiv wurden die Klemmenanschlüsse so ausgebildet, daß das Relais durch Lösen von zwei Schrauben entfernt werden kann. Verschiedene Diagramme weisen nach, daß die Arbeitsweise der Relais tatsächlich bedeutend verbessert wurde. (J. S. Parsons, The Electric Journ. Bd. 24, S. 587.) *M. Schl.*

[1] ETZ 1929, S. 1209.

Beleuchtung.

Über die Beeinflussung menschlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten durch farbiges Licht. — Bei den in der Eignungsprüfung der Osram G. m. b. H. Kommanditgesellschaft angestellten Untersuchungen über die menschliche Leistungssteigerung durch Verstärkung der Beleuchtung[1] war eine erhebliche Leistungssteigerung durch Erhöhung der Beleuchtungstärke, besonders bei denjenigen Arbeitsproben, bei denen es auf ein gutes Sehen ankommt, festgestellt worden. Dieses durch Laboratoriumsuntersuchungen gefundene Ergebnis wurde durch exakte Untersuchungen im Betriebe ergänzt und bestätigt[2]. Die Untersuchungen sind bei der Farbe des gewöhnlichen Glühlampenlichtes ausgeführt worden. Durch die Fortschritte in der Fabrikation farbiger Glühlampen ergibt sich jedoch immer stärker die Notwendigkeit, auch den Einfluß der Licht-Farbe auf die menschliche Arbeitsleistung zu erfassen. Untersuchungen hierüber sind schon von einigen Forschern gemacht worden (König, Reichenbach, O. Schneider, Korff-Petersen[3]. Allerdings sind bei diesen Arbeiten die Versuchsbedingungen teilweise ungenügend, teilweise sind die angewandten Beleuchtungstärken gegen die in der Praxis vorkommenden zu gering und auch nicht genau genug gemessen worden. Daher gehen die einzelnen Ansichten sehr weit auseinander. Zudem sind alle diese Versuche nur mit farbiger Platzbeleuchtung im verdunkelten Raum angestellt worden; sie sollten anscheinend mehr vom medizinischen Standpunkt aus den physiologischen Einfluß der Lichtfarbe ermitteln. In der Praxis kommt nun aber reine Platzbeleuchtung ohne gleichzeitige Allgemeinbeleuchtung heutzutage fast gar nicht mehr vor. Zudem ist der psychologische Einfluß des Lichtes, der nach den neueren Untersuchungen eine große Rolle bei der Arbeitsleistung spielt, bei den obigen Untersuchungen nie beachtet worden.

Aus diesem Grunde hat W. Ruffer groß angelegte Untersuchungen ausgeführt mit dem Ziel, den physiologischen und psychologischen Einfluß farbiger Allgemeinbeleuchtung auf die Leistung arbeitender Menschen zu erfassen. Es wurden drei große Versuchsreihen ausgeführt, u. zw.

1. Allgemeinbeleuchtung,
2. Platzbeleuchtung im Dunkelraum,
3. Platzbeleuchtung mit zusätzlicher Allgemeinbeleuchtung.

Als Lichtfarben wurden gewählt: Blau, Grün, Gelb, Rot und Tageslicht (u. zw. das Licht der Tageslichtlampen!) und an Beleuchtungstärken: 5, 10, 25, 50, 100 und 250 Lx. Die Beleuchtungstärke des verschiedenfarbigen Lichtes wurde mit Hilfe des Flimmerphotometers nach Bechstein unter Hinzuziehung des Weberschen Tubusphotometers gemessen. Folgende Fähigkeiten und Fertigkeiten wurden bei den verschiedenen Lichtfarben geprüft:

[1] ETZ 1925, S. 1162.
[2] ETZ 1927, S. 246.
[3] König, Sitzungsber. Preuß. Akad. Wissensch. 1897. — Reichenbach, Z. Hygiene u. Infektionskrankh. Bd. 41 (1902). — O. Schneider, Dissertation. Dt. Opt. Wochenschr. 1924, S. 465; s. a. Licht u. Lampe Bd. 13, S. 725. — Korff-Petersen u. I. M. Ogata, Z. Hygiene u. Infektionskrankh. Bd. 105, S. 27 (1925).



Sehschärfe [Drähte-Zählen in einem Rahmen (Formenauffassung), Snellenscher Haken und Landoltscher Ring],

Sehgeschwindigkeit (Landoltscher Ring im Tachistoskop),

leichte Handführung (Perlenaufziehprobe),

ruhige Handführung unter gleichzeitiger Kontrolle durch das Auge (Einstecken von feinen Drähten in Löcher mit winzigen Durchmessern),

Arbeitsorgfalt (Arbeitschnelligkeits- und -genauigkeitsprüfer).

Als Versuchspersonen dienten Angestellte und Arbeiter des Osram-Betriebes.

Auf die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen selbst kann hier naturgemäß nicht näher eingegangen werden. Zusammenfassend zeigen die Versuche, daß bei farbiger Allgemeinbeleuchtung praktisch keine Abhängigkeit zwischen Leistung und Lichtfarbe vorhanden ist (Abb. 2). Wendet man jedoch Platzbeleuchtung im Dunkelraum an, so ergibt sich für die Lichtfarben die Rangreihe Gelb, Grün, Rot, Tageslicht (Licht der Tageslichtlampe), Blau. Bei Platzbeleuchtung mit zusätzlicher Allgemeinbeleuchtung wird der physiologische Effekt anscheinend durch den psychologischen verdrängt, so daß nur noch geringe Leistungsdifferenzen vorhanden sind (Abb. 3).

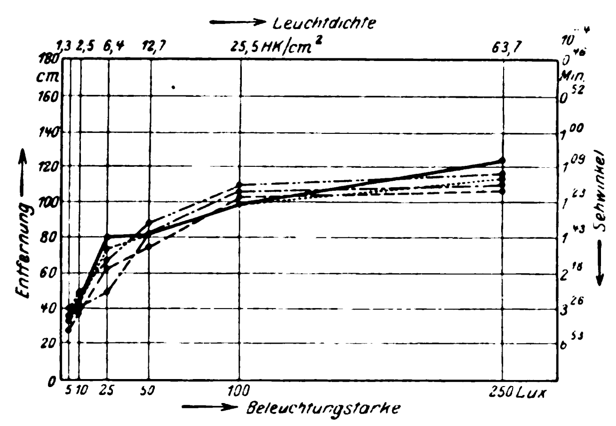
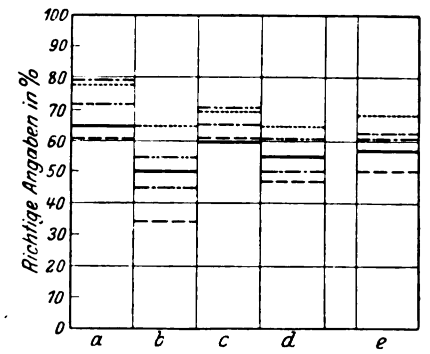


Abb. 2. Prüfung der Sehgeschwindigkeit, Landoltscher Ring, Untergrund 80% Refl.



a 2. Versuchsreihe, Sehschärfe *b* 2. Versuchsreihe, Sehgeschwindigkeit
c 3. Versuchsreihe, Sehschärfe *d* 3. Versuchsreihe, Sehgeschwindigkeit
e Gesamtmittelwerte

——— Licht der Tageslichtlampe – – – – blaues Licht
—·—·—·— rotes Licht ...... gelbes Licht
—··—··— grünes Licht

Abb. 3. Durchschnittsergebnisse der Sehschärfe- und Sehgeschwindigkeitsprüfung bei der 2. und 3. Versuchsreihe.

Hinsichtlich des Ermüdungswertes der Lichtfarben lassen die Untersuchungen nur bedingt Schlüsse zu. Eine auf Grund der Ergebnisse angestellte Untersuchung zeigt, daß der blauen und roten Lichtfarbe stärkere Ermüdungswerte zukommen; beide Farben dürften nach allgemeiner Ansicht unvermischt wohl zweifellos das Auge auch am stärksten angreifen; daß die rote Lichtfarbe jedoch auf die Dauer am stärksten ermüdet, ist zwar auf Grund der erzielten Daten auch anzunehmen, jedoch bisher durch keinerlei einwandfreie Versuche bewiesen worden. Jedenfalls dürften bei dieser Farbe sehr starke individuelle Schwankungen vorkommen, die mehr oder weniger von dem Temperament des einzelnen abhängig sind.

Vergleicht man nun die erzielten physiologischen Ergebnisse mit denen der oben erwähnten Forscher, so findet man bezüglich der Sehschärfe eine Übereinstimmung mit den Angaben Korff-Petersens, der ebenfalls bei der gelben Lichtfarbe die größte und bei der blauen die geringste Sehschärfe feststellte. Auch die Reichenbachschen Ergebnisse lassen sich mit den von W. Ruffer gefundenen gut in Übereinstimmung bringen, da hier auch die geringste Sehschärfe bei solchen Lampen festgestellt wurde, die die meisten kurzwelligen Strahlen aufweisen. Bei der Lesegeschwindigkeit stimmen jedoch die Daten nur teilweise mit denen anderer Autoren überein. Korff-Petersen und O. Schneider fanden ebenfalls die beste Lesegeschwindigkeit bei der gelben Lichtfarbe. Beide jedoch fanden das rote Licht außerordentlich viel ungünstiger als alle anderen Farben. Nach den Rufferschen Untersuchungen ist das blaue Licht jedoch noch etwas ungünstiger als das rote. Die stark abfallenden Ergebnisse im roten Licht, die Korff-Petersen und O. Schneider erzielten, dürften augenscheinlich dadurch begründet sein, daß sie, wie sie selbst angeben, einige Versuchspersonen hatten, die eine starke Idiosynkrasie gegen Rot besaßen.

Wendet man nun die Ergebnisse sämtlicher vorstehender Untersuchungen auf die Praxis an, so kann man vorbehaltlich des Ermüdungsfaktors zusammenfassend sagen, daß bei Verwendung von Allgemeinbeleuchtung keiner Farbe speziell der Vorzug zu geben ist. Die Leistung wird höchstwahrscheinlich bei allen Farben gleich bleiben, sowie sich der betreffende Arbeiter an die speziellen Farben nur einigermaßen gewöhnt hat. Bei der Verwendung von farbiger Platzbeleuchtung jedoch, wo der psychologische Effekt der Lichtfarbe größtenteils nicht so stark wie der physiologische zur Wirkung kommt, wäre eine vorherige Untersuchung der Sehschärfe und Sehgeschwindigkeit der einzelnen Arbeiter auf ihre Einstellung gegen die einzelnen Lichtfarben wohl angebracht.

Da sich bei sämtlichen Versuchen gezeigt hat, daß der gelben Lichtfarbe wohl durchschnittlich die höchsten Leistungen zukommen dürften, so kann auch hinsichtlich der Allgemeinbeleuchtung geschlossen werden, daß die gelbe Beleuchtung am zweckmäßigsten ist. (W. Ruffer, Licht u. Lampe Bd. 19, S. 487.) *Sb.*

Installation.

Streifensicherungen aus verzinntem Kupferdraht. — P. D. Morgan hat sich gerade diese Form der Sicherung, die wohl heute in England ebenso überholt ist wie bei uns, ausgesucht, um daran eingehende Untersuchungen über die zweckmäßigen Abmessungen zu machen. Er kommt zu einer Prüf- oder Bemessungsbestimmung, die im Wesen unserer Methode entspricht: er empfiehlt die Festlegung eines minimalen und eines maximalen Prüfstromes sowie einer gewissen Prüfdauer; während der genannten Zeit darf die Sicherung bei dem minimalen Strom nicht durchschmelzen, bei dem maximalen Strom muß sie in der gleichen Zeit schmelzen. Als Prüfzeit schlägt er 30 min vor (in Deutschland 1 h), als Stromgrenzen 2,0 und 2,6 mal Nennstrom (in Deutschland für Streifensicherungen 1,6 und 1,8 mal Nennstrom). Wie man sieht, wird dabei auf den Schutz der Verbraucher wenig Rücksicht genommen, der Verfasser bemüht sich vielmehr, mit einer gegebenen, einseitigen Konstruktion der Sicherung, mit gegebenem Material (verzinntem Kupfer) und gegebenen Abstufungen der Durchmesser zu arbeiten und die Bestimmungen derart zuzuschneiden, daß dabei die Sicherungen nicht vorzeitig durchgehen. Die Diskussion des Vortrages bietet recht hübsche Streiflichter.

Von grundsätzlicher, allerdings nicht von praktischer Bedeutung ist eine vom Verfasser anscheinend erstmalig beobachtete Unstetigkeit in der Schmelzkurve bei verhältnismäßig niedrigen Strömen. Wird eine gewisse hohe Temperatur mit langsamer Steigerung erreicht, so scheint sich durch Oxydation der Oberfläche bei Anwesenheit von Luft eine Veränderung zu bilden, die eine Vergrößerung der Wärmeabgabe bedingt, so daß die weitere Erwärmung verlangsamt und daher die Schmelzzeit erhöht wird. Merkwürdigerweise scheinen diese Verlängerungen, die das Verhältnis 1 : 10 erreichen, ziemlich gleichmäßig zu sein. Für besondere Feinschmecker im Gebiet der Schmelzsicherungen sei der Aufsatz gerade wegen dieses Punktes und der eigenartigen geistigen Einstellung des Verfassers zum Studium empfohlen. (P. D. Morgan, J. Inst. El. Engs. London Bd. 66, S. 926.) *G. I. M.*



Zugentlastung für Stecker. — Bei ihren einteiligen Steckern verwendet die Firma Gustav Schortmann & Sohn, Leipzig, eine Schnecken- oder Spiralentlastung (Abb. 4). Man legt die beiden Adern des Kabels frei und führt das Kabel in Spiral- oder Schneckenform zwischen den freigelegten Adern des Kabels hindurch. Die auf diese Weise



Abb. 4. Spiralförmig gebogene Leitung zwecks Zugentlastung.

Abb. 5. Einteiliger Stecker mit eingelegter Leitung.

a b

Abb. 6. Zugentlastung für zweiteilige Stecker.

gebildete Schnecke wird in die ovale Aussparung des Steckerkörpers (Abb. 5) hineingezogen und dann die Adern an die Kontakte angeschlossen; ein Abbinden mit Faden oder Isolierband ist dabei nicht nötig. Eine andere einfache, zwangläufige Zugentlastung, ohne irgendwelche verlierbaren Teile, besitzen die zweiteiligen Stecker in Abb. 6 a und b. *fi*

Bahnen und Fahrzeuge.

Zeitgemäße Einrichtungen für Massenbeförderung. — Einen Begriff über die in amerikanischen Großstädten zu bewältigenden Verkehrsleistungen ergeben nachstehende Zahlen: Boston besitzt eine Einwohnerzahl von 800 000. Die gleiche Personenzahl wird täglich durch Eisenbahnen, Straßenbahnen, Omnibusse und Kraftwagen von Nachbarorten zur Stadt befördert. Die Bostoner Hochbahn, die fast sämtliche Schnellverbindungen und Straßenbahnen betreibt, befördert durchschnittlich 1,1 Mill Personen täglich. Philadelphia hat bei 2 Mill Einwohner täglich 2,75 Mill Fahrgäste bei der Schnellverkehrsgesellschaft, und 300 000 Personen benutzen Privatkraftwagen. Trotz der starken Zunahme der Privatwagen und Kraftomnibusse beträgt der Verkehrsanteil der Straßenbahn in den größeren Städten immer noch 80 ... 90 %. Während des beruflichen Spitzenverkehrs haben die Straßenbahnen häufig 15 000 Fahrgäste in 1 h mit einem Fassungsvermögen von 125 Personen bei 30 s Zugabstand zu befördern. Die New-Yorker Untergrundbahn befördert in der Stunde stärksten Verkehrs 60 000 Personen in jeder Richtung mit Zehnwagenzügen bei einer Zugfolge von 90 s.

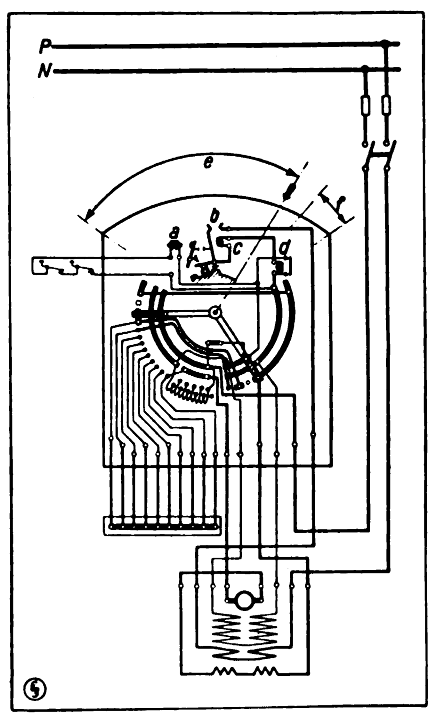
In Großstädten erzwingt die Rücksicht auf den gewaltigen Spitzenverkehr die Wahl größter Wagentypen. In kleineren und und mittleren Städten mit einem Spitzenverkehr von 400 ... 800 Personen in 1 h auf bestimmten Strecken wählt man besser kleinere Einheiten, da sich sonst zu große Zugabstände und Wartezeiten ergeben, die zur Folge haben, daß ein Teil der Fahrgäste auf die Benutzung der Bahn verzichtet. Die verbreitetste Wagentype für Straßenbahnen hat 44 ... 52 Sitzplätze bei einem Leergewicht von 14 ... 16 t. Sie erhalten 4 Motoren von 25 ... 35 PS. Die neuesten Züge der Brooklyn Manhattan-Untergrundbahn bestehen aus 3 Gliederwagen; jeder ist aus 3 Wagenkästen auf 4 Drehgestellen gebildet, von denen 2 unter zusammenstoßenden Enden der Wagenkästen liegen. Ein solcher Wagen faßt 559 Fahrgäste bei 160 Sitzplätzen und wiegt unbesetzt 78 t. Das tote Gewicht, auf den Fahrgast gerechnet, ist also auf 140 kg herabgedrückt. Die Leistung der eingebauten Motoren beträgt bei Straßenbahnwagen 6 ... 7 PS/t. Die eben erwähnten Gliederwagen der Manhattan-Untergrundbahn wiegen besetzt rd. 100 t und besitzen mit 4 Motoren von je 195 PS Nennleistung 7,8 PS/t. Überlandbahnen mit höheren Fahrgeschwindigkeiten erfordern eine Motorleistung von 8 bis 9 PS/t, obwohl wegen der größeren Haltestellenabstände die Beanspruchung durch Anfahrten niedriger ist als im Stadtverkehr.

In letzter Zeit hat die Verbreitung der Kraftomnibusse stark zugenommen. Es sind meist Wagen ohne Decksitze mit 29 ... 33 Sitzplätzen, die höchstens 55 ... 60 Personen befördern können. Ihr Gewicht beträgt 6 ... 7,3 t leer. Die Motoren leisten 65 ... 75 PS. Infolge des höheren Fahrwiderstandes steht für die Beschleunigung eine weit geringere Leistung zur Verfügung als bei Straßenbahnen, so daß die Reisegeschwindigkeit trotz der Möglichkeit, Verkehrshindernissen auszuweichen, in der Regel niedriger ist als bei Straßenbahnen. Der elektrische Antrieb hat die Beschleunigungsverhältnisse der Omnibusse weitgehend verbessert. Die Regelausrüstung besteht aus einem Gleichstromgenerator, der mit dem Verbrennungsmotor unmittelbar gekuppelt ist und zwei Straßenbahnmotoren speist, die auf getrennte Getriebe an den Hinterachsen arbeiten. Der Generator besitzt eine zusätzliche Erregerwicklung, die während der Beschleunigungsperiode von der Hilfsbatterie gespeist wird und leistet 66,5 kW bei 225 V. Die Motoren haben eine Nennleistung von je 33,7 kW. Der Fahrschalter hat je eine Stellung für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, eine Ausschalte- und eine Bremsstellung, bei der die Motoren auf einen Widerstand geschaltet werden. Die elektrische Ausrüstung verursacht ein Mehrgewicht von rd. 900 kg und Mehrkosten von etwa 20 %. Der elektrische Antrieb bietet den Vorteil, daß der Verbrennungsmotor dauernd mit günstigster Drehzahl laufen kann. Weitere Vorteile sind der Fortfall des Wechselgetriebes, die Verminderung der mechanischen Stöße und Torsionsbeanspruchungen in der Maschine und dem Untergestell sowie ein weicheres und geräuschloseres Fahren. Etwa 1800 solcher Omnibusse sind bereits in Betrieb, davon 900 in New Jersey und 700 in Philadelphia und Buffalo.

Bei gleicher Verkehrsleistung sind die Betriebskosten der Omnibusse rd. 50 % höher als diejenigen von Straßenbahnen. Handelt es sich aber um neue Strecken, für die bei Straßenbahnen die Gleisanlage, Streckenausrüstung und Umformerwerke erst erstellt werden müssen, so ist die Einrichtung eines Omnibusverkehrs rentabler, da ein geringeres Anlagekapital zu verzinsen und zu amortisieren ist. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Abschreibungsätze bei Omnibusbetrieb viel höher sein müssen als für Straßenbahnanlagen (Lebensdauer der Omnibusse höchstens zehn Jahre). Dagegen ist der Straßenbahnbetrieb wirtschaftlich überlegen, wenn Streckenausrüstung und Umformerwerke vorhanden sind und lediglich neue Wagen zur Verstärkung des Verkehrs beschafft werden müssen. (J. C. Thirlwall, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 419.) *Gthe.*

Elektrische Antriebe.

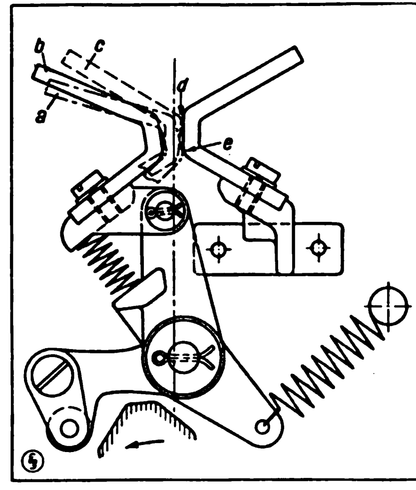
Elektrische Antriebe von Buchdruckschnellpressen. — Die Verfeinerung der elektrischen Schnellpressenantriebe hat nicht die eigentliche Druckdauer innerhalb eines Ar-



a Spannungsrückgangauslöser. *b* Hauptschalter. *c* Blasspule. *d* Überstromauslöser. *e* Schaltbereich für Vorwärtslauf *f* Schaltbereich für Rückwärtslauf.

Abb. 7. Schaltung eines Schnellpressen-Regelanlassers.

beitsganges zum Gegenstande, sondern die Abkürzung der Vorbereitungsarbeiten, Verringerung des unnützen Leerlaufs und die Beschleunigung des Stillsetzens bei auftretenden Störungen. Zu diesem Zweck haben die SSW für Gleichstrombetriebe einen Regelanlasser durchgebildet, der auf kleinstem Raum alle Schaltbausteine enthält, die zur Steuerung eines im Feld regelbaren Gleichstrommotors notwendig sind, nämlich: Hauptstromregelstufen für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, Feldregelstufen für Vorwärtsfahrt und einen kleinen Hauptschalter mit Spannungsrückgang- und Überstromauslösung. Da der Feldregelwiderstand in das hinter der Kontaktplatte befindliche flache Gußgehäuse eingebaut ist, müssen beim Anbau an der Maschine nur die Leitungen für Netz, Motor und die Ankerwiderstände gezogen werden. Die Schaltung des Apparats geht aus Abb. 7 hervor. Das gesamte Schaltfeuer (außer dem von Stufe zu Stufe auftretenden) ist auf den Hauptschalter *b* verlegt, an dessen Hörnerwälzkontakten (Abb. 8) es durch ein elektromagnetisches Feld gelöscht wird. Die Prüfung im Versuchsfeld der SSW hat ergeben, daß der neue Apparat höchste Betriebssicherheit, eine der wichtigsten Bedingungen für einen geregelten Druckereibetrieb, gewährleistet.



a geschlossen. *b* offen. *c* Zwischenstellung. *d* Vorkontakt. *e* Betriebskontakt.

Abb. 8. Hauptschalter des Regelanlassers in Abb. 7 mit Hörnerwälzkontakten.

Für größere Schnellpressen ist es erwünscht, das Zurichten der Maschine im Langsamlauf durch Fernsteuerung des Motors vornehmen zu können. Zu diesem Zweck muß die Schaltung, die aus Motor, Schaltwalze, Schütz und mehreren Druckknöpfen besteht, so ausgeführt werden, daß der Motor beim Einschalten durch das Schütz ein zum Anlauf ausreichendes Moment entwickeln kann. Dies ist wegen der Schwere des Anlaufs nur dadurch möglich, daß man einen Teil des Ankerwiderstandes kurzschließt, weil er infolge der Bedingung nach Abwärtsregelung auf die Hälfte der Grunddrehzahl auch bei halber Belastung einen verhältnismäßig hohen Ohmwert haben muß. Da die Stromrichtung im Motoranker durch eine kleine Umschaltwalze auch noch gewendet werden kann, ist das Zurichten der Maschine sowohl im Vorwärts- als auch im Rückwärtsgang möglich. Auf Drehstromanlagen läßt sich diese Schaltung sinngemäß übertragen.

Die gleichen Bedingungen lassen sich in Anlagen mit Drehstromanschluß aber auch noch durch Verwendung von Kommutatormotoren (Drehstromreihenschluß-, Einphasenrepulsionsmotoren) erfüllen. Solche Antriebe sind aber nur dann wirtschaftlicher als die mit Asynchronmotoren und Widerstandsverlustregelung, wenn auf der betreffenden Maschine lange Zeit auch mit geringer Druckzahl gearbeitet werden muß. Das hohe Anfahrdrehmoment ist hier durch entsprechende Verdrehung der Bürsten aus der Nullage zu erzeugen.

An Schnellpressen großer räumlicher Abmessungen wird eine reine Druckknopfsteuerung notwendig, wenn zur Bedienung nur ein Drucker zur Verfügung steht. Mit ihr können folgende Fernsteuerungen vorgenommen werden:

1. ruckweiser Vorwärtslauf,
2. ruckweiser Rückwärtslauf,
3. stetiger Langsamlauf vorwärts,
4. selbsttätiges Hochlaufen auf die vorher bestimmte und am Regler eingestellte Druckgeschwindigkeit,
5. Stehenbleiben bei „Halt"-Befehl und Störungen im Kraftnetz oder am selbsttätigen Bogenleger.

Die zur Steuerung notwendigen Apparate werden in einem Schaltkasten von $700 \times 1300 \times 300$ mm untergebracht, der irgendwo in einer Ecke aufgestellt werden kann, wo er nicht stört.

Die beschriebenen Schaltungen haben nicht nur für den Druckereifachmann Wert, der sich eine neue Maschine mit einem neuen Antrieb anschaffen will, sondern auch für denjenigen Betriebsleiter, der seine Belegschaft von dem mühseligen und ermüdenden Zurichten der vorhandenen Maschinen durch Drehen von Hand befreien und die Zeit dieser Zurichtungsarbeiten auf ein Mindestmaß abkürzen will. (H. Geiger, Siemens-Z. Bd. 8, S. 487[1].) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Versuche mit einem neuen Pupinisierungssystem. — Der Internationale Beratende Ausschuß für den Fernsprechweitverkehr (CCI) beschäftigt sich mit der Frage, in welcher Weise die im europäischen Fernkabelnetz gebräuchlichen Systeme der Pupinisierung vereinheitlicht werden können. Man ist sich darüber einig, daß die im Laufe der letzten Jahre erzielten Fortschritte in der Fernkabel- und Verstärkertechnik Anlaß bieten, sie nutzbar zu machen für eine Nachprüfung der bisher angewandten Regeln für den Ausbau des europäischen Fernkabelnetzes. Um diese Entwicklung zu fördern und um die Übertragungseigenschaften des innerdeutschen Fernkabelnetzes zu verbessern, hat sich die deutsche Reichspost entschlossen, ein neues von Lüschen und Küpfmüller vorgeschlagenes Pupinisierungssystem einzuführen. Die wesentlichsten Merkmale sind: Vereinheitlichung des Frequenzbandes für die Übertragung von Sprache in allen Leitungen auf 300 ... 2400 Hz, demzufolge Erhöhung der Grenzfrequenz der mittelstarken Pupinisierung auf etwa 3400 Hz (bisher 2700 Hz), Beseitigung der Phasenverzerrung. Hierdurch soll die Reichweite der Zweidraht- und der Vierdrahtleitungen erweitert werden; ferner soll die schwache Pupinisierung entbehrlich gemacht werden, die die Einschaltung von Zwischenverstärkern in Abständen von 75 km verlangt, so daß Verstärker künftig nur in Abständen von 150 km eingeschaltet zu werden brauchen. Das neue Pupinisierungssystem ist auf dem Fernkabel Hannover—Wiedenbrück mit bestem Erfolg erprobt worden. Nach den Ergebnissen der hier angestellten Versuche ist es möglich, Kabellängen bis zu 1500 km mit zehn Zwischenverstärkern in Zweidrahtschaltung zu betreiben, u. zw. weit vollkommener als bisher Längen von 700 km mit vier Verstärkern. In den 0,9 mm starken Adern sind mit der neuen Pupinisierung und nach Einbau von Phasenentzerrungsketten Entfernungen bis zu 5500 km mit guter Sprachübertragung überbrückt worden, u. zw. zum mindesten ebensogut wie mit Hilfe der bisherigen schwachen Pupinisierung. Unter Hintereinanderschaltung zweier Leitungen von je 5500 km, deren eine mittelstark pupinisiert und phasenausgeglichen, die andere leicht pupinisiert war, war es sogar möglich, eine Entfernung von 11 000 km, d. i. annähernd Berlin—Tokio, in Kabelleitungen zu überbrücken. Wenn es gelingt, die bei den Versuchen hervorgetretene nicht lineare Verzerrung zu beseitigen, ist die Fernkabel- und Verstärkertechnik gegenwärtig so weit vorgeschritten, daß jede beliebige Entfernung mit Hilfe von Kabeln in der Sprache überbrückt werden kann. Die nicht lineare Verzerrung ist in den Hysteresisverlusten in den Pupinspulen und allen anderen Eisenkerne enthaltenden Apparaten (Vorübertrager, Nachübertrager, Entzerrerspulen) begründet. Ihre Beseitigung bereitet keine besonderen Schwierigkeiten.

Der 3. Berichterausschuß des CCI hat das neue Pupinisierungssystem als für den internationalen Fernsprechverkehr geeignet dem CCI, der in der Zeit vom 3. ... 10. VI. 1929 in Berlin getagt hat, zur Annahme empfohlen. (K. Höpfner, Europ. Fernspr. 1929, S. 118.) *Sb.*

Entwicklung des deutschen Fernkabelnetzes 1927/28. — Das deutsche Fernkabelnetz ist in den letzten zwei Jahren erheblich ausgebaut worden, und es sind Fortschritte in der technischen Entwicklung gemacht worden. Die Erweiterung umfaßt 2070 km. Nach dem Auslande führen die Linien: Nürnberg—Passau—Wien, Dresden—Prag,

[1] Der Aufsatz kann als Sonderdruck Nr. 4137 vom Literarischen Büro der SSW, Siemensstadt, bezogen werden.



Stuttgart — Schaffhausen — Zürich, München — Innsbruck, Emden—Groningen, Köln — Aachen — Lüttich — Brüssel. Wichtige Linien im Inland sind: Breslau—Gleiwitz, Köln—Aachen, Berlin—Dresden, Dresden—Breslau. Die technische Entwicklung erstreckt sich auf den Wellenwiderstand und die Kopplungen und hat eine Hebung der Übertragungsgüte zur Folge gehabt. (A. Mentz, Europ. Fernspr. 1929, S. 161.) *Sb.*

Internationale Handelskammer und Fernsprechweitverkehr. — Der Fernsprechausschuß der Internationalen Handelskammer hielt am 16. II. d. J. in Paris eine Tagung ab. Den Vorsitz führte der Vizepräsident des Schwedischen Industrieverbandes, Herr Edström; Berichterstatter war Herr Valentine, der Vertreter der American Telephone and Telegraph Co. Der Tagung wohnten auch Vertreter der belgischen, deutschen und französischen Telegraphenverwaltung sowie der Generalsekretär des Zwischenstaatlichen Beratenden Ausschusses für den Fernsprechweitverkehr (CCI) bei. Die Tagesordnung enthielt folgende Punkte:

1. Vereinheitlichung der im zwischenstaatlichen Fernsprechverkehr zugelassenen Gesprächsarten in den verschiedenen Ländern.
2. Nützlichkeitsgrad der verschiedenen Gesprächsarten für die Benutzer der zwischenstaatlichen Fernsprecheinrichtungen.
3. Entwicklung des zwischenstaatlichen Fernsprechverkehrs im letzten Jahr.
4. Ermäßigte Gebühren im Grenzverkehr.
5. Interesse der internationalen Wirtschaftskreise an der Herbeiführung einer Einheitlichkeit in den Gesprächsarten im Inlandsverkehr der einzelnen Länder.
6. Maßnahmen, die von den einzelnen Landesgruppen gemäß den Empfehlungen des Kongresses von Stockholm zwecks Schaffung von Landesfernsprechausschüssen getroffen worden sind.
7. Einzelangaben über die Fragen, wegen deren die vorhandenen Landesfernsprechausschüsse mit ihren Fernsprechverwaltungen in Verbindung getreten sind.
8. Die Gesprächsarten, die jetzt im Verkehr zwischen den verschiedenen Ländern zugelassen sind.
9. Vorhandene Verkehrsbeziehungen, in denen nicht während des ganzen Tages Gespräche geführt werden können.

Die Verhandlungen des Fernsprechausschusses führten zur Annahme der folgenden Entschließung, die der nächsten Hauptversammlung der Internationalen Handelskammer zur Billigung vorgelegt werden soll:

I. Die Internationale Handelskammer hat mit großem Interesse die Arbeiten des Zwischenstaatlichen Beratenden Ausschusses für den Fernsprechweitverkehr und seine Bemühungen zur Verbesserung des zwischenstaatlichen Fernsprechverkehrs verfolgt, hat mit Befriedigung festgestellt, daß mehreren Empfehlungen, die ihr Fernsprechausschuß vom Standpunkt der Benutzer der Fernsprecheinrichtungen bei seiner letzten Tagung ausgesprochen hat, von der Vollversammlung des CCI auf der Tagung in Paris vom 11. ... 18. VI. 1928 eine Folge gegeben worden ist, weist auf die Tatsache hin, daß der zwischenstaatliche Fernsprechverkehr sich sehr gebessert hat, und spricht den beteiligten Verwaltungen sowie dem CCI seine Anerkennung für die geleistete Arbeit aus, wünscht, daß der Fernsprechausschuß seine Arbeiten fortsetzt, und macht dazu die folgenden Vorschläge:
   1. daß im zwischenstaatlichen Fernsprechverkehr die Vereinheitlichung der Gesprächsarten durchgeführt wird und daß die Bemühungen dahin gehen, allgemein das beste Betriebsverfahren anzuwenden;
   2. daß in Anbetracht des starken Anwachsens der Gespräche auf große Entfernungen die Notwendigkeit einer Gesprächsart anerkannt wird, die bei Angabe einer oder mehrerer Sprechstellen in weitestgehendem Maße die Sicherheit bietet, daß das Gespräch mit einer bestimmten Person bei einer dieser Sprechstellen geführt werden kann;
   3. daß die Landesgruppen der Internationalen Handelskammer davon unterrichtet werden, daß die Vertreter von Handel und Industrie, die auf ihren Reisen oft Ferngespräche sowohl im Inlandsverkehr anderer Länder als auch im zwischenstaatlichen Verkehr führen, den Wunsch ausgesprochen haben, daß die Gesprächsarten des Inlandverkehrs der einzelnen Länder denen des zwischenstaatlichen Verkehrs angeglichen werden.

II. Die internationale Handelskammer begrüßt die Tatsache, daß mehrere Verwaltungen schon in klarer Form die bestehenden Sprechmöglichkeiten des zwischenstaatlichen Verkehrs zur Kenntnis des Publikums gebracht haben, glaubt aber, daß zur Entwicklung des zwischenstaatlichen Fernsprechverkehrs in dieser Richtung noch nachdrücklicher sollte vorgegangen werden, und weist die Landesgruppen auf diese Frage hin.

(Wiehl, Europ. Fernspr. 1929, S. 153.) *Sb.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Trocknermühle für Kohlenstaubfeuerung. — Zahlentafel 1 bringt die Trockenkohlenmenge und Wasserverdampfung auf 1 kg Steinkohle bzw. Braunkohle, u. zw. für die in der Praxis normalen Grenzen.

Zahlentafel 1.
Trockenkohlenmenge und Wasserverdampfung je kg Rohkohle.

Steinkohle				Braunkohle			
W_1 %	W_2 %	Q_2 kg	W kg	W_1 %	W_2 %	Q_2 kg	W kg
5	1	0,960	0,040	20	15	0,941	0,059
10	1	0,909	0,091	25	15	0,882	0,118
15	1	0,859	0,141	30	15	0,823	0,177
20	1	0,808	0,192	35	15	0,765	0,235
25	1	0,758	0,242	40	15	0,706	0,294
30	1	0,707	0,293	45	15	0,647	0,353
35	1	0,656	0,344	50	15	0,588	0,412
40	1	0,606	0,394	55	15	0,529	0,471
45	1	0,556	0,444	60	15	0,471	0,529
50	1	0,505	0,495	65	15	0,412	0,588

Der Rechnungsgang zur Ermittlung des Wärmebedarfs für die Kohlentrocknung stellt sich wie folgt:

Annahmen: $Q_1 = 1000$ kg; $W_1 = 60$ %; $W_2 = 0$ %; $t_1 = 10°$; $t_2 = 70°$; $t_3 = 100°$; $c_m = 0{,}28$ kcal/kg; Leitungs- und Strahlungsverlust: 5% des Wärmebedarfs zur Trocknung.

1. Erwärmung der Trockensubstanz von 10° auf 70°:
   $400 \times 0{,}28 \times 60 =$ . . . . 6 720 kcal
2. Erwärmung des Restwassers von 10° auf 70°
   $45 \times 1{,}00 \times 60 =$ . . . . 2 700 „
3. Erwärmung, Verdampfung und Überhitzung der auszutreibenden Feuchtigkeit von 10° auf 100°: $555 \times 630 =$ 349 650 „
4. Leitungs- und Strahlungsverluste:
   $(6720 + 2700 + 349\,650)\ \frac{0{,}05}{0{,}95} =$ . . . . 20 030 „

zus. 379 100 kcal

Wärmebedarf auf 1 kg Wasserverdampfung 379 100 : 555 = 685 kcal

Zahlentafel 2.
Wärmebedarf zur Trocknung von Braunkohle und Steinkohle.

Braunkohle			Steinkohle		
W_1 %	W_2 %	Wärmebedarf auf 1 kg Wasserverdampfung	W_1 %	W_2 %	Wärmebedarf auf 1 kg Wasserverdampfung
50	15	687 kcal	5	1	979 kcal
			10	1	793 „
55	15	681 „	15	1	740 „
			20	1	715 „
60	15	676 „	25	1	700 „
			30	1	690 „
65	15	672 „	40	1	678 „

In Zahlentafel 2 ist der Wärmebedarf zur Trocknung von Braunkohle und Steinkohle ebenfalls wieder für Durchschnittsverhältnisse zusammengestellt. Sie läßt deutlich den Einfluß des Anfangs- und Endwassergehaltes auf den Wärmebedarf zur Trocknung hervortreten. Es ist danach unrichtig, den Wärmebedarf zur Trocknung lediglich aus der Verdampfungswärme zu ermitteln.

Zahlentafel 3
Wärmebedarf auf 1 kg Wasserverdampfung in Abhängigkeit vom Verhältnis Trockenkohle zu Verdampfung bei der Steinkohlentrocknung.

W_1 %	W_2 %	Verhältnis Trockenkohle / Verdampfung	Wärmebedarf auf 1 kg Wasserverdampfung kcal
5,0	1,0	23,8	979
7,5	1,0	14,0	850
10,0	1,0	10,0	793
15,0	1,0	6,0	740
20,0	1,0	4,2	715
25,0	1,0	3,1	700
30,0	1,0	2,4	690
40,0	1,0	1,5	678

Zahlentafel 3 enthält den Wärmebedarf je Kilogramm Wasserverdampfung in Abhängigkeit vom Verhältnis Trockenkohle zu verdampfter Wassermenge und Zahlentafel 4 die Abgasmenge und die Gesamt-Überschußluft-

Zahlentafel 4.
Gesamt-Überschußluftmenge in Abhängigkeit vom Heizwert der Feuerkohle und von der Trommeleintrittstemperatur.

Unterer Heizwert kcal/kg	Abgasmenge m³/kg	Gesamt-Überschußluftmenge in m³/kg für 200°	400°	600°	800°	1000°
2000	3,33	28,1	12,0	6,6	3,9	2,3
4000	5,16	57,9	25,6	14,9	9,6	6,3
6000	6,99	87,7	39,2	23,2	15,2	10,3
8000	8,82	118,0	52,8	31,5	20,9	14,3

menge, welche nötig ist, um Arbeitstemperaturen am Trockneranfang von 200—1000° zu erzeugen. In Zahlentafel 5 ist dann der Abgasverlust in Prozenten des Heiz-

Zahlentafel 5.
Abgasverlust bei Zweitluftkühlung des Frischgases in Abhängigkeit von der Trommel-Eintrittstemperatur und für 100° am Trocknerende.

Trommel-Eintrittstemperatur .	200°	400°	600°	800°	1000°
Abgasverlust in % des Heizwertes	50,0	24,5	16,1	11,8	9,25

wertes festgehalten, u. zw. in Abhängigkeit von der Arbeitstemperatur des Trockners, d. h. der Trommeleintrittstemperatur.

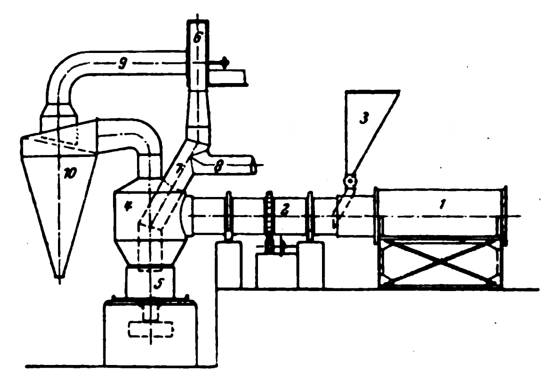
Das letzte Glied des Beweises für die Wichtigkeit der Entscheidung: ob Mahltrocknung oder Trocknermühle wird in Zahlentafel 6 dargestellt, welche die Wärme-

Zahlentafel 6.
Wärmeabgabe auf 1 m³ Gesamtabgas bei Zweitluftbildung des Frischgases in Abhängigkeit von der Trommel-Eintrittstemperatur und für $t = 100°$ am Trocknerende.

Trommel-Eintrittstemperatur .	200°	400°	600°	800°	1000°
Wärmeinhalt des Abgases je m³	63	130	200	270	350
Trommel-Austrittstemperatur .	100°	100°	100°	100°	100°
Wärmeinhalt des Abgases je m³	32	32	32	32	32
Wärmeabgabe je m³ Abgas .	31	98	168	238	318

abgabe auf 1 m³ Abgas in Abhängigkeit von der Trommel-Eintrittstemperatur enthält. Es erhellt also, daß dasjenige Trocknungsverfahren das wirtschaftlichste ist, welches gestattet, die höchsten Eintrittstemperaturen anzuwenden. Die Mahltrocknung erlaubt mit Rücksicht auf den Kompromiß: Zufälligkeitstrocknen in der Mühle nicht die Anwendung von Temperaturen, welche über 400° liegen.

Das Mahl- und Trocknungssystem nach Abb. 9 zeigt einen organischen Zusammenhang, obwohl beide Arbeitsgänge getrennt durchgeführt werden. Praktische Bedeutung erlangt dieses System dadurch, daß infolge einer entsprechenden Vorbehandlung der Rohkohle in einem Rieseltrockner größte Leistungen auf kleinstem Raume bewältigt werden können. Der irgendeiner Mühle vorgeschaltete Serientrockner kann als Transportelement aufgefaßt werden, dem die Aufgabe zufällt, die aus dem Rohkohlenbunker ankommende Kohle der Mühle vorgetrocknet zuzuführen. Der Trockner kann natürlich auch mit unter 400° liegenden Abgasen beheizt werden, im allgemeinen wird man jedoch eine möglichst hohe Temperaturspanne anstreben, die man erhält, wenn man z. B. aus dem Kesselsystem, also aus der Brennkammer oder hinter dem Überhitzer Feuerungsgase abzapft oder aber in einer eigenen Brennkammer für Staub oder Stückkohle frische Feuergase erzeugt.



1 Feuerung
2 Trockner
3 Naßkohlenbunker
4 Sichter
5 Mühle
6 Ventilator
7 Druckleitung
8 Leitung für Abluft
9 Saugleitung
10 Zyklon

Abb. 9. Mahl- und Trocknungssystem für Kohlenstaub.

Die Bezeichnung Serientrockner soll besagen, daß er je nach Leistung und den örtlichen Verhältnissen aus einzelnen Schüssen zusammengefügt werden kann. Daß die Elemente des Trockners gänzlich aus Gußeisen hergestellt sind, läßt auf eine lange Lebensdauer und Betriebsicherheit schließen. (M. Weiß, Die Feuerung Bd. 5 S. 1.) *Sb.*

Verschiedenes.

Besucherzahlen der deutschen Technischen Hochschulen. — Die nachstehende Zahlentafel berichtet über den Besuch der deutschen Technischen Hochschulen und Bergakademien im Wintersemester 1928/29; die beurlaubten Studierenden sind im allgemeinen nicht mitgezählt. Abgesehen von der üblichen Semesterschwankung zeigt sich keine Änderung gegenüber dem vorangegangenen Sommersemester 1928[1]. Diese Semesterschwankung prägt sich am stärksten in der Zahl der Hörer und Gäste aus,

Hochschule	Allgem. Wissenschaften	Architektur	Bauingenieurwesen	Bergbau	Hüttenkunde	Chemie und Pharmazie	Elektrotechnik	Maschinenbau	Schiff- und Schiffsmaschb.	Summe der Studierenden I	Hörer und Gäste II	Ausländer in I u. II III
Aachen	64	80	153	96	254	47	117	207	—	1 018	852	107
Berlin	291	445	874	184	118	295	1 171	1 520	159	5 057	636	926
Braunschweig . . .	149	71	125	—	—	185	146	260	—	936*	195	71
Breslau	38	—	84	43	83	75	133	230	—	686	82	59
Clausthal	3	—	—	200	116	—	—	—	—	319	9	4
Danzig	138	132	274	—	—	136	288	446	202**	1 614	289	—***
Darmstadt	400	241	293	—	—	215*†	523	747†	—	2 419	126	199
Dresden	1 195	220	287	—	—	266	907		—	2 875	443	357
Freiberg	—	—	—	180	97	—	—	—	—	277	16	81
Hannover	88	197	367	—	—	108	410	756	—	1 926	253	69
Karlsruhe	72	171	190	—	—	104	271	438	—	1 246	277	131
München	881††	367	628	11	—	295	719	1 214†††	—	4 115	218	385
Stuttgart	190	337	303	—	4	208	243	572	—	1 857	658	94
									Sa.	24 345	4 054	

* Darunter 54 beurlaubte Stud.
** Einschließlich Flugtechnik.
*** Wird nicht mitgeteilt.
*† Darunter 80 Papieringenieure.
† ,, 10 Gasingenieure.
†† ,, 183 Stud. d. Landwirtsch. u. 459 d. Wirtsch.-Wissensch. Abt.
††† ,, 85 Masch.-Elektro-Ingenieure.

die in den Wintersemestern um 50 ... 60 % höher ist als im Sommer. Änderungen innerhalb der Fachabteilungen haben ebenfalls nicht stattgefunden, abgesehen davon, daß München den besonderen Lehrkurs für Gasingenieure nicht mehr abgehalten hat, der nun einzig noch von Darmstadt erteilt wird.

Elektrotechnischer Messefestabend. — Der Reichsverband des deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes E. V., Ortsgruppe Leipzig r. V., veranstaltet am 26. VIII., abends 8 h, einen Messefestabend in den Räumen des Leipziger Zoologischen Gartens.

Technologisches Gewerbe-Museum, Wien. — Am 26. X. begeht das Technologische Gewerbe-Museum in Wien die Feier seines 50jährigen Bestehens. Anmeldungen nimmt das Institut, Wien, Währingerstr. 59, entgegen.

[1] ETZ 1928, S. 1724.

Energiewirtschaft.

Die 39. Hauptversammlung des Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraft-Verbandes in München. — Der Verband tagte vom 10. bis 12. VI. erstmalig seit seinem Bestehen im Schwerpunkt der Wasserkraftwirtschaft des Reiches unter reger Teilnahme seiner Mitglieder, zahlreicher Gäste und der Spitzen der bayerischen Behörden. In der Reihe der Begrüßungsansprachen versicherte Ministerialdirektor Geh. Rat Freytag, der Vorstand der Bayer. Obersten Baubehörde im Ministerium des Innern, daß der Staat Bayern, dessen Industrie und Kommunen den Wasserkräften als einem wertvollen Aktivum stets die größte Aufmerksamkeit zuwenden würden. Direktor Dr.-Ing. E. h. Joh. Heß, der für den wasserwirtschaftlichen Ausschuß des Bayer. Industriellen-Verbandes sprach, wies darauf hin, daß der bayerische geschichtliche Boden der Wasserwirtschaft zugleich auch ein technisch und organisatorisch moderner Boden geworden sei. Besonders enge Berührungspunkte für ein Zusammenarbeiten zwischen dem DWWV und dem wasserwirtschaftlichen Ausschuß des BIV ergäben die Fragen der Erleichterung und Förderung des Wasserkraftausbaues, wobei man mit Neid auf das Nachbarland Österreich und erst recht auf Italien blicken müsse. In der zwischenstaatlichen Kraftwirtschaft sei der Süden des Reiches, zuerst am Rhein, dann in der elektrochemischen Großindustrie Bayerns und seit einigen Jahren zwischen Bayernwerk und Tirol, bahnbrechend geworden. Kommerzienrat Haindl hatte schon darauf aufmerksam gemacht, daß die im BIV vereinigten industriellen Wasserkraftnutzer Bayerns über mehr als 0,5 Mill PS Wasserkraftleistung verfügen und 85 % der gesamten industriellen Wasserjahresarbeit des Reiches produzieren, davon allein die elektrochemische Industrie 1 Mrd kWh.

Als erster Hauptredner sprach Geh. Baurat Oberbaudirektor Dr.-Ing. E. h. K. Dantscher über Entwicklung und Zukunft der bayerischen Wasserwirtschaft. Diese ist geschichtlich geworden und dem Gebiet eigen. Die topographische und geologische Natur des Landes begründet die Eigenheiten des Flußbaues. Mit den spezifischen Eigenheiten der Wildbachverbauung und mancher Flußkorrektionssysteme hielten die Melioration und die Wasserversorgung gleichen Schritt. Schon 1878 erhielt Bayern ein Landesamt für Wasserversorgung, 1899 die Landesstelle für Gewässerkunde, 1908 eine eigene Abteilung für Wasserkraftausnutzung und Elektrizitätsversorgung im Ministerium des Inneren, die seither alle Nutzungsmöglichkeiten der Gewässer untersucht und großenteils durchprojektiert hat. Der Wasserkraftausbau hatte 1889 mit der ersten Anlage der Isarwerke als Überlandzentrale begonnen. Um 1905 erwachte das Interesse der elektrochemischen Industrien an den Wasserkräften; der Krieg veranlaßte große Projekte für die Rohstoffbeschaffung, die am mittleren Inn, Deutschlands — und bis jetzt noch Europas — größtem im Betrieb befindlichen Wasserkraftwerk, und an der Alz teilweise Ausführung fanden. Dann kamen die Kohlennot und mit ihr der Ausbau des Walchensees, der mittleren Isar und vieler mittlerer und kleinerer Werke. Heute stehen wir in ruhigem Fortschreiten; wir kennen unseren Besitz und müssen seine Auswertung in richtiger Reihenfolge in die Bedarfsentwicklung einordnen. Als weiteres Moment trat der Wasserverkehr in die Reihe, die großzügige Verfolgung der karolingischen Idee der Rhein-Donau-Verbindung, die wir vereinigt mit Großwasserkraftnutzung von beiden Enden her gegen die Mitte zu treiben, nachdem in der großen Stau- und Kraftstufe des Donaukachlet bei Passau und im Main der Anfang zur Kraftwasserstraße gemacht ist.

Gesetzgeberisch war Bayern 1852 mit dem ersten umfassenden Wassergesetz vorangegangen, das erst 1907 einer Neubearbeitung unterzogen zu werden brauchte; das Reich hat in der Nachkriegszeit besonders durch das Reichswasserstraßengesetz hier eingegriffen. Die Wasserwirtschaft ist, wie der Redner betonte, eine Einheit im Lande und sollte es auch immer bleiben. Eine richtige Verwaltung muß im Fluß und im Gewässer einen Besitz sehen, der der Landwirtschaft, der Siedelung, der Kraft und dem Verkehr in gleicher Weise zu dienen hat. Der Ausgleich der Interessen und die Einhaltung des Gleichgewichtes ist die größte Aufgabe der Wasserwirtschaft eines Landes.

Ministerialrat Dr. Ing. E. h. Fr. Krieger erläuterte die neuen Abwässeranlagen unterhalb Münchens nach Zweck, Ausführung und Bedeutung für Stadt und Mittlere Isar A.G. als dem gemeinsamen Unternehmer.

Professor Dr.-Ing. D. Thoma sprach dann über die Bedeutung des Versuchswesens für die Ausbildung der Wasserkraftwerke. Zwei Umstände erschweren die rechnerische und konstruktive Erfassung hydraulischer Aufgaben: die Mechanik kennt zwar die Differentialgleichungen der Bewegung der einzelnen Flüssigkeitsteilchen, nicht aber im allgemeinen deren Integration, und die Abhängigkeit von mehrerlei Veränderlichen (Gefälle, Wassermenge, Bodengestaltung, Verwendungszweck der Kraft) bei Wasserkraftanlagen läßt keinerlei allgemeine konstruktive Gesichtspunkte oder Vereinheitlichungen zu. So sind wir mangels anderer exakter Hilfsmittel zur Beurteilung dessen, ob ein Entwurf das Maximum an Erfolg mit dem Minimum an Aufwand verbindet, auf den Versuch angewiesen und wissen wenigstens, daß die im Modell beste Lösung auch die absolut beste ist, wenn sich auch die relativen Güteunterschiede mit den Größenunterschieden in gewissen Grenzen ändern können. Hatte man früher nur die Turbinen modellmäßig untersucht, so zwangen die fortschreitende Größe der zu bewältigenden Wassermengen, die steigende Schnelläufigkeit mit ihrer Folge, der Kavitation, die Erkenntnis von der Wechselwirkung benachbarter Teile aufeinander zur experimentellen Untersuchung der ganzen Komplexe vom Wassereintritt bis zum Wasseraustritt, also der Gesamtanlage. Diese Erkenntnis und die Methoden haben in Europa zu einem Hochstand des hydraulischen Versuchswesens geführt, der in der ganzen Welt anerkannt wird. Bei den heutigen Anlagegrößen spielen ein Prozent mehr Wirkungsgrad, eine Verringerung der Gründungstiefe oft eine außerordentliche wirtschaftliche Rolle, welche die Kosten solcher Versuche reichlich verzinst. Am Beispiel des Werkes Pfrombach der Mittleren Isar A.G. wurde dies nachgewiesen. Der Aufgabe, Drehstrom wie Einphasenstrom je nach Bedarf bis zur vollen Wasserkraftleistung zu liefern, dabei die Gründungstiefe möglichst gering zu halten sowie sich auch dem schwankenden Zufluß von den oberen Kraftwerken her anpassen zu können, wurde man statt durch eine doppelte volle Maschinenbesetzung mit vertikalen Aggregaten großer Gründungstiefe durch Aneinanderreihung von acht Turbinen zu je 4000 PS auf einer horizontalen Welle von 57 m Länge gerecht, deren eines Ende den Drehstromgenerator von 17500 kVA, deren anderes den Einphasengenerator von 20000 kVA trägt (Abb. 10). Zwischen je zwei Turbinen ist die Welle im Stillstand abkuppelbar, so daß sich je nach der mittleren Wasserführung oder nach dem mittleren Bedarf eines gewissen Zeitraumes jedem Generator eine passende Zahl von Turbinen zuteilen läßt. Lastverschiebungen werden dadurch aufgenommen, daß der Einphasengenerator außerdem

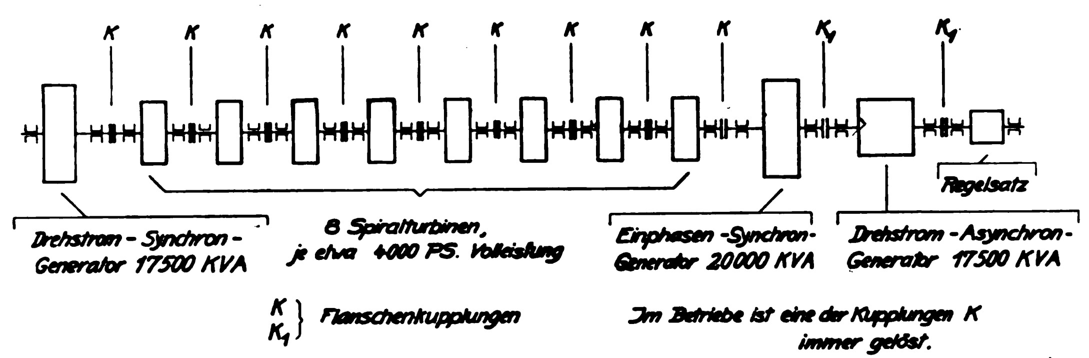


Abb. 10. Maschinenanordnung im Kraftwerk Pfrombach der Mittleren Isar A. G.

noch mit einer Drehstrom-Asynchronmaschine von 17 500 kVA mit Regelsatz gekuppelt ist, so daß bedarfsweise Last vom Drehstromsystem auf das Einphasensystem geschoben werden kann; auch Überschuß des einen Stromsystems in anderen Kraftwerken kann an dieser Stelle in das andere Stromsystem übergeführt werden. Ein Prozent Wirkungsgrad war hier nach den angestellten Berechnungen etwa 0,2 Mill RM wert. Die Versuche mußten neben der Frage nach dem besten Laufrad auch besonders die beste Gesamtform des infolge der horizontalen Bauart räumlich gewundenen Saugrohres, seiner Führungswand und den Einfluß der 400 mm starken Welle klären, wozu 30 Turbinenbremsungen mit jeweils abgeänderten Modellen auszuführen waren. Die Versuche ließen den Wirkungsgrad um rd. 2 % gegenüber jenem Wirkungsgrad, wie er sich mit besterprobten Einzelteilen ergeben hätte, verbessern und erwiesen, wie sehr sich die Kosten für deren Durchführung rechtfertigen. So steht der Gesamtwirkungsgrad nur noch um 1 % hinter dem höchsten mit Vertikalturbinen erzielbaren Wirkungsgrad zurück, ein Unterschied, der aber reichlich durch die Verringerung der Baukosten und durch die universelle Anpassung des Betriebes an Bedarf und Kraftdarbietung aufgewogen wird.

Es wurden noch das neuzeitliche Dampfkraftwerk von 66 000 kW der städtischen Elektrizitätswerke und deren Wasserkraftanlagen im Süden der Stadt besichtigt; ferner wurden am anderen Tage besucht[1]: die sehenswerten Anlagen der Münchener Quellwasserversorgung am Rand des Gebirges und das Leitzachwerk der Städtischen Elektrizitätswerke München mit seiner neu errichteten Pumpenspeicheranlage (zwei Pumpen zu je 8000 PS in vertikaler Bauart, Turbinenleistung 5×4400 PS + 11 000 PS), von anderen Gruppen die Abwässeranlagen und die Kraftanlagen der Mittleren Isar A. G. sowie das im Bau stehende Kraftwerk Eching an der Isar der Städtischen Elektrizitätswerke (drei Kaplanturbinen zu je 12 000 PS) und schließlich das neuzeitliche Wasserkraftwerk Mühltal der Isarwerke (drei vertikale Spiralturbinen zu je 6200 PS) mit interessanten Einzelheiten der Einlauf- und Spüleinrichtungen sowie schwierigen Kanalstrecken. *Rdl*

[1] Ausführliche Wiedergabe der Vorträge und Beschreibungen der besichtigten Anlagen mit vielen Abbildungen in Wasserkr. u. Wasserwirtsch. 1929, Heft 12.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftsstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Betr. Pflichten, Rechte und Gebühren technischer Sachverständiger vor Gericht.

Der Geschäftsführer des Ausschusses „Gebührenordnung für Architekten und Ingenieure", an dessen Arbeiten auch der VDE beteiligt ist, hat auf vielfachen Wunsch eine übersichtliche Aufstellung über Pflichten, Rechte und über die Gebühren des technischen Sachverständigen vor Gericht veröffentlicht, die unsere Mitglieder als Sonderdruck durch unsere Geschäftsstelle zum Preise von 0,50 RM pro Stück beziehen können. Den Bestellungen ist der Betrag von 0,50 RM nebst Drucksachen-Freiumschlag beizufügen.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Mit Rücksicht auf § 15 e) der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S.1/1930" (ETZ 1929 S. 541) hat die Kommission für Koch- und Heizgeräte einen Entwurf zu

„Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug"

aufgestellt.

Ferner ist ein Entwurf zu

„Sonderbestimmungen für Heizgeräte für Haarbehandlung"

aufgestellt worden, der als Anhang 2 in den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V.E.Hz./1925" aufgenommen werden soll.

Einsprüche gegen diese Entwürfe sind bis zum 1. Oktober 1929 an die Geschäftsstelle zu richten.

Entwurf

Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug.

§ 1.

Die Vorschriften sind gültig ab 1. Januar 1930

(Für die Verarbeitung vorhandener Werkstoffvorräte und die Räumung von Lagervorräten wird eine Übergangsfrist bis zum 1. Januar 1931 eingeräumt.)

§ 2.

Die nachstehenden Vorschriften gelten für elektrisch beheiztes Spielzeug für Spannungen über 24 V.

Außer diesen Vorschriften muß elektrisch beheiztes Spielzeug auch den „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1" sowie den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V.E.Hz." entsprechen.

§ 3.

Elektrisch beheiztes Spielzeug darf nur für eine Betriebspannung eingerichtet sein.

§ 4.

Alle elektrischen Einrichtungen sowie auch die Gehäuseteile und Schutzabdeckungen müssen so ausgeführt und angeordnet sein, daß bei den im Spielbetrieb vorkommenden mechanischen Beanspruchungen durch Fall und Stoß die Sicherheit des Spielzeugs nicht beeinträchtigt wird.

§ 5.

Alle Schutzverkleidungen, die Spannung führende Teile abdecken, müssen so gebaut sein, daß sie nicht mittels gewöhnlicher, einem Kinde zugänglicher Werkzeuge entfernt werden können. Die Befestigung soll nur durch Nieten, Schweißen, Falzen oder dgl. erfolgen, Verschraubungen sind unzulässig.

§ 6.

Entlüftungen und Öffnungen im Gehäuse müssen so ausgebildet sein, daß das Berühren Spannung führender Teile beim Durchstecken von Drähten, Nadeln usw. unmöglich ist.

Überfließendes Kochgut oder Feuchtigkeit darf nicht zu den Spannung führenden Teilen gelangen.

§ 7.

Luftstrecken zwischen Spannung führenden Teilen und nicht isolierten Gehäuseteilen dürfen 6 mm nicht unterschreiten.

§ 8.

Etwaige Schalter sind in dem der Erwärmung am wenigsten ausgesetzten Teil des Gehäuses einzubauen. Die Schaltstellung muß erkennbar sein.

§ 9.

Zuleitungen müssen fest am Gerät angeschlossen sein. Gerätesteckvorrichtungen sind unzulässig.

Prüfbestimmungen.

§ 10.

Zur Prüfung der mechanischen Festigkeit sind die Geräte mit Schnüren von 2 m Länge an einem Aufhängepunkt zu befestigen und aus 30 cm Entfernung auf eine Wandfläche aus Holz fallen zu lassen (Abb. 1 und 2).

Der Versuch ist bei kantigen Geräten (Abb. 1) mit jeder Fläche einmal, bei anderen Geräten (Abb. 2) im ganzen sechsmal durchzuführen. Spannung führende Teile dürfen bei der Prüfung der Berührung nicht zugänglich oder äußere Teile Spannung führend werden.

§ 11.

Spielzeug-Kochgeräte werden gegen die Wirkung überfließenden Kochgutes in der Weise geprüft, daß man ein Überlaufen von Wasser an jeder Koch- und Backstelle 5 min lang herbeiführt. Die Geräte sind während des Versuches in ein Wasserbad von 2 mm Tiefe zu stellen und sollen mit ihren eigenen Heizkörpern auf Kochtemperatur gehalten werden. Hiernach müssen die Geräte im warmen und kalten Zustand einer Prüfung nach § 12 genügen.



§ 12.

Das Spielzeug wird auf Feuchtigkeitsicherheit einer Prüfung nach § 95 der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K.P.I." (Stufe 1) sinngemäß unterzogen.

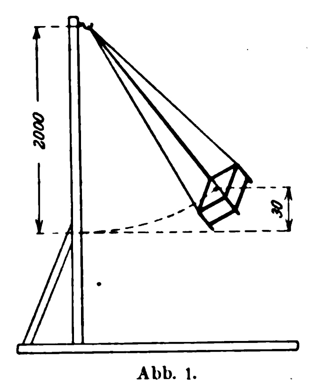


Abb. 1.

§ 13.

Das Spielzeug muß zwanzigmal mit dazwischenliegenden Abkühlungspausen von mindestens 1 h mit der 1,4-fachen Nennaufnahme ohne Aufsetzen von Kochgefäßen jeweils 10 h lang geprüft werden und danach die in § 12 vorgesehene Prüfung auf Feuchtigkeitsicherheit aushalten.

§ 14.

Alle Spannung führenden Teile müssen im kalten und im Anschluß an die Prüfung nach § 12 sowie auch nach § 13 im betriebswarmen Zustand gegen die Metallteile des Gerätes, ferner die Adern der Anschlußschnüre gegeneinander, ohne Vorschaltung von Widerständen, einer Wechselspannung von 1500 V 1 min lang widerstehen können.

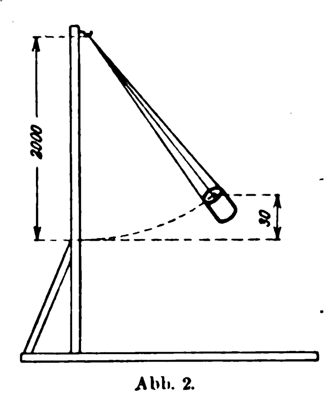


Abb. 2.

Entwurf.

Anhang 2

zu den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V.E.Hz./1925".

Sonderbestimmungen für Heizgeräte für Haarbehandlung.

§ 78.

Die nachstehenden Vorschriften treten am 1. Januar 1930 in Kraft.

§ 79.

Die Vorschriften gelten für direkt elektrisch beheizte Dauerwellengeräte, Kämme und Brennscheren, deren Metallteile betriebsmäßig mit dem menschlichen Körper in Berührung kommen.

Für Heißluftduschen gelten die „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren".

§ 80.

Heizkörper müssen wasserdicht sein. Sie müssen Einrichtungen haben, durch die das Eindringen von Feuchtigkeit an der Einführungstelle der Leitungen sowie eine Verletzung der Leitungen verhindert wird.

Der geringste Durchmesser des Heizleiters darf 0,8 mm nicht unterschreiten.

§ 81.

Höhere Übertemperaturen als 230 ° dürfen an keiner Stelle der Oberfläche der freihängenden Geräte auftreten.

§ 82.

Zum Anschluß der Geräte sind NSA-, NLH- oder NLHG-Leitungen zu verwenden.

Rollen, über die Leitungen geführt werden, müssen einen Mindestdurchmesser von 35 mm und einen Flanschendurchmesser von mindestens 45 mm haben.

Die Zuleitung muß an der Einführungstelle und an der Klemmvorrichtung zur Höhenfeststellung gegen starke Verbiegung oder Verletzung (z. B. durch scharfe Metallränder) geschützt sein. Sofern nicht andere Vorkehrungen getroffen sind, muß bei Einführung der Zuleitung durch Metallteile in das Gerät eine isolierende Buchse verwendet werden, die im Gerät gesichert befestigt ist (Gegenmutter, Sprengring oder dgl.).

§ 83.

Die Geräte müssen für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung eingerichtet sein; die zur Durchführung dieser Maßnahmen erforderlichen Einrichtungen müssen fabrikmäßig angebracht, die Anschlußstelle als solche gekennzeichnet sein (Schutzleiter, Erdungschraube, Gerätesteckvorrichtung mit Schutzkontakt und dgl.).

Alle nicht Spannung führenden Metallteile der Geräte, die Spannung annehmen können, müssen miteinander und mit der Anschlußstelle für den Schutzleiter gut leitend verbunden sein.

Prüfbestimmungen.

§ 84.

Geräte müssen fünfmaligen Fall aus 1,5 m Höhe auf eine mindestens 5 mm dicke Eisenplatte aushalten.

§ 85.

Im Anschluß an die Prüfung nach § 84 müssen die Geräte einer Prüfung auf Feuchtigkeitsicherheit nach den „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K.P.I." (§ 95, Stufe 3) unterzogen werden und eine Wechselspannung von 1500 V 1 min lang aushalten, ohne daß ein Überschlag erfolgt.

Hierauf müssen sie ½ h lang mit der Nennaufnahme belastet werden und danach eine nochmalige Spannungsprüfung mit 1500 V 1 min aushalten.

§ 86.

Zur Feststellung der Übertemperatur sind die Geräte freihängend mit der Nennaufnahme zu belasten.

§ 87.

Die Geräte werden bei Raumtemperatur von 20 ° freihängend fünfzigmal mit der 1,4-fachen Nennaufnahme je ½ h mit je einer dazwischenliegenden Abkühlungspause von mindestens ¼ h belastet. Hierauf ist eine Prüfung auf Feuchtigkeitsicherheit nach K.P.I. § 95 Stufe 3 vorzunehmen. Die Geräte müssen hierbei eine Wechselspannung von 1500 V 1 min lang aushalten, ohne daß ein Überschlag erfolgt.

§ 88.

Steckvorrichtungen sind sinngemäß den Prüfbestimmungen der K.P.I. §§ 39 und 40 zu unterziehen.

Kommission für Installationsmaterial.

Die Kommission für Installationsmaterial hat einen Entwurf zu

„Regeln und Normen für das Zubehör zu kabelähnlichen Leitungen"

aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis zum 1. Oktober 1929 an die Geschäftstelle zu richten.

Regeln und Normen für das Zubehör zu kabelähnlichen Leitungen.

§ 1.

Die nachstehenden Bestimmungen sind gültig ab 1. Januar 1930.

§ 2.

Abzweigdosen sollen im Innern einen lichten Raum von 70 mm haben. Dosen für Einlegekörper sollen einen lichten Durchmesser von 70 mm und bei eingesetztem Deckel eine lichte Höhe von 35 mm haben.

§ 3.

Für die Klemmen und die Klemmen tragenden Einlegekörper gelten sinngemäß die in § 90 e, f und g und § 91 der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K. P. I." festgelegten Konstruktions- und Prüfbestimmungen.

§ 4.

Abzweigdosen sollen im Innern eine hierfür kenntliche Beidrahtklemme (anzubringendes Kennzeichen „E") haben, die nach Möglichkeit in der Mitte liegen soll.

Die Beidrahtklemmen sollen, ohne besondere Zurichtung, den Anschluß der gleichen Anzahl Leitungen von mindestens 1,5 mm² gestatten wie Einführungstellen bestehen.

§ 5.

Die Einführungstellen für kabelähnliche Leitungen sollen mit Stopfbuchsverschraubungen nach DIN VDE 9040 versehen werden.

§ 6.

Für Abzweigdosen darf ein kleineres Gewinde als Pg (St B 16) nicht verwendet werden.

Für Schalter, Steckdosen, Leuchten u. dgl. ist auch die Verschraubung St B 13,5 zulässig.



Von der Kommission für Installationsmaterial ist ein Normblattentwurf DIN VDE 9040

„Verlegungs- und Verbindungsmaterial Stopfbuchsverschraubungen"

aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. Oktober 1929 an die Geschäftstelle zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Noch nicht endgültig

Verlegungs- und Verbindungsmaterial

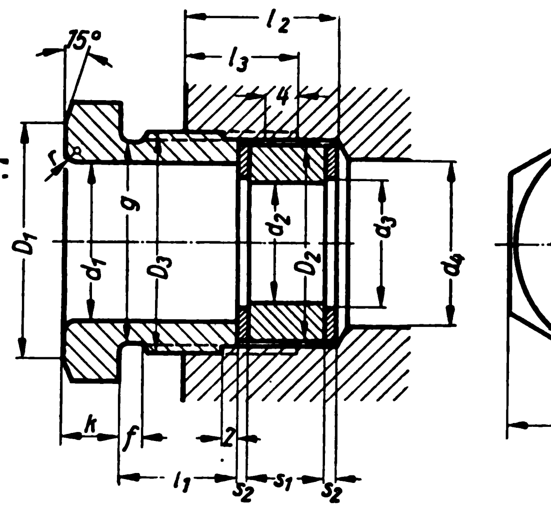
Stopfbuchsverschraubungen

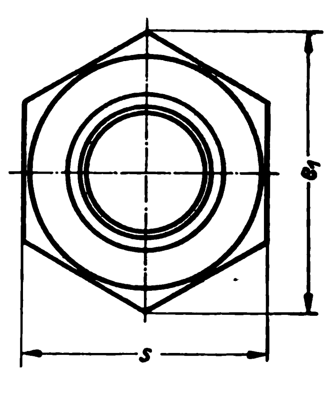
Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 9040

Maße in mm

Zu einer Stopfbuchsverschraubung gehören:
1 Schraubbuchse
1 Dichtring
2 Druckringe





Bezeichnung einer Stopfbuchsverschraubung für Stahlpanzerrohr 16 mit einer Durchgangsbohrung von $d_2 = 14$ mm:

Stopfbuchsverschraubung 16/14 VDE 9040

Kurzzeichen	Gewinde D_3	Gehäuse d_4	Gehäuse l_2	Gehäuse l_3	Schraubbuchse D_1	Schraubbuchse d_1	Schraubbuchse f	Schraubbuchse g	Schraubbuchse l_1 Kleinstmaß	Schraubbuchse k	Schraubbuchse r	Schraubbuchse s	Schraubbuchse e_1	Dichtring D_2 [1]	Dichtring d_2	Dichtring s_1	Druckring D_3	Druckring d_3	Druckring s_2
13,5/10	Pg 13,5	15	15	12	21 oder 23	14	2	19	12	4	1	22 oder 24	25,4 oder 27,7	18,5	10	7	18,5	11	1
13,5/11,5															11,5			12,5	
13,5/13,5															13,5			14	
16/10	Pg 16	17	17	12,5	23	17	2	21	12	5	1	24	27,7	20,5	10	8	20,5	11	1,5
16/11,5															11,5			12,5	
16/14															14			15	
16/16															16			17	
21/16	Pg 21	22	20	15	31	21	2,5	26,5	15,5	6	1,5	32	36,9	26	16	10	26	17	1,5
21/20															20			21	

[1] Zulässige Abweichungen für Gummidichtung ± 0,3.

Ausführung: Schraubbuchse: vernickelt oder gleichwertig durch Metallüberzug gegen Oxydation geschützt
Dichtring: nach den Vorschriften des VDE (§ 3 V. I. L.)
Druckring: feuerverzinkt

Werkstoff: Schraubbuchse: Ms 58 DIN 1709
Dichtring: Gummi hoch elastisch
Druckring: Flußstahl

August 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

SITZUNGSKALENDER.

Brennkrafttechnische Gesellschaft, Berlin (gemeinsam mit dem Bremer Bezirksverein Deutscher Ingenieure). 3. IX. 1929: Kraft- und Brennstofftagung für die Schiffahrt in Bremen mit folgendem Programm:

vorm. 9 h, Techn. Staatslehranstalten, Bremen, Kleine Allee:

1. Generaldir. Spaeth, „Belieferung der Schiffahrt mit Heiz- u. Kraftölen".
2. Prof. Dr. W. Wilke, „Stand u. Ziele der Kohleverflüssigung".
3. Obering. H. Becker, „Der Großdieselmotor mit bes. Berücks. des Schiffantriebes".

2 h, Hag-Haus:

4. Dipl.-Ing. Koch, „Kohlenstaubfeuerung an Bord".
5. Obering. Gräber, „Hochdruckdampf an Bord".
6. Besichtigung des Schnelldampfers „Bremen" auf Einladung des Norddeutschen Lloyd.

Teilnehmerkarten sind durch die Geschäftstelle, Berlin W 9, Potsdamer Str. 19, zu erhalten.

Fachgruppe Radio der Elektro-Großhändler-Vereinigung Deutschlands, Berlin. 4. IX. 1929, vorm. 9h, gr. Saal



des Reichsverbandes des Dt. Groß- und Überseehandels, Berlin W, Motzstr. 2.

1. Vortrag F. Neuert, „Der Großhandel und seine Abnehmer".
2. Bericht der Geschäftsführer „Die Kraftverstärkeranlagen; die durch die neuen Verträge geschaffene neue Wirtschafts- und Rechtslage".

Auskunft erteilt die Geschäftsstelle: Berlin SW 48, Friedrichstr. 234.

Deutsche Gesellschaft für Metallkunde, Berlin. 7. bis 9. IX. 1929, Hauptversammlung in Düsseldorf, verbunden mit der Feier des 10jährigen Bestehens, mit folg. Vorträgen: 7. IX. 1929, vorm. 10h, Vortragsaal des Eisenhüttenhauses, Breitestr. 27, Prof. Dr. W. Rosenhain, „Physik und Metallkunde". Mittags 2h, Vortragsreihe „Vergütbare Legierungen".

a) Prof. Dr. W. Guertler, „Kennzeichen, Wesen und Zukunftsmöglichkeiten der Vergütung von Legierungen".
b) Prof. Dr. W. Fraenkel, „Vergütbare Aluminiumlegierungen".
c) Dr. G. Masing, „Vergütbare Kupferlegierungen".
d) Dr. L. Nowack, „Vergütbare Edelmetallegierungen".

8. IX. 1929, vorm. 9h, Vortragsaal des Eisenhüttenhauses: 14 kurze Vorträge. Von diesen seien hier folgende erwähnt:

Dr. M. Hansen, „Über den Vergütungsvorgang in Kupfer-Zinklegierungen".
Dr.-Ing. M. Haas, „Beitrag zum Härtungsproblem von Silber-Kupferlegierungen".
Prof. Dr.-Ing. Denzo Uno, „Beitrag zum Härtungsproblem von Beryllium-Leichtmetallegierungen".
Dr. G. Wassermann, „Über die Vergütung der Magnesium-Zink-Aluminiumlegierungen".
Prof. Dr. G. Grube, „Die Untersuchung der Konstitution binärer Legierungen durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit".
Dr.-Ing. H. Bablik, „Biegefähigkeit von Zinküberzügen".
Obering. W. Wunder, „Neuere Beobacht. bei der Knetbearbeitung von Elektrolytkupfer".

9. IX. 1929 ab 10h Besichtigungen. Auskunft erteilt die Geschäftsstelle: Berlin NW 7, Friedrich-Ebert-Str. 27 (Ingenieurhaus).

The Institute of Metals, London! 9. bis 12. IX. 1929, Metallurgenkongreß in Düsseldorf.

9. IX. 1929, nachm. 5h, Aula der Lessing-Oberrealschule, Ellerstraße: Vortrag Dr. A. G. C. Gwyer, „Aluminium und seine Legierungen".

10. u. 11. IX. 1929, vorm. 9½h: Hauptversammlung im Eisenhüttenhaus, Breite Str. 27, nachm. 2½h: Besichtigungen. Deutsche Metallurgen und Techniker sind willkommen. Programme sind bei dem Schriftführer G. Shaw Scott, London SW 1, Victoria Street, zu erhalten.

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft, Berlin. 12. bis 15. IX. 1929, 17. Jahresversammlung in Wien.

13. IX. 1929, vorm. 9h, Gr. Sitzungssaal des Österr. Ing.- u. Architektenvereins, Eschenbachgasse 9 I. Einführungsvortrag Prof. Dr. F. Ehrenhaft, „Änderung der Anschauungen über das Licht im Laufe der Jahrhunderte". II. Vorträge über „Das Glas in der Lichttechnik".

1. Dr. H. Schönborn, „Die opt. Eigenschaften von Trübgläsern und trüben Lösungen".
2. Dr. L. Bloch, „Die Kennzeichnung lichtstreuender Gläser".
3. Dr. Hg. Frühling, „Die Ausleuchtung lichtstreuender Verglasungen".
4. Dr. Frh. F. K. v. Göler, „Die Kennzeichnung farbiger Gläser nach der Dreifarbentheorie".
5. Reg.-Rat W. Dziobek, „Messung an Glühlampen mit ultraviolettdurchlässiger Glashülle".
6. Direktionsrat Ing. K. Beck, „Versuche zur beschleunigten Kükenaufzucht durch verschiedene künstliche Lichtquellen unter Berücks. der Wirkung von Farbfiltern".
7. Dr. W. Bertelsmann, „Das Beleuchtungsglas für Gaslicht".
8. Frau Dr. M. Schirrmann, „Der Einfluß der Gase im Glas auf lichttechn. Fragen". — Aussprache.

III. 14. IX. 1929, vorm. 9h, Kl. Sitzungssaal des Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, Eschenbachgasse 9: Vorträge über „Raumbeleuchtung".

1. Dr. W. Arndt, „Neue Grundzüge der Beleuchtungstechnik".
2. Ing. H. Lingenfelser, „Zur Messung und Beurteilung der räumlichen Beleuchtung".

Auskunft durch die Geschäftsstelle: Berlin W 35, Potsdamer Str. 35—36.

Deutsche Physikalische Gesellschaft, Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Deutsche Mathematikervereinigung, Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik. 15. bis 21. IX. 1929: 5. Deutscher Physiker- und Mathematikertag in Prag. Auskunft bezüglich der Vorträge erteilt Geheimrat Scheel, Charlottenburg 2, Werner-Siemens-Str. 8—12, bezüglich sonstiger Anfragen die Geschäftsstelle Prof. Dr. R. Fürth, Prag II, Viniena 3, C. S. R.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrische Schaltgeräte, Anlasser und Regler. Bd. 1: Theoretische Grundlagen zur Berechnung der Schaltgeräte. (Sammlung Göschen, Bd. 711.) Von Dr.-Ing. F. Kesselring. Mit 80 Fig. u. 142 S. in kl. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1928. Preis geb. 1,50 RM.

Es ist erfreulich, daß der Verlag der bekannten Göschen-Bändchen seine elektrotechnische Bibliothek auch auf Spezialgebiete der Elektrotechnik ausdehnt. Damit ist jedem Fachmann Gelegenheit gegeben, sich über die einzelnen Gebiete rasch zu orientieren. In dem vorliegenden 1. Bändchen der elektrischen Schaltgeräte sind die theoretischen Grundlagen behandelt. Wer sich mit diesem Gebiet noch nicht beschäftigt hat, wird erstaunt sein zu sehen, daß fast die ganze theoretische Elektrizitätslehre, das magnetische und elektrische Feld, die nichtstationären Vorgänge, der elektrische Lichtbogen und die dynamischen und thermischen Wirkungen des Stromes das Fundament für den Entwurf und die Berechnung der elektrischen Schaltgeräte bilden. Der Verfasser, der selbst in verdienstvoller Weise mitgeholfen hat, dieses Fundament auszubauen, hat es verstanden, das Wesentliche der theoretischen Grundlagen in gedrängter, aber doch klarer und übersichtlicher Form darzustellen. Schwaiger.

Galvanotechnik (Galvanostegie u. Galvanoplastik) Von Ing. Chem. H. Krause. 4., neubearb. u. 5. Aufl. Mit 25 Textabb., VIII u. 217 bzw. 237 S. in 8°. Verlag von Dr. Max Jänecke, Leipzig 1927 bzw. 1928. Preis kart. 4,25 bzw. 5,40 RM.

In den ersten 3 Abschnitten (S. 1 ... 63) bespricht der Verfasser die Stromquellen, die Chemikalien und die elektrochemischen Begriffe. Die theoretischen Ausführungen sind manchmal etwas breit und nicht immer ganz richtig. Die Stärke des Buches liegt im praktischen Teil, in welchem zunächst allgemein die Einrichtung, die Vor- und Nachbehandlung der Waren besprochen wird (S. 63 bis 89), und dann zweckmäßige Vorschriften über Vernickeln, Verchromen, Versilbern, Verzinken usw. mitgeteilt werden (S. 89 ... 159). Es folgen Abschnitte über Ansieden usw., über Galvanoplastik, über Massengalvanisierung, über Vorsichtsmaßregeln und Hilfe bei Unglücksfällen, schließlich über die chemische Untersuchung der Bäder. Der Verfasser hat auf Grund seiner langjährigen Erfahrungen aus der Fülle der Vorschriften geschickt gewählt und gibt zahlreiche nützliche Winke.

Die 5. Auflage ist nur durch einen 20 Seiten starken Nachtrag von der 4. unterschieden. In ihm werden die Fortschritte im Schnellvernickeln, im Verchromen, einige neue Anordnungen für Vergolden und Versilbern sowie handliche Meßverfahren zur Bestimmung des Säuregrades der Bäder besprochen. K. Arndt.

Kraftwagen und Elektrotechnik. Vorträge des Reichsverbandes der Automobilindustrie E.V., gehalten anläßlich der internationalen Automobil- und Motorrad-Ausstellung in der Technischen Hochschule Berlin, November 1928. Sonderausgabe der „Mitteilungen des Reichsverbandes der Automobilindustrie", Charlottenburg, Hardenbergstr. 8. Mit zahlr. Abb. u. 52 S. in 4°. Preis geh. 1,50 RM.

Die Vorträge behandeln Organisationsfragen in der Industrie (Prof. Schlesinger), ferner die Anwendung von Kraftfahrzeugen im Wirtschaftsleben (Der Omnibus als Schnellverkehrsmittel, die Zugmaschine in der Landwirtschaft und im Güterverkehr, Der Lastkraftwagen im Wirtschaftsleben, insbesondere im Vergleich mit der Eisenbahn), sowie zwei wichtige technische Probleme, welche im heutigen Kraftwagenbau an vorderster Stelle stehen, nämlich die 4-Rad-Bremse und, was den Elektrotechniker vor allem interessiert, die elektrische Ausrüstung des heutigen Kraftwagens.

Dieser letztere Vortrag, von Dir. Dr. Rasbach, Stuttgart, gehalten, zieht einen Vergleich zwischen Magnet- und Batteriezündung an Hand anschaulicher Bilder und an Hand der Typen der Firma

Bosch. Es wird darauf hingewiesen, daß beide Zündungsarten gewisse Vorteile haben, daß die geeignete Zündung vor allen Dingen eine eigene Zentrale im Kraftwagen vorstellen muß, die unabhängig von der Akkumulatorenbatterie bleibt. Die Batteriezündung hat bekanntlich den Vorteil, daß der Funken beim Anlassen und bei niedrigen Drehzahlen bedeutend kräftiger ist, und daß der Preis geringer gehalten werden kann. Die Batteriezündung führt sich heute in Deutschland beim Kraftwagenbau immer mehr ein, nicht zuletzt dank der sauberen mechanischen Arbeit, mit welcher deutscherseits die hierfür erforderlichen Teile und Geräte hergestellt werden.

Nachdem im Vortrag dann noch kurz auf die Strom und Spannung regulierenden Lichtmaschinen (Dynamos) eingegangen worden ist, wobei den letzteren aus verschiedenen Gründen, besonders aber wegen der erforderlichen geringeren Kapazität der Batterie, der Vorzug gegeben wird, behandelt der Vortragende die neueren Untersuchungen bei der Kraftwagenbeleuchtung, insbesondere am Scheinwerfer. Infolge des bedeutenden Landstraßenverkehrs sind diese Fragen außerordentlich wichtig geworden. Das häufige Abblenden vermindert die Fahrsicherheit, so daß neue Wege gegangen werden mußten, um Unglücksfälle zu vermeiden.

Das Problem scheint grundsätzlich dadurch seine Lösung zu finden, daß das abblendende Fahrzeug bei starker Verminderung seiner Fahrt sein Licht seitlich und vor den Wagen, auch nach unten, aussendet; erfahrungsgemäß wird hiervon das Auge in keiner Weise geblendet, und zwei auf diese Weise abgeblendete, ihre Umgebung seitlich anleuchtende Fahrzeuge können schnell und mit Sicherheit auf der dunklen Landstraße weiterfahren, weil alle Hindernisse zwischen den beiden Wagen sich deutlich vom halbbeleuchteten Hintergrund abheben. Mit Hilfe einer besonders konstruierten Lampe wird das Licht des Scheinwerfers nicht mehr völlig abgeblendet, sondern statt parallel zur Landstraßenoberfläche nunmehr im schrägen Winkel nach vorn vor den Kraftwagen geworfen, wobei auch für gute Seitenaufhellung der Landstraße Sorge getragen wird. Das entgegenkommende Fahrzeug wird dadurch nicht mehr geblendet, vor allem kann es an der seitlichen Beleuchtung der Chaussee durch den entgegenkommenden Kraftwagen erkennen, ob zwischen ihm und dem anderen Fahrzeug Hindernisse im Wege sind. Bei dieser Gelegenheit sei noch auf die Erscheinung hingewiesen, daß bei Nebel die sicherste Wegbeleuchtung dadurch erfolgt, daß ein Scheinwerfer (z. B. der Sucher) schräg nach oben gerichtet wird.

Nachdem der Vortragende kurz noch die verschiedenen Anlassersysteme, die heute für die elektrische Kraftwagenindustrie keine Probleme mehr bilden, und außerdem die weitere elektrische Ausstattung des Kraftwagens, Fahrtrichtungsanzeiger, Scheibenwischer usw., behandelt hat, kommt er auf die Normungs- und Vereinheitlichungsbestrebungen der deutschen Kraftfahr-Industrie zu sprechen.

Es ist bekannt, daß die deutsche Automobilindustrie in ganz besonderer Weise sich rationalisieren konnte, was wohl am besten darin zum Ausdruck kommt, daß die Leistungsteigerung auf den Kopf der Belegschaft sich auf rd. 60 % beläuft; dennoch sieht der Vortragende für die Zukunft noch sehr schwarz in bezug auf die Erfolge der Vereinheitlichung. Die Erfahrungen, welche die Firma Bosch in der Praxis gemacht hat, sind allerdings nicht ermutigend; so z. B. mußte die Firma 154 verschiedene Arten von Magnetzündern herstellen, während schätzungsweise 9 Arten den ganzen Bedarf hätten decken können. Bei der verhältnismäßig einfachen Konstruktion einer Lichtmaschine wurden 28 verschiedene Ausführungen verlangt, während 4 ausreichen sollten. Bei sonstigen Zündleitungen für Batteriezündung bringt die Firma 33 Ausführungen, während 3 genügen müßten.

Rasbach weist besonders darauf hin, daß die Forderung nach besonderer Ausführung nicht etwa aus konstruktiven Notwendigkeiten heraus erfolgt, sondern lediglich aus Geschmacksgründen. Eine solche besondere Ausführung erfordert naturgemäß jedesmal wieder vollkommen neue Zubehörteile, Ersatzteile, Einbauvorschriften usw. Der Vortragende bezeichnet es daher als dringend erwünscht, daß die Normung streng durchgeführt wird, da es möglich wäre, mit einer viel geringeren Zahl von Ausführungen auszukommen, ohne daß deshalb die Konstrukteure in ihrer konstruktiven Bewegungsfreiheit beschränkt würden.

Die Bedeutung der elektrischen Industrie für den Kraftwagen steigt immer mehr; zur Zeit sind die Fragen der rein elektrisch betriebenen Fahrzeuge etwas in den Hintergrund getreten, ohne daß deshalb anzunehmen ist, daß der elektrische Antrieb nicht in Zukunft wieder eine erhöhte Bedeutung bekommen kann, wie es schon heute bei bestimmten Transport-Kraftfahrzeugen bereits der Fall ist. Dr. Thieme.

Kesselanlagen für Großkraftwerke. Betrachtungen u. Richtlinien. Von Dr.-Ing. F. Münzinger. Mit 282 Abb. i. Text u. auf 2 Taf., 8 Zahlentaf., XII u. 176 S. in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geb. 19 RM.

Dem Andenken an Georg Klingenberg ist dieses Buch in Dankbarkeit und Ehrerbietung gewidmet. Der Verfasser behandelt darin die Errichtung der Kesselanlage des Großkraftwerkes Klingenberg und die dabei gewonnenen Erkenntnisse für den Bau zukünftiger Großkesselanlagen. Was seinen ersten Hauptteil anbetrifft, so muß diesem Buch innerhalb unseres nicht gerade spärlichen technischen Schrifttums eine Sonderstellung eingeräumt werden: denn der Verfasser verzichtet bewußt darauf, lediglich eine Beschreibung der getroffenen Einrichtungen zu geben, sondern läßt den Leser die Entstehung einer Großkesselanlage, von den Vorerwägungen an bis zur Montage, mit erleben. Die Darstellung besitzt dadurch einen besonderen praktischen Wert, welcher durch die Wiedergabe zahlreicher Konstruktionszeichnungen noch erhöht wird. Es ist erfreulich, feststellen zu können, daß der deutsche Kesselbau heute den Vergleich mit dem amerikanischen nicht mehr zu scheuen braucht. Dieser Erfolg ist zu einem guten Teil dem Besteller zu verdanken, welcher sich trotz mangelnder Erfahrungen dazu entschloß, eine so große Neuanlage nur mit Kohlenstaub zu betreiben. Diese neuartigen Verhältnisse setzten voraus, daß den Werkstoffen größte Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Die einzelnen Bauteile wurden deshalb einer gründlichen, z. T. mehrfachen Abnahmeprüfung unterworfen. Die dafür aufgewendeten Kosten, die übrigens nur 0,3 % des Preises eines vollständig betriebsfertigen Kessels mit Saugzuganlage betragen, werden durch den Gewinn an Betriebsicherheit reichlich aufgewogen. Daneben wurden aber wertvolle Fingerzeige für die Materialherstellung und -bearbeitung gewonnen. Auch die feuerfesten Steine wurden außer im Laboratorium in einem besonders dazu erbauten Versuchsofen geprüft. Der Ingenieur ist zu beneiden, dem die Mittel zur Verfügung stehen, daß er mit solcher Großzügigkeit zu Werke gehen kann. Ein weiterer wichtiger Abschnitt behandelt die Montage, die oft als nebensächliche Begleiterscheinung betrachtet wird. Der Unterschied in den Montagekosten der Kessel ohne Einmauerung in Höhe von rund 46 % zeigt jedoch, daß auch diesem Bauabschnitt größte Beachtung geschenkt werden muß. An Hand eines genauen Montageplanes unter Leitung eines anerkannten Fachmannes müssen möglichst alle durch irgendwelche Ungeschicklichkeiten verursachten Kosten vermieden werden.

Der zweite Hauptteil des Buches befaßt sich dann mit den beim Bau des Klingenbergwerkes gewonnenen Erfahrungen für zukünftige Großanlagen. Der Verfasser weist einleitend darauf hin, daß er naturgemäß nur seiner subjektiven Ansicht Ausdruck geben kann. Sein Bestreben, in allen Fragen einen möglichst objektiven Standpunkt zu gewinnen, verdient jedoch Anerkennung. Auch sei nicht vergessen, daß es überhaupt nur im Bereich der Möglichkeit liegt, Richtlinien zu geben und kein Rezept; denn dazu sind die Verhältnisse in jedem Einzelfall zu sehr verschieden.

Die Abschnitte „Analyse der Kesselkosten" und „Nutzen der Normung" geben den deutschen Kesselfirmen eine ganze Reihe wertvoller Hinweise für die Verminderung der Anlagekosten. Die Forschungen über die zulässigen Beanspruchungen der neuzeitlichen Werkstoffe muß sich auch der Kesselkonstrukteur zu Nutzen machen, um dadurch leicht und doch solide bauen zu können. Der Kesselbau nimmt noch zu gerne Zuflucht zu übermäßigen Sicherheitszuschlägen. Auch bezüglich der Vereinheitlichung der Kesselbauarten, wobei oft belanglose Patente und nicht selten eine Dosis Eigenbrötelei hemmend im Wege stehen, müssen unbedingt Fortschritte gemacht werden. Wie das Beispiel auf Seite 128/129 zeigt, kann der Besteller dabei ein wichtiges Wort mitreden. Weiterhin enthält der zweite Hauptteil Ausführungen über die Anordnung von Kühlflächen und deren wärmetechnische Vorteile. So sehr man die hervorgehobenen Vorteile auch unterstreichen kann, so vermißt man doch einen stärkeren Hinweis auf deren Nachteil für die Zündung bei Verwendung gasarmer Brennstoffe und Teilbelastung der Feuerung.

Allgemein bedeutet die Kohlenstaubfeuerung mit ihrer großen Leistungsfähigkeit innerhalb einer Kesseleinheit und ihrer schnellen Anpassungsmöglichkeit an die jeweilige Belastung einen wichtigen Fortschritt für den neuzeitlichen Kraftwerksbau. Das kostspielige Problem der Rauchgasentstaubung und die Möglichkeit, die gleichen Brenn-

stoffe auch auf Rosten, also ohne Aufwendungen für Vermahlung und Trocknung, verfeuern zu können, führen aber zu einer Begrenzung ihrer Anwendung. Außerdem können die unumgänglich notwendigen Reserven für große Kesseleinheiten und die Schwierigkeiten bei Teillastbetrieb erheblichen wirtschaftlichen Einfluß haben. Nachdem es in letzter Zeit dem Zonen-Unterwind-Wanderrost weiterhin gelungen ist, wesentliche Fortschritte in bezug auf Steigerung der Rostleistung und Aufnahme von Belastungsschwankungen zu machen, dürfte seine Wettbewerbsfähigkeit heute bis zu Kesselgrößen von 1200 m² reichen. Unter diesen Umständen ist die Frage, ob nicht doch kleinere Einheiten mit mechanischen Rosten aus wirtschaftlichen Gründen vorzuziehen sind, der sorgfältigen Nachprüfung wert. Dabei soll keineswegs vergessen werden, daß auch die Kohlenstaubfeuerung noch nicht am Ende ihrer Entwicklung angelangt ist.

Zusammenfassend muß dem vorliegenden Werk, das auch drucktechnisch vorbildlich ausgeführt ist, volle Anerkennung gezollt werden. Man wird es bei der Projektierung kommender Großkesselanlagen mit Nutzen zu Rate ziehen. Dipl.-Ing. H. Presser.

Johow-Foerster, Hilfsbuch für den Schiffbau. 5. Aufl. neubearbeitet in Gemeinschaft v. mehr. Fachgen. von Dr.-Ing. E. Foerster. 2 Bände. Bd. 1 mit 688 Textabb. XIX u. 990 S., Bd. 2 mit 56 Taf., V u. 55 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis für beide Bände zus. geb. 88 RM.

Das wohl von allen Schiffbaukonstrukteuren bereits als unentbehrliches Gebrauchsbuch betrachtete Nachschlagewerk von Johow, Hilfsbuch für den Schiffbau, ist jetzt in 5. Auflage wieder neu erschienen, bei der erstmalig der langjährige Hauptbearbeiter, Dr.-Ing. E. Foerster, auch als Herausgeber zeichnet.

Die bei der 1920 erschienenen 4. Auflage durchgeführte Neugliederung, die durch geschicktere Gruppierung des Stoffes eine erheblich bessere Übersicht erzielte, ist auch bei der neuen Auflage beibehalten und noch weiter durchgeführt worden, so daß die früheren zehn Abschnitte jetzt auf acht beschränkt sind.

Der bisherige erste Abschnitt über Zahlenmaterial findet sich in der neuen Auflage als „Berechnungsmaterial" unter Streichung aller in anderen Vorschriften enthaltenen Tabellen und Angaben im zweiten Bande wieder.

Dem bereits in der vorigen Auflage berücksichtigten Einfluß der wirtschaftlichen und betriebstechnischen Faktoren auf den Entwurf ist in der Neuauflage noch wesentlich mehr Rechnung getragen worden, indem durch Einfügung eines Abschnittes über die Bearbeitung von Kostenanschlägen der besondere Wert derjenigen Fragen betont wurde, die mit Abschlußkontrakten von Neubauten zusammenhängen. Daneben sind die neuere Entwicklung von Schiffstypen und Schiffsformen sowie veränderte Konstruktions- und Betriebsunterlagen weitestgehend berücksichtigt worden.

Eine besonders umfangreiche Neubearbeitung hat in dem Abschnitt „Fortbewegung der Schiffe" die Modellversuchstechnik auf Grund der neuesten Forschungsergebnisse gefunden und ist in richtiger Erkenntnis der Wichtigkeit dieses Arbeitsgebietes für den schaffenden Ingenieur weit ausführlicher behandelt worden.

Hervorgehoben zu werden verdient die Neubearbeitung der Ausführungen über das aerodynamische Gebiet sowohl in diesem Abschnitt als auch in dem nächsten über die „Stabilität der Schiffe", der im übrigen gleichfalls weiter ergänzt und durch Einfügung anderer Berechnungsverfahren erweitert worden ist. Auch der folgende Abschnitt „Festigkeit der Schiffe" ist umgearbeitet und den neuen Anschauungen in der Festigkeitslehre über die Materialeigenschaften bei Schiffsneubauten angepaßt worden, wobei der Abschnitt über Schiffsschwingungen seiner Bedeutung für den Fahrgastverkehr entsprechend ausführlicher als bisher behandelt ist; aber auch für den Frachtverkehr ist in dem Unterabschnitt „Ladung und Besatzung" den heutigen Anschauungen hinsichtlich Berechnung und Anordnung des Ladegeschirrs Rechnung getragen.

Daß die Angaben über Kriegschiffstechnik der Neuzeit gemäß umgearbeitet sind, sei gleichfalls erwähnt. Eine vollständige Abhandlung über den Kriegschiffbau vorzusehen, lag nicht in der Absicht der Herausgeber; es kam lediglich darauf an, die Gesichtspunkte hervorzuheben, in denen der Kriegschiffbau sich vom Handelschiffbau unterscheidet; dieser Aufgabe sind die Verfasser vollauf gerecht geworden. Ebenso ist auch der Abschnitt über „Unterseefahrzeuge" nach den neuen Erkenntnissen und technischen Grundsätzen ergänzt und geändert worden.

Daß der in der 4. Auflage erstmalig aufgenommene Abschnitt über „Eisenbeton-Schiffbau" in der 5. Auflage wieder fehlt, mag der in erster Linie geschichtlich interessierte Leser vermissen; bei der allgemeinen Ablehnung dieses Baustoffes in der heutigen Zeit ist es aber zu begrüßen, daß die Herausgeber zugunsten anderer wichtiger Erweiterungen des Buches auf diesen Abschnitt verzichtet haben.

Ganz besonders anerkennend erwähnt zu werden verdient die sehr ausführliche und stark erweiterte „Sammlung von Konstruktionsmaterial" im zweiten Bande, die wieder mit Unterstützung von fachlichen und industriellen Kreisen eine vollständige Übersicht der neuesten Entwürfe in vollendeter Wiedergabe enthält, sowie eine bedeutend erweiterte Liste über ausgeführte Handels- und Kriegschiffe mit ausführlichen konstruktiven und anderen Angaben.

Eine allgemeine Kritik zu üben, dürfte nicht angebracht sein; denn was in diesen zwei Bänden von Sonderfachleuten niedergelegt ist, kann nicht von einem Einzelnen kritisch beurteilt werden.

Es darf aber dankbar anerkannt werden, daß sich der Herausgeber und seine Mitarbeiter durch die Neubearbeitung des Werkes wieder ein großes Verdienst erworben haben, und es wäre zu wünschen, daß sich die Neuauflage auch über den engeren Kreis der Fachgenossen hinaus besonders bei der Schiffbau studierenden Jugend, für die auf dem Gebiete ihres Studiums wohl kaum ein Buch in gleicher Ausführlichkeit und Reichhaltigkeit zur Verfügung stehen dürfte, bald viele neue Freunde erwerben möchte.

Die buchtechnische Ausführung ist im Druck und in der Klarheit der Abbildungen wie immer beim Verlag Springer mustergültig. Fuhrmann.

Lehrbuch der praktischen Physik. Von F. Kohlrausch. 15. stark verm. Aufl. Neu bearb. v. W. Rothe, E. Brodhun, E. Giebe, E. Grüneisen, L. Holborn †, K. Scheel u. O. Schönrock. Mit 395 Textabb., XXX u. 832 S. in 8°. Verlag von B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1927. Preis geh. 23 RM, geb. 26 RM.

Das bekannte Lehrbuch von Kohlrausch liegt jetzt in der 15. Auflage vor, die nach dem Tode von Holborn von Grüneisen und Scheel besorgt worden ist. Eine Empfehlung braucht dem Werk, das seit langem zum unentbehrlichen Besitz für jeden Physiker und für jeden, der physikalische Messungen auszuführen hat, gehört, nicht mehr mitgegeben zu werden. Die Namen der Herausgeber bürgen dafür, daß die neue Auflage allen Fortschritten der Wissenschaft angepaßt ist. So sind insbesondere die Abschnitte über Wechselströme, elektrische Schwingungen, Ionen und Elektronen, Röntgenstrahlen, Radioaktivität und einige Teile der Optik beträchtlich erweitert worden. Bei der bereits in den früheren Auflagen benutzten kurzen und knappen Form der Darstellung hat diese Erweiterung des Inhalts notwendig auch eine Erweiterung des Umfanges zur Folge gehabt. Mit seinen 832 Seiten wächst das Werk jetzt bald über den Umfang eines Bandes hinaus, leider eine unvermeidliche Folge der fortdauernden Ausbildung der physikalischen Meßtechnik. Bauer.

Meyers Lexikon. 7. Aufl. i. vollst. neuer Bearb. Mit etwa 5000 Textabb. u. über 1000 Taf., Karten u. Textbeil. Bd. 8: Marut—Oncidium. Mit zahlr. Abb., Taf. u. 1658 S. in gr. 8°. Verlag Bibliographisches Institut, Leipzig 1928. Preis geb. 30 RM.

Meyers Lexikon hat es sich im vorliegenden 8. Band wieder besonders angelegen sein lassen, auch dem Laien klare Einblicke selbst in schwierige naturwissenschaftlich-technische Gebiete zu geben. Unter den Stichworten „Maschine", „Maße", „Metallbearbeitung", „Mühlen", „Münzwesen", „Normung" z. B. findet man auf alle möglichen diese Gebiete betreffenden Fragen eine knappe und doch verständliche Antwort. Das Streben nach größter Anschaulichkeit der Darstellung wird besonders auf technischem Gebiet durch die zahlreichen Tafeln und illustrierten Textbeilagen wertvoll unterstützt. Wenn man unter dem Stichwort „Mast" den elektrischen Leitungsmast vermißt und bei „NDI" die heute gebräuchliche Abkürzung DNA vergeblich sucht, so sind das unerhebliche Mängel; notwendig aber erscheint es, das Meterkilogramm nicht als eine Leistung, sondern als Arbeit zu definieren. Auch empfiehlt es sich, die Zeiteinheit nicht mit „sek", sondern gemäß AEF mit „s" abzukürzen. Wertvoll sind biographische Notizen, wie sie z. B. über Oskar v. Miller, Nernst, Newton gegeben werden. Der Band liefert wieder einmal den Beweis, daß der „Meyer" mit seinen zahlreichen technischen Beiträgen nach wie vor bis in die Bedürfnisse der Fachkreise hineinreicht. W. Kraska.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

A. G. Brown Boveri & Cie., Baden Schweiz)[1]. — Im Geschäftsjahr 1928/29 ist das Gewicht der von den Betrieben Baden und Münchenstein abgelieferten Erzeugnisse von 50 auf rd. 70 t/Arbeitstag gestiegen, welche Ziffer die allein 1373 t wiegende außergewöhnlich große Dampfturbinengruppe für die Zentrale Hellgate, New York, einschließt. Hierzu bemerkt der Vorstand, daß die erhebliche Verbesserung des Ausbringens mindestens hinsichtlich der Schnelligkeit der Lieferungen im Großmaschinenbau noch nicht als Grenze angesehen werden dürfe. Das hänge hauptsächlich damit zusammen, daß die Gesellschaft in ihren halbländlichen Verhältnissen in der Anwendung des Zwei- und Dreischichtenbetriebs stark eingeschränkt sei. Um so unverständlicher erscheine es, daß immer wieder Arbeiterorganisationen gegen die 52-Stunden-Woche — BBC haben von ihr während des Berichtsjahres für höchstens 50 % der Arbeiterschaft Gebrauch gemacht — Sturm liefen, diesen bescheidenen Ausgleich, der gegen die größere Freiheit und Beweglichkeit der ausländischen Konkurrenz in Verlängerung der normalen Arbeitszeit gegeben sei. Es liege doch auf der Hand, daß eine solche Einrichtung auch mehr den Interessen der Arbeiterschaft entspräche als eine übermäßige Erweiterung, die bei jedem Nachlassen der Beschäftigung zu Entlassungen führen müsse. Die Preise der Erzeugnisse seien immer noch ungenügend, besonders für die schweren Risiken des Großmaschinenbaues, der mit seinen rapid wachsenden Leistungen und Dimensionen enorme Kosten für Neueinrichtungen und wissenschaftliche Forschung verursache. Die mehrfach erwogene Trennung des Unternehmens in eine Fabrikations- und eine Finanzgesellschaft hat zur Umgestaltung der Elektrizitäts-Gesellschaft Alioth A. G. in eine reine Holdinggesellschaft unter der Firma Holding Brown, Boveri & Cie., A. G., Basel, geführt.

Die Produktion der Turbinenfabrik ist, wie erwartet, gestiegen, ihre Lieferungssumme hat sich gegen das Vorjahr um mehr als 50 % erhöht. Der größte Teil der Turbinen gehörte dem Mehrzylindertyp an, und unter den im Bericht besonders genannten Anlagen dieser Art von zusammen 340 000 kW steht die schon erwähnte Hellgate-Maschine mit 160 000 kW bei weitem an erster Stelle. Sie ist seit Januar 1929 in Betrieb und hat sich als zuverlässige Konstruktion erwiesen. Die Dampfturbinenabteilung war das ganze Jahr über sehr stark beschäftigt, u. a. mit einem Turbokompressor für eine Kälteanlage von 1,5 Mill cal, welchem Typ damit ein vielversprechendes Anwendungsgebiet eröffnet wird, das bisher vollständig dem Kolbenkompressor gehörte. Im Bau von Großmaschinen und Transformatoren hat die Tendenz zur Konzentrierung immer größerer Leistungen in einer Einheit angehalten, und in Auswirkung dieser Entwicklung erhielt die Gesellschaft den Auftrag auf einen Turbogenerator mit Antriebsturbine für 45 000 kVA und 3000 U/min, den der Vorstand als die heute wohl größte zweipolige Maschine dieser Art für die genannte Umdrehungszahl bezeichnet mit dem Zusatz, daß Maschinen solcher Drehzahl von erheblich größerer Leistung im Bereich der Möglichkeit lägen. Unter den Großgeneratoren für hydroelektrische Zentralen werden besonders die vier Drehstromerzeuger (je 32 500 kVA, 75 U/min, 550 t) für das im Bau befindliche Rheinkraftwerk Ryburg-Schwörstadt genannt. Auch einige bedienungslose Generatorenanlagen nach den beiden Systemen mit generator- und turbinenseitigem Anlauf sind bestellt worden. Auf Grund intensiver Studien ist es der Gesellschaft gelungen, durch eine neuartige Ausführung der Oberspannungswicklungen die Abmessungen von Großtransformatoren für hohe und höchste Spannung und damit deren Gewicht erheblich zu verringern. Besonderer Nachfrage erfreute sich die Transformatorenbauart mit phasenweise angebautem Stufenschalter und unter Öl liegenden Stufenkontakten. Die beiden größten bis jetzt innerhalb des Konzerns hergestellten Transformatoren von je 65 000 kVA hat der Tecnomasio Italiano Brown Boveri für das städtische Elektrizitätswerk Mailand zu liefern. Unter den normalen, den Bedürfnissen des Marktes angepaßten Erzeugnissen des bis zur äußersten Leistungsfähigkeit der Fabrik gesteigerten Apparatebaues begegnen die Schaltkasten mit Paketwärmeauslösern dem größten Interesse. Daneben wurden u. a. Stufenschalter mit elektroservomotorischem Antrieb für Transformatoren geschaffen. Sodann hat die Gesellschaft im Berichtsjahr die erste Ölschaltergruppe für 220 kV Nennspannung vollendet. Unter den Aufträgen für Gleichrichter wird der einer australischen Bahngesellschaft auf 13 Gruppen zu je 1500 kW und 1500 V hervorgehoben. Auch für die elektrochemische Industrie gewinnt der Gleichrichter zusehends an Bedeutung, und beachtlich ist ferner die Herstellung eines solchen Apparates (12 500 V) für Zwecke der drahtlosen Telegraphie. Trotz außerordentlich starker Nachfrage sind die Preise für Elektromotoren auf einem derart tiefen Niveau angelangt, daß nicht einmal eine aufs äußerste verfeinerte, nach neusten Erfahrungen moderner Massenerzeugung aufgebaute Fabrikation mehr vor wirklichen Verlusten zu schützen vermag. Diese läßt sich nur aufrecht erhalten, wenn sie von den vielen Wünschen nach Neuerungen und Spezialausführungen verschont bleibt, die auf diesem Gebiet geradezu saisonmäßig erscheinen, und von denen die wenigsten in der Richtung einer gesunden technisch-wirtschaftlichen Fortentwicklung liegen. Der in größerem Maß endlich auch in Europa Eingang findende elektrische Schiffsantrieb verspricht, ein wichtiges Arbeisfeld zu werden. Durch die Erwerbung der Ausführungsrechte auf Elektroöfen nach der in den V. S. Amerika verbreiteten Bauart der George J. Hagan Co., Pittsburg, hat die Berichterstatterin ihre Position auf diesem Gebiet wesentlich erweitert. Blankglühöfen werden mit Einsatztöpfen System Grünewald gebaut, womit die zur Vermeidung der Oberflächenoxydation notwendig gewesene lästige Verbindung des Glühofens mit einem Gaserzeuger vermieden worden ist. Trotz des Abschlusses der ersten Elektrisierungsperiode der Bundesbahnen haben BBC doch noch die elektrischen Ausrüstungen für 7 Schnellzuglokomotiven bestellt erhalten; außerdem waren sie für die SBB mit der Lieferung von Apparaten für Vorheizungsanlagen usw. beschäftigt. Schließlich weist der Bericht auf eine Reihe von Auslandsaufträgen und auf die intensive Arbeit der Forschungsabteilungen und Laboratorien hin, denen sich demnächst eine Hochleistungsprüfanlage für Ölschalter angliedern wird.

Aus den Mitteilungen über die Beteiligungen ergibt sich, daß die weitere Besserung der industriellen Verhältnisse in Frankreich die Geschäftslage der Compagnie Electro-Mécanique, Paris, günstig beeinflußt hat. Diese verteilte 9 % Dividende gegen 7 % i. V. Auf dem italienischen Markt hat sich der starke Preisdruck durch in- und ausländische Konkurrenz weiter verschärft und den Tecnomasio Italiano Brown Boveri, Mailand, der Mitte November 1928 sein 25jähriges Jubiläum begehen konnte, gezwungen, die Dividende von 10 auf 7 % herabzusetzen. Bei der Aktieselskabet Norsk Elektrisk & Brown Boveri, Oslo, ist das Berichtsjahr ohne Arbeitskonflikte verlaufen und erstmalig wieder eine Dividende von 4 % verteilt worden. Die „Micafil" A. G., Altstetten, hat wieder 8 % Dividende ausgeschüttet. Wesentliche Erhöhungen gegen das Vorjahr weisen Umsatz und Erträgnisse der Österreichischen Brown Boveri-Werke A. G., Wien, aus, so daß die Dividende von 12 auf 14 % gesteigert werden konnte. Unterstützt durch zweckmäßige Erweiterung der Hauptfabrik Zychlin, vermochten die Polnischen Elektrizitätswerke Brown Boveri A. G., Warschau, den Umsatz weiter zu steigern; wenn trotzdem keine Dividende gezahlt wurde, so ist dieses hauptsächlich der infolge der Geldknappheit hohen Zinsbelastung zuzuschreiben. Die American Brown Boveri Electric Corp., Camden, N. J., hat 1928 mit 612 216 $ ein um 560 422 $ höheres Nettoerträgnis als 1927 erzielt, die Schiffbauabteilung zu einer subsidiären Gesellschaft gemacht, die Moloney Electric Co. verkauft, dagegen die Einrichtung der Transformatorenabteilung einer anderen Firma übernommen und deren Herstellung in die Werkstätte von Camden verlegt. Außerdem wurden die Aktien der Scintilla Magneto Co. vorteilhaft abgestoßen. Von der Condit Electrical Manufacturing Corp. wird auch für 1929 ein gutes Resultat erwartet.

Der BBC-Fabrikationsgewinn betrug 11 178 008 Fr (10 782 714 i. V.) und die Einnahme aus Miete, Zinsen, Beteiligungen usw. 2 974 672 Fr (2 574 405 i. V.). Bei 5 308 606 Mill Fr Reingewinn (4 774 973 i. V.) sollen auf 39,2 Mill Fr Aktienkapital 9% Dividende gezahlt werden (8 % i.V.).

[1] Vgl. ETZ. 1928, S. 1316.

Berichtigung.

Herr Postrat Hahn bittet uns, darauf hinzuweisen, daß seine Arbeit „Drahtloses Gegensprechen" (ETZ 1929, S. 1019) nach einem von ihm am 22. I. d. J. im EV gehaltenen Vortrag abgefaßt ist.

Abschluß des Heftes: 17. August 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

. HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
…253–1284) 29. AUGUST 1929

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
50. Jahrgang — Berlin, 29. August 1929 — Heft 35

Die Stromversorgungsanlagen der Deutschen Reichspost*.

Von Dipl.-Ing. Stüber, Postdirektor im Reichspostzentralamt, Berlin.

Übersicht. Die Betriebserfordernisse der Verkehrsämter werden kurz geschildert. Die Sekundärstromquellen in Verbindung mit ihren Ladevorrichtungen, den üblichen ruhenden und umlaufenden Netzumformern, werden in ihrem Aufbau, ihrer Schaltung, mit besonderer Berücksichtigung der Pufferschaltung und in ihrer Betriebsweise für den Fernsprech- und Telegraphenbetrieb bei großen und kleinen Ämtern beschrieben. Im letzten Abschnitt werden die im Fernsprech-, Telegraphen- und Funkbetrieb für die verschiedenartigen Zwecke gebrauchten Spezialmaschinen behandelt.

Einleitung.

Die Forderungen, die an die Stromversorgungsanlagen der DRP für den Fernsprech-, Telegraphen- und Funkbetrieb gestellt werden, sind so verschiedenartig, daß diese in ihrer Ausführungsform, in ihrer Schaltung und in ihrer Betriebsweise von der normaler Stromversorgungsanlagen zum Teil wesentlich abweichen. Als gemeinsame Richtlinie für alle Anlagen gilt folgendes: Gleichmäßigkeit des Stromes und der Spannung ohne Rücksicht auf Belastungsschwankungen, möglichst hohe Wirtschaftlichkeit und dabei auch höchste Betriebssicherheit, die auch u. U. auf Kosten des Wirkungsgrades erkauft werden muß. In der Entwicklung der Stromversorgungsanlagen wird als augenblickliches Ziel, wie auch bei andern technischen Betriebszweigen der DRP, eine möglichst selbsttätige Betriebsweise unter möglichster Vereinfachung und Verkleinerung der Anlagen angestrebt, um weitestgehend die menschliche Arbeitskraft auszuschalten.

Primär- und Sekundärelemente.

Bei der heutigen fortschreitenden Elektrisierung werden naturgemäß die Stromversorgungsanlagen der DRP immer mehr nur noch Umformeranlagen, d. h. eine Primärerzeugung des elektrischen Stromes kommt beinahe nur noch bei Netzersatzanlagen in Frage, u. zw. an Stellen, wo es sich um besonders lebenswichtige Betriebe handelt. Primärelemente werden beinahe nur noch als Trockenelemente (Zink—Kohle) im OB-Fernsprechbetrieb für Mikrophonspeisung, Betätigung der Schlußzeichen, der Wecker und als Prüfbatterien verwendet. Im Telegraphenbetrieb werden Primärelemente, auch zum Teil noch nasse Elemente (Zink bzw. Blei—Kupfer) für Klopfer, Farbschreiber u. a. m. als Ortsbatterie und in Gruppenschaltung für Linienbatterien und dann auch meist nur als Ersatz gebraucht.

In weit ausgedehnterem Maße werden Sekundärelemente, u. zw. Bleisammler verwendet. Im Fernsprechbetrieb wird bekanntlich in bezug auf Höhe der Spannung der Zentralbatterie unterschieden zwischen Handämtern mit 24 V und Selbstanschlußämtern mit 60 V (57 ... 62 V). Bei Schnellverkehrsämtern werden z. T. noch beide Spannungen 24 und 60 V gebraucht. Die großen Ämter werden mit zwei Batterien ausgerüstet, die früher ausschließlich für reinen Lade- und Entladebetrieb, seit einigen Jahren jedoch mit einer besonderen Schaltung auch für Pufferbetrieb[1] eingerichtet sind. Die Größe der Batterien konnte bei dieser Betriebsweise wesentlich verringert werden, so daß jetzt zugrunde gelegt wird, daß beide Batterien zusammen nach rd. 10 Jahren zwei Drittel des Tagesbedarfs und die Höchststromstärke abgeben können, die dem auf 10 h reduzierten Tagesbedarf entspricht. Der Berechnung für die Größe der Batterie wird für das Gespräch bei Handämtern 25 mAh und bei Selbstanschluß- (SA-) Ämtern 35 mAh zugrunde gelegt, was auch ungefähr dem ermittelten Wert der ausländischen SA-Ämter entspricht. Für kleine SA-Ämter, sog. Landzentralen, mit höchstens 50 Teilnehmern, wird neuerdings nur noch eine Batterie mit 30 Ah aufgestellt. Die Batterien bestehen ausschließlich aus Zellen mit Großoberflächenplatten. Bei der Pufferung werden die Batterien in ungefähr 70 % Ladezustand gehalten. Im Telegraphenbetrieb werden die Spannungsstufen von ± 20, ± 40, ± 60 ... ± 200 V als Telegraphenlinienbatterien mit kleinen Sammlertypen aus 20 V-Gruppen gebildet, die sich auf jede beliebige Spannungsstufe ohne Unterbrechung schalten

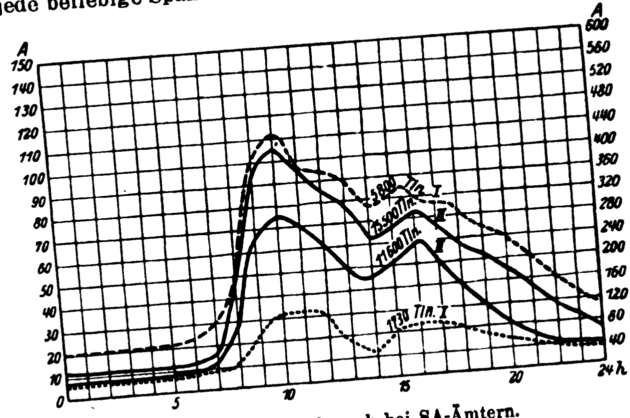


Abb. 1. Stromverbrauch bei SA-Ämtern.

lassen, um die Entladung der verschiedenen stark belasteten Gruppen auszugleichen. Außerdem werden im Ferndruckerbetrieb ausschließlich Sammler 2 × 12 oder 2 × 14 V mit Masseplatten für langsame Entladung verwendet, deren Größe sich aus dem Stromverbrauch von rd. 8 mAh/Telegramm bestimmt. Die Antriebsmotoren werden aus dem Netz oder auch teilweise aus einer vorhandenen Zentralbatterie angetrieben. Bei Nebenstellenanlagen mit ununterbrochener Ladung mit schwachen Strömen werden ebenfalls positive Großoberflächenplatten verwendet, die lange Zeit einer Dauerladung widerstehen. Masseplatten werden nur dort verwendet, wo es auf geringes Gewicht ankommt und nur schwache Ströme entnommen werden, also für tragbare Sammler, Sammler für Elektrokarren, Anoden- und Gitterbatterien.

Damit bei der Pufferung der Zentralbatterie (ZB) die Betriebsspannung nicht unzulässig hoch ansteigt, werden sog. Gegenzellen eingeschaltet. Die Spannung solcher Zellen ist normal 2,3 V, sinkt ab auf 1¾ und steigt im Maximum auf 3¼ V. Die Zelle besteht aus nicht formierten Großoberflächenplatten als Elektroden in verdünnter Schwefelsäure. Ihre Größe wird so bemessen, daß die Stromdichte nicht zu groß wird, da diese Zellen, während dem sie eingeschaltet sind, unter Dauerladung stehen; sie beträgt das 1- bis 1½fache der Betriebszellen. Die Zellen werden wegen der Dauergasentwicklung immer mit Öl abgedeckt. Ihre Einschaltung erfolgt über Einfachzellenschalter oder Hebelschalter[2] mit Vorkontakt und Über-

* Nach einem im Elektrotechnischen Verein (Fachsitzung für Elektro-Maschinenbau [EVM]) am 19. III. 1929 gehaltenen Vortrag.

[1] P. R. Loog, Pufferbetrieb, Tel.- und Fernspr.-Techn. Bd. 16, S. 153.

[2] P. R. Loog, Die Schaltung der Gegenzellen nach Siemens & Halske, Tel.- und Fernspr.-Techn. Bd. 16, S. 359.

gangswiderstände. Der Einbau von Gegenzellen hat sich in betrieblicher Hinsicht vorteilhafter erwiesen, als wenn normale Schaltzellen verwendet werden, auf deren Ladezustand besonders geachtet werden muß, und auf die es sehr ankommt, wenn das Netz versagt oder sonst eine Störung vorliegt. Auch die Bedienung und Wartung solcher Gegenzellen ist wesentlich einfacher.

Ladeeinrichtungen.

Die erforderliche Spannung wird normalerweise aus dem Starkstromnetz durch umlaufende oder ruhende Umformer unter gleichzeitiger Beachtung größter Betriebssicherheit erzeugt. Die Ladespannung der ZB bei Fernämtern und den an Zahl immer weniger werdenden Fernsprechhandämtern beträgt 24 ... 35 V. Beim Pufferbetrieb werden zwei Gegenzellen in die Entladeleitung eingeschaltet. Die Spannung der ZB der Ortsfernsprechämter mit selbsttätigem Betrieb beträgt 60 V und bei längerer Zuleitung zum Amt 62 V, die entsprechenden Ladeeinrichtungen müssen demnach von 60 ... 89 V regelbar sein. Im Pufferbetrieb werden dann einzeln schaltbar drei Gegenzellen in die Betriebsleitung eingeschleift. Die Spannung der Heizbatterien bei Verstärkerämtern beträgt 12 V und die Lademaschinen sind dafür regelbar bis 17 V.

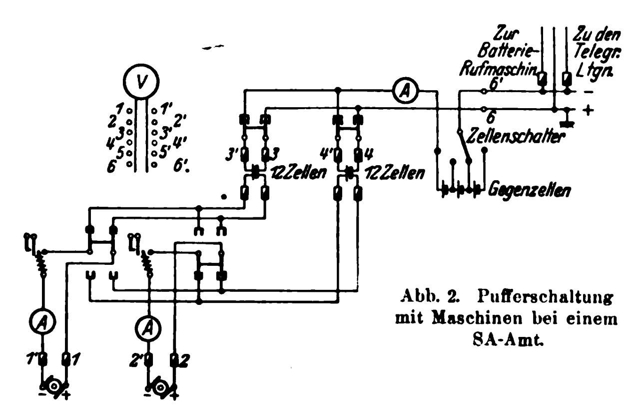


Abb. 2. Pufferschaltung mit Maschinen bei einem SA-Amt.

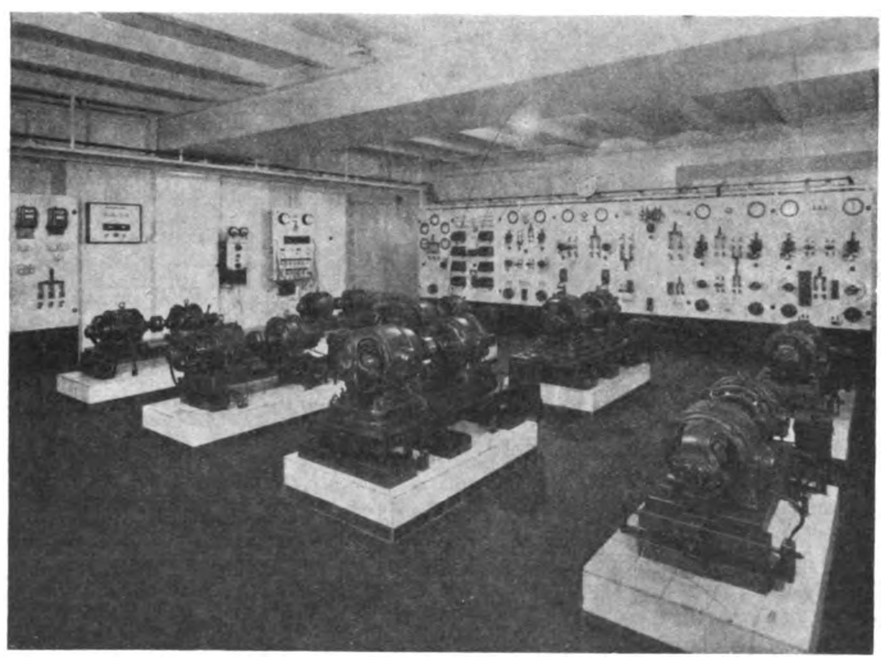


Abb. 3. Maschinenraum eines großen Amtes.

Werden zur Ladung Maschinen gewählt, so müssen die Generatoren für Pufferbetrieb praktisch oberschwingungsfrei ausgeführt sein, d. h. mit geschränkten Nuten, größerem Luftspalt, großer Nut- und vor allem großer Lamellenunterteilung am Kommutator und mit mehrere Lamellen überdeckenden Bürsten. Die Pufferschaltung (Abb. 2) besteht aus getrennten Lade- und Entladeleistungen, um eine Störwirkung durch den gemeinsamen Widerstand der Ladeleitung auf die Betriebsleitung auszuschalten. Als Generatoren werden Nebenschlußmaschinen mit Wendepolen und Selbsterregung aufgestellt, um sie auch bei Umstellung eines Netzes von Gleichstrom auf Drehstrom weiterverwenden zu können. Aus demselben Grunde sind die Drehzahlen den der Drehstrommotoren angepaßt. Sie werden zur Verringerung der akustischen Geräusche, weil die Ämter meist in dicht bewohnten Stadtteilen sich befinden, und zwecks höherer Lebensdauer mit möglichst niedrigen Drehzahlen gewählt. Bei der Aufstellung in höheren Stockwerken werden die Umformer stets auf Schwingungsdämpfer gesetzt. Immer werden mindestens zwei gleich große Maschinen aufgestellt, die so bemessen sind, daß sie bei Normallast im Pufferbetrieb ⅓ ... ⅔ belastet sind, und daß eine Maschine in 12 h oder beide Maschinen parallel in 6 ... 7 h eine Batterie aufzuladen imstande sind. Die Batterien müssen neben dem Pufferbetrieb auch auf reine Ladung geschaltet werden können, weil der Pufferbetrieb oft nicht gleich bei Inbetriebnahme aufgenommen zu werden braucht und bei der wöchentlichen oder vierzehntägigen Sicherheitsladung die eine Batterie unmittelbar auf Ladung geschaltet wird, während die andere auf Betrieb geschaltet ist. Als Antriebsmotoren werden normale Gleich- oder Drehstrommotoren mit Schleifring- oder Kurzschlußläufer verwendet. Die Motoren werden durch Nullstrom-Selbstschalter in bekannter Weise beim Ausbleiben der Netzspannung abgeschaltet, bei Drehstrom mit zweiphasigem Ausschalter, während in die Generatorleitungen Rückstrom-Selbstschalter eingebaut sind, damit bei Abschaltung der Motoren vom Netz nicht die Generatoren aus der Batterie angetrieben werden.

Bei Wechselstromnetzen werden fast nur noch ruhende Umformer für Ladezwecke aufgestellt. Große Ämter erhalten bei dreiphasigem Wechselstrom-Netzanschluß jetzt allgemein Quecksilberdampf-Glasgleichrichter in Dreiphasenschaltung für die Ladung und Pufferung der Batterien, weil diese mit geringer Bedienung, kleinem Raumbedarf, gutem Wirkungsgrad und neuerdings genügender Betriebssicherheit sehr wirtschaftlich arbeiten. Die Brennstundenzahl der Kolben wurde in den letzten Jahren auch wesentlich erhöht, so daß die Kolbenerneuerung nicht mehr so sehr wie früher ins Gewicht fällt. Im allgemeinen wird nur ein Gleichrichter aufgestellt und ein oder mehrere Ersatzkolben bereitgehalten, die natürlich zeitweilig eingeschaltet werden, um ihre Betriebsbereitschaft sicherzustellen. Sonst sind die Verhältnisse im Betrieb dieselben wie bei Maschinen. Der Gleichrichter wird mit seinem Transformator, den Drosseln und den sonstigen Apparatteilen hinter der Schalttafel eingebaut, auf deren Vorderseite die erforderlichen Schalter, Sicherungen und Meßinstrumente montiert sind. Im Hauptstromkreis mit getrennter Sekundärwicklung des Haupttransformators liegt eine Drossel zur Glättung des Gleichstromes, die bei reiner Ladung der Batterie kurzgeschlossen wird. Die Zündung[3] erfolgt neuerdings

A1 A2 K D Drosselspule Lamellensicherung Relais Widerstandslampen Hilfserregung 500 Volt Transformator Netzspannung

Abb. 4. Schaltung des Argonalgleichrichters.

[3] P. R. Loog. Neue Zündvorrichtungen für Quecksilberdampf-Gleichrichter, Tel.- und Fernspr.-Techn. Bd. 17, S. 199.



selbsttätig. Der Kolben wird dazu bei der Ausführung der AEG durch ein Kipprelais gekippt. Bei der Ausführung von SSW wird durch die Bewegung des Kerns eines Solenoids in einem röhrenförmigen Glasfortsatz durch eine Düse Quecksilber gegen die Hilfsanode gespritzt und dadurch die Zündung eingeleitet. Durch ein Strombegrenzungsrelais wird nach verfehlter Zündung der Vorgang nach kurzer Zeit von neuem eingeleitet. Die Pufferung mit Gleichstrom wird für Stromstärken bis 150 A bereits im Betrieb angewandt, die Inbetriebnahme größerer Einheiten für Pufferbetrieb ist in Vorbereitung. Zur Sicherheitsladung sind die Transformatoren der Gleichrichter regelfähig.

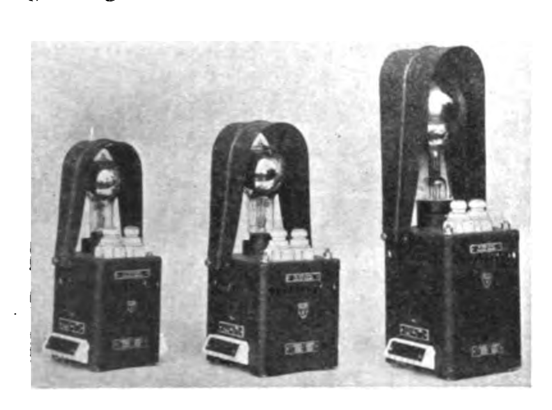


Abb. 5. Glühkathoden-Gleichrichter von Siemens & Halske.

Abb. 6. Gleichrichter-Ladeeinrichtung für kleine Landzentralen, C. Lorenz.

Bei kleinen Ämtern, wo kein besonders ausgebildetes Personal zur Verfügung steht, wird die Ladung der ZB selbsttätig durchgeführt, die Batterie bleibt dabei dauernd angeschaltet und wird nur gepuffert. Zum weit überwiegenden Teil haben die Netze solcher Ämter Wechselstrom, u. zw. nur mit zweiphasigem Anschluß. Bisher wurde für Ladezwecke vor allem der zweiphasige Argonalgleichrichter[4] verwendet, der mit Argongas niedrigen Druckes gefüllt ist, und dessen Kathode aus einer Legierung aus Natrium, Kalium und Quecksilber besteht. Die wesentlichen Vorteile dieses Gleichrichters sind die geringe untere Stromgrenze von 0,3 A (bei Quecksilberdampfgleichrichtern für 5 bis 10 A beträgt der Minimalstrom 3 A; für 20 ... 30 A: 5 A; für 40 ... 100 A: 8 A) und die Zündung (Abb. 4), die ebenfalls einfacher ist und nur in der selbsttätigen Anschaltung einer Hilfsspannung von 500 V aus einer dritten Wicklung des Transformators an eine Hilfsanode besteht. Von S & H werden für kleine Ämter neuerdings Zweiweg-Glühkathoden-Gleichrichter[5] mit Oxydkathode in selbsttätiger Schaltung für 3, 6 und 10 A (Abb. 5) verwendet, während C. Lorenz eine Schaltung mit zwei parallel geschalteten Glühkathoden-Gleichrichtern für zweimal 1,5 A und Differentialdrossel (Abb. 6) entwickelt hat. Die Einschaltung dieser Gleichrichter, die zum Puffern der Batterie während der Sprechzeit eines Teilnehmers eingerichtet sind, geschieht selbsttätig beim Abheben des Fernsprechers, und ebenso erfolgt ihre Abschaltung nach Beendigung des Gesprächs. Die Ladestromstärke wird dann so eingestellt, daß die jeweils täglich entnommenen Amperestunden während der Sprechzeit wieder der Batterie zugeführt werden. Eine Nachlademöglichkeit bei unrichtiger Einstellung oder bei Änderung der Betriebsverhältnisse ist dabei noch vorgesehen. Bei umlaufenden Umformern als Lademaschinen ist beim Ausbleiben der Netzspannung die Abschaltung des Generators von der Betriebsbatterie notwendig. Die drei Gegenzellen werden dabei zusammengeschaltet. Für die Ladung kleiner tragbarer Sammler für Nebenstellenanlagen ist noch der Glimmgleichrichter und der Pendelgleichrichter in Anwendung.

[4] Vgl. ETZ 1922, S. 921; 1924, S. 579.

[5] A. Gehrts, Glühkathoden-Gleichrichter von Siemens & Halske mit isolierter Molybdänkathode, Siemens-Z. Bd. 7, S. 559.

Sondermaschinen im Fernsprech-Telegraphen- und Funkbetrieb.

Zur Erzeugung des Rufstroms für den Fernsprechbetrieb und gleichzeitig zur Abgabe der Signale im SA-Betrieb wird eine Ruf- und Signalmaschine verwendet, die in verschiedenen Größen je nach der Größe des Amtes bzw. der Teilnehmerzahl des Amtes mit einer Leistung von 5 VA, 15 VA, 30 VA und 60 VA und für 25 Hz (Abb. 7) gebaut wird. Die Spannung der Rufmaschine beträgt bei Handämtern 55/65 V, bei SA-Ämtern 70/90 V. In größeren SA-Ämtern ist normalerweise ein Maschinensatz mit Starkstromnetzanschluß und mittels selbsttätiger Umschaltung, beim Ausbleiben der Netzspannung ein zweiter Satz mit ZB-Anschluß an 60 V vorhanden. Neuerdings werden beide Maschinen aus der ZB angetrieben. Die Umschaltung erfolgt durch einen Stillstandskontakt an der Netzmaschine bzw. an der ersten ZB-Maschine, und das Anlassen der zweiten Maschine geschieht über einen Anlaßkontakt unter gleichzeitiger optischer und akustischer Signalisierung. Bei kleineren Ämtern ist nur eine Batteriemaschine vorhanden anstatt der seither verwendeten Polwechsler, die aus einer Batterie über einen Übertrager 35 V Wechselspannung mit einer Leistung von rd. 3,5 VA liefern.

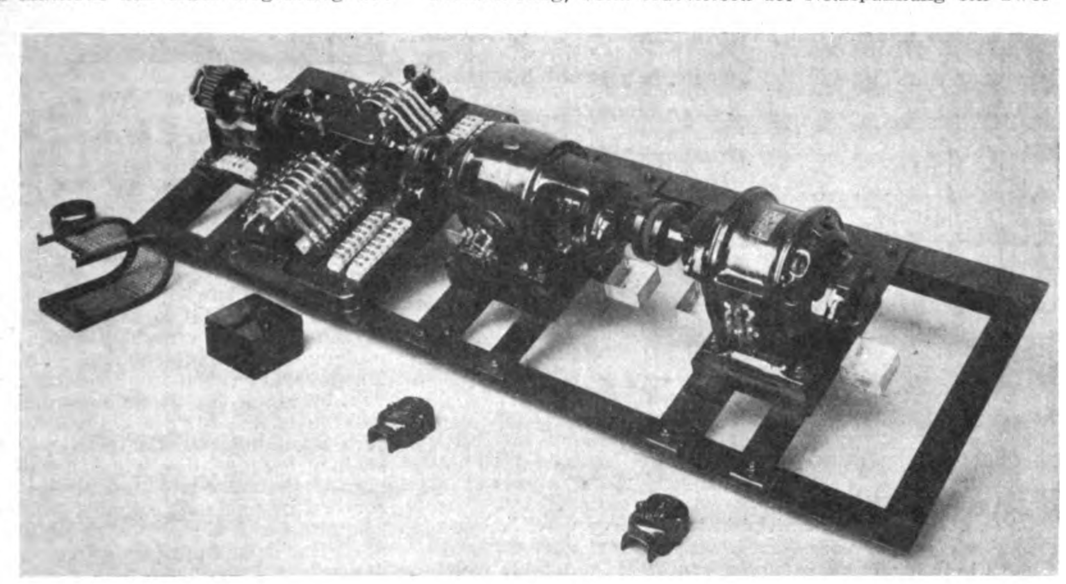
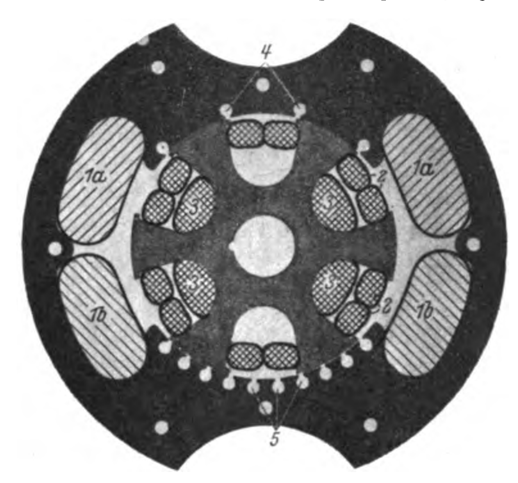


Abb. 7. Ruf- und Signalmaschine von Siemens & Halske.

Für die verschiedenen Signale, wie Amts-, Frei- und Besetztzeichen im SA-Betrieb, wird ein hoher und tiefer Summerton mit 150 bzw. 150 Hz benötigt, die bei der Ausführung von S & H (Abb. 7) mittels eines gezahnten Induktors in einer Magnetwicklung und bei der Ausführung der



Firma C. Lorenz (Abb. 8) mit einer kleinen Mittelfrequenzmaschine erzeugt werden. Die Kontaktgabe für die Signale selbst und die Verteilung des Rufstromes auf 10 Gruppen eines Amtes geschieht durch ein Getriebe, gekuppelt mit der Achse dieser Signalmaschine, mittels Nockenscheiben und Kontaktfedern. Als Rufstrom im Fernverkehr über Verstärker, für dessen Übertragung bisher besondere Relaisschaltungen angewandt wurden, wird neuerdings wegen des Betriebes der Unterlagerungstelegraphie auf



1a u. *1b* Gleichstromerregerwicklung *2* Gleichstromankerwicklung *3* Wechselstromwicklung 25 Hz (Rufstrom) *4* Wechselstrom 150 Hz (tiefer Summer) *5* Wechselstrom 450 Hz (hoher Summer)

Abb. 8. Blechschnitt der Ruf- und Signalmaschine (Einankerumformer von C. Lorenz).

den Fernsprechadern der Fernkabel modulierte Mittelfrequenz verwendet. Die Unterlagerungstelegraphie benötigt ein Frequenzband bis zu 59 Hz, und für ihre Begrenzung wird eine Drosselkette mit entsprechender Grenzfrequenz eingeschaltet. Eine Kondensatorleitung mit einer Grenzfrequenz von ungefähr 159 Hz begrenzt die Sprachfrequenz nach unten. Um nun den Ruf über diese Leitung zu bringen, werden die Spannungen zweier Mittelfrequenzerzeuger von 500 und 520 Hz in Reihe geschaltet, wodurch

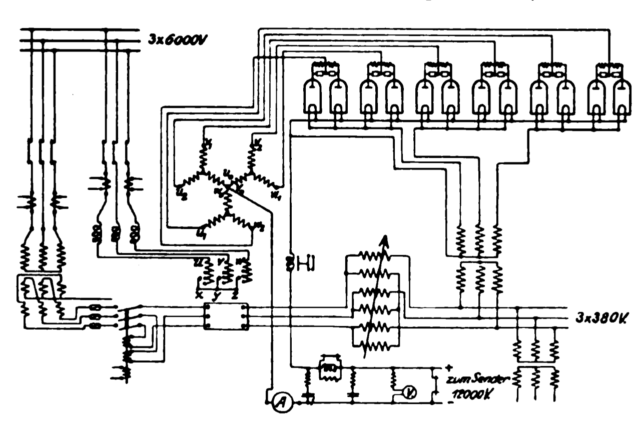


Abb. 9. Schaltung der Gleichrichteranlage Zeesen (Telefunken).

dann die Schwebungsfrequenz von 20 Hz entsteht, welche die Empfangsorgane betätigt. Für den inneren Dienstleitungsbetrieb über Verstärkerämter wird eine besondere 500 Hz-Maschine gebraucht.

In großen Telegraphenämtern, wo der Verbrauch der Telegraphierströme bzw. -leistungen es wirtschaftlich rechtfertigt, werden besondere Telegraphiermaschinen aufgestellt. Diese arbeiten ohne Batterie, so daß der Raumbedarf wesentlich verringert werden kann, die Wartung sehr vereinfacht und auch die Lebensdauer der Anlage erhöht werden. Es werden meist Sätze mit einem Motor und vier Doppelgeneratoren und erforderlichenfalls noch mit einer besonderen Erregermaschine verwendet. Die Spannungstufen sind wie üblich ± 20 V, ± 40 V, ± 60 V, ± 80 V, und wenn noch höhere Spannungen gebraucht werden, wird ein zweiter Maschinensatz mit höheren Spannungstufen aufgestellt. Die Normalspannung der Generatoren ist für halbe Last festgelegt, die Spannungschwankungen zwischen Leerlauf und Vollast dürfen nur wenige Prozent und ihre Welligkeit darf nicht über 2 % betragen, damit die Zeichen der Maschinentelegraphen einwandfrei übertragen werden. Bei der Wechselstromtelegraphie werden 6 bzw. neuerdings 10 Frequenzen verwendet, die zwischen $\omega = 2500$ und $10\,000$ mit einer Frequenzdifferenz von $\omega = 1500$, bzw. bei 10 Frequenzen zwischen $f = 420$ und 1500 Hz, also mit einer Frequenzdifferenz von 120 Hz, liegen und teils mit Röhren, teils mit Mittelfrequenzmaschinen erzeugt werden.

Die Heizung der Röhren bei Verstärkerämtern erfolgt aus einer 12 V-Batterie, die gepuffert werden kann; die Ersatzbatterie ist immer in Reihe zu 24 V für die Betätigung der Signale, für Mikrophonspeisung u. a. m. geschaltet. Zur Erzeugung der Anodenspannung sind allgemein in Verstärkerämtern (Kabelverstärker und Schnurverstärker in Fernsprechämtern) noch zwei Maschinen für 220/300 V mit einer Batterie von 115 Zellen vorhanden, die entweder im reinen Lade- oder Entladebetrieb innerhalb der Spannungsgrenzen von ± 5 % arbeitet. Neuerdings werden einheitlich drei Gruppen von je 57 Zellen aufgestellt, wovon immer zwei auf Betrieb geschaltet sind[6].

Für Kabelmeßzwecke sind in Haupt- und Endverstärkerämtern besondere Meßmaschinen in Gebrauch, in deren Gehäuse sich mehrere Blechpakete je mit besonde-

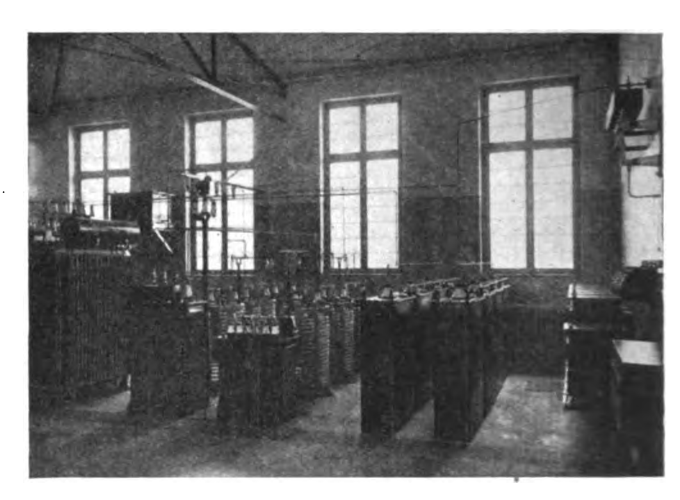


Abb. 10. Gleichrichteranlage Zeesen.

ren Wicklungen zur Erzeugung einer größeren Zahl von Meßfrequenzen befinden. Normalerweise werden 12 Frequenzen zwischen 300 und 2800 Hz erzeugt, die zur Durchmessung der Kabeladern auf Dämpfung, Übersprechen u. a. m. gebraucht werden.

Die Stromversorgungsanlagen im Funkbetrieb sind naturgemäß bei der schnellen Entwicklung dieses Zweigs im Nachrichtenverkehr in den letzten Jahren bei weitem noch nicht soweit normalisiert wie in der Fernsprech- und Telegraphentechnik auf Draht. Die Spannungen, die hauptsächlich bei Rundfunksendern als Anodenspannungen für Senderöhren heute gebraucht werden, betragen für große Leistungen mit wassergekühlten Röhren 12 kV, für die kleinen Sender 4,5 kV. Diese letztere Spannung wird mit Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen erzeugt, die wie normale Gleichstrommaschinen gebaut sind und mit eigenerregten Erregermaschinen gespeist werden, damit bei eintretendem Überschlag der Hochspannung auf die Erregerwicklung des Generators nicht auch Hochspannung ins Netz gelangen kann. Die Gehäuse dieser Hochspannungsmaschinen werden neuerdings geerdet. Ihre Spannung ist so auf verschiedene Kommutatoren unterteilt, daß auch bei Dauerbetrieb und starken Belastungschwankungen bei der Modulation vollständige Betriebsicherheit gewährleistet ist. Die Spannung von 12 kV für die großen wassergekühlten Röhren wurde bisher über Sechsphasengleichrichter aus Drehstrom (Abb. 9) umgeformt, u. zw. über Hochvakuum-Glühkathodengleichrichter mit einer Heizleistung von 35 V, 48 A mit 50 Hz-Wechselstrom. Der Wasserverbrauch beträgt ungefähr 2 ... 3 m³/h bei 20 ... 25° Übertemperatur; bei Überheizung erfolgt selbsttätige Abschaltung. In der Hochspannungs-Gleichstromleitung liegt noch eine Drosselkette, um die Welligkeit des Gleichstroms aus den Gleichrichtern zu glätten. Eine Regelung der Hochspannung ist durch Anzapfungen an der Primärseite des Transformators vorgesehen, wobei eine Stufe ungefähr einer Spannungsänderung

[6] J. Schilling, Die Anodenstromversorgung der Verstärkerämter. Tel.- und Fernspr.-Techn. Bd. 18, S. 172.



von 1000 V entspricht. Die Regelung der Heizung der Gleichrichterröhren und der Röhren der letzten Stufen des Senders erfolgt über einen untersetzten Transformator mit hochisolierter Sekundärwicklung durch einen Drehtransformator, der nur selten geändert wird. Neuerdings werden auch die Spannungen von 10/2 kV in Maschinen erzeugt, die mit besonderen Hochfrequenzschutzmitteln versehen sind. Sie stellen bis heute die betriebsicherste Gleichstrom-Hochspannungstromquelle dar. Die Welligkeit eines solchen Gleichstroms ist sehr gering und wird schon durch die konstruktive Durchbildung der Hochspannungsmaschinen weitgehendst unterdrückt. Denn einerseits darf die Lamellenspannung am Kommutator einen bestimmten Betrag nicht überschreiten, d. h. die Lamellierung muß im Verhältnis zu diesen hohen Spannungen sehr fein unterteilt werden, und anderseits werden durch die hohe Spannung die Abmessungen des Generators wesentlich größer als die der gleichen Leistung bei Niederspannung, wodurch auch ein größerer Luftspalt bedingt ist. Die Firma Hans Boas griff aus diesen Gründen auf die alte Konstruktion des Grammeschen Ringankers[7] zurück, bei welcher ein besonders großer Anker- und Kommutatordurchmesser und für die Ankerwicklung der Vorteil keiner zu hohen Spannungsdifferenz zwischen zwei benachbarten Drähten bedingt sind und auch die gefährlichen Wickelköpfe wegfallen. Gleichzeitig besteht noch der Vorteil leichter Auswechselbarkeit einzelner Spulen im Falle auftretender Fehler. Allerdings ist mit diesen Vorteilen bei dem wesentlich größeren Materialverbrauch gegenüber den Trommelankermaschinen ein höherer Preis verbunden. Bei einer Versuchsmaschine für das RPZ für 20 kV, die zeitweilig auf 30 kV mit geerdetem Gehäuse erregt wurde, zeigten sich schon erhebliche Schwierigkeiten bei der Konstruktion mit Trommelanker wegen der hierbei schon stark auftretenden statischen Felder, u. zw. einerseits wegen des geringen elektrischen Krümmungsradius des Hochspannung führenden Leiters und anderseits wegen des verschiedenartigen Dielektrikums zwischen dem Hochspannung führenden hochisolierten Ankerleiter und über dem Luftspalt hinweg nach den geerdeten Polschuhen der Feldmagnete am feststehenden Gehäuse.

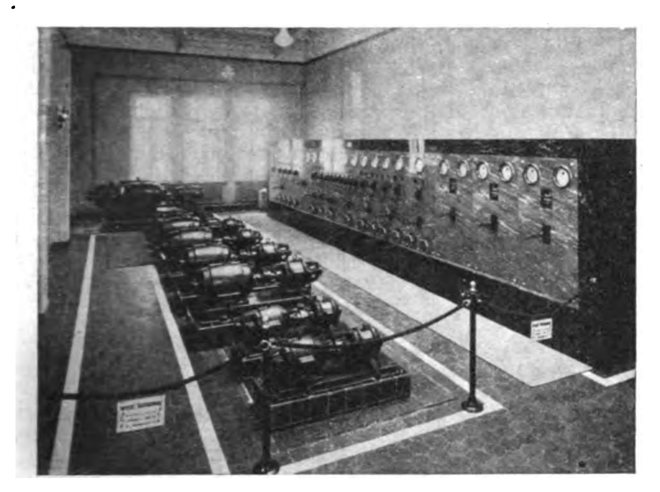


Abb. 11. **Maschinenanlage Langenberg.**

Versuche, die Heizung der großen Röhren unmittelbar mit Hochfrequenz aus 10 000 Hz durchzuführen, sind soweit vorgeschritten, daß diese Art der Heizung demnächst auch betriebsmäßig ausprobiert werden wird. Schwierigkeiten bestanden dabei in der Leitungsführung, da bei der geringen Spannung starke Ströme auf verhältnismäßig große Entfernungen geführt werden müssen.

Hochfrequenzmaschinen für Sendezwecke mit Vervielfachung der Frequenz der Maschine durch Frequenzwandler werden hauptsächlich nur für Sender mit langen Wellen angewendet, weil Trillererscheinungen einwandfreie Hochfrequenzerzeugung für kürzere Wellen beeinträchtigen. Durch konstruktive Maßnahmen konnten diese Fehler jedoch neuerdings auch behoben werden, z. B. bei dem Rundfunksender München.

Die Betriebsicherheit der Stromversorgung steht bei Fernsprechämtern mit wichtigem Verkehr und Verstärkerämtern an Hauptfernkabeln an erster Stelle. Deshalb werden dort nach Möglichkeit zwei verschiedenartige elektrische Anschlüsse geschaffen. Wo dieser Sicherheitsgrad nicht ausreicht oder nicht zu schaffen ist, wird eine Netzersatzmaschine, je nach den Bedingungen als leichter Benzin-Maschinensatz oder als stationäre Schweröl- oder Dieselmaschine, z. B. bei Großsendern, eingebaut. In dicht bewohnten Gegenden, in Großstädten oder Industriebezirken werden auch häufig besondere Ladewagen mit einem Benzinmotor als Antrieb und mit normalem Generator für die üblichen Spannungen von 24 oder 60 V bereitgehalten, die dann leicht von Ort zu Ort bewegt werden können. Hoffentlich sind solche Krisenzeiten endgültig vorüber, in denen auf derartige Ersatzmaschinen in größerem Umfange zurückgegriffen werden muß wie in den Jahren kurz nach dem Kriege.

Vergleichsweise sei noch darauf hingewiesen, daß die Entwicklung der Stromversorgungsanlagen für den Nachrichtenverkehr im Ausland, besonders in den V. S. Amerika[8], ebenfalls dahin geht, möglichst sparsam und wirtschaftlich für den Betrieb zu bauen, die Anlagen für kleinere Ämter möglichst nach einheitlichen Gesichtspunkten auszuführen sowie zur Ersparnis an Personal diese Anlagen auch weitgehend mit selbsttätigen Einrichtungen und dazu erforderlichen Überwachungsvorrichtungen zu versehen.

[7] Dipl. Ing. Pederzani, Gleichstrom-Hochspannungs-Generatoren. El. u. Maschinenb. Bd. 44, S. 625.

[8] P. R. Loog, Stromlieferungsanlagen für Fernsprechämter. Tel.- u. Fernspr.-Techn. Bd. 17, S. 81.

Stromteiler in Sechsphasen-Gleichrichteranlagen.

Von Dr. techn. **Heinrich Jungmichl,** Berlin.

Übersicht. Die Schaltung und die Belastungsverhältnisse der Stromteiler in Sechsphasen-Gleichrichteranlagen werden ausführlich besprochen. Es wird eine Schaltung angegeben, mit welcher das Parallelarbeiten mehrerer Anoden derselben Phase ohne besondere Drosseln erreicht wird. Der Einfluß der Regeltransformatoren auf den kritischen Belastungsstrom der Anlage wird kurz erläutert.

A. Einleitung.

Im folgenden sollen die Belastungsverhältnisse an den Stromteilern in Gleichrichteranlagen besprochen werden, die von Kleist erfunden hat[1] und die von den SSW vielfach angewendet wurden.

In früher erschienen Arbeiten[2] wurde ausführlich die Bedeutung der Stromteilung in sechs- und mehrphasigen Gleichrichteranlagen hervorgehoben und verschiedene brauchbare Schaltungen beschrieben und untersucht, welche eine Teilung des Gleichrichterstromes auf jeweils zwei Anoden bei Sechsphasenbetrieb zur Folge haben. Abb. 1 zeigt den Einfluß der Stromteilung auf die Anodenströme. Ohne Stromteilung führt jede Anode während einem Sechstel der Periode den vollen Gleichstrom, mit Stromteilung während zwei Sechstel den halben Gleichstrom. Die Folge ist eine Herabsetzung der Maximalwerte und Effektivwerte und eine wesentliche Entlastung des Transformators und Gleichrichters. Diese Halbierungschaltungen beruhen alle darauf, daß dem Gleichrichter nicht sinusförmige Spannungen zugeführt werden, sondern mehr trapezförmige, wie sie aus der Sinusform durch Einwirkung einer Hilfspannung der dreifachen Netzperiodenzahl entstehen (Abb. 2).

Von den bekannten Schaltungen mit Stromteilung sind bisher m. W. folgende vier Ausführungsformen praktisch angewendet worden:

1. der mehrphasige Manteltransformator in Stern-Sechsphasenstern-Schaltung[3],

[1] DRP. angem.

[2] H. Jungmichl, Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 6, S. 24; E. Gericke, Arch. El. Bd. 19, S. 449; W. Reichel, ETZ 1928, S. 903; H. Jungmichl, R. Eichacker, Siemens-Z. Bd. 8, S. 381.

[3] H. Jungmichl, R. Eichacker, s. Fußnote 2.



2. drei Einphasentransformatoren in Stern-Sechsphasen-Sternschaltung[4],
3. der Haupttransformator in beliebiger Schaltung mit getrennter Saugdrossel[5],
4. der Haupttransformator in beliebiger Schaltung mit getrennten Stromteilern.

Bei den beiden unter 1. und 2. angeführten Schaltungen wird die Hilfspannung im Haupttransformator selbst dadurch erzeugt, daß die dritte Oberwelle infolge der primären Sternschaltung in den Stromkurven abgedrosselt wird und daher in den Spannungskurven zur Geltung kommt. Bei Verwendung der Saugdrossel erzeugt man die Hilfspannung dadurch, daß man das Sechsphasensystem in zwei phasenverschobene Dreiphasensysteme auflöst und diese auf einem besonderen Eisenkern gegeneinander schaltet. Bei den Schaltungen mit Stromteilern werden die Hilfspannungen ebenfalls an besonderen Eisenkernen erzeugt. Um dies zu erreichen, werden alle Sekundärphasen des Transformators in je zwei parallel geschaltete Teilzweige aufgelöst, die auf besonderen Eisenkernen in kreisläufig-symmetrischer Reihenfolge so miteinander verkettet werden, daß jeweils zwei in der Phase beachbarte Teilzweige gegeneinander geschaltet sind.

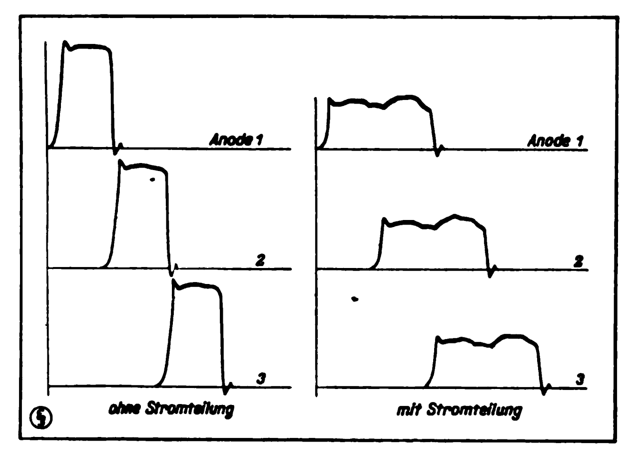


Abb. 1. Anodenströme.

In der Folge sollen diese letzteren Schaltungen in ihrer Wirkungsweise erklärt werden, wobei näher auf die Belastungsverhältnisse an den Stromteilern eingegangen wird. Auf die Wirkung der Stromteilung an sich auf die Belastungsverhältnisse am Gleichrichter und am Transformator soll unter Hinweis auf die angeführten Arbeiten nicht näher eingegangen werden.

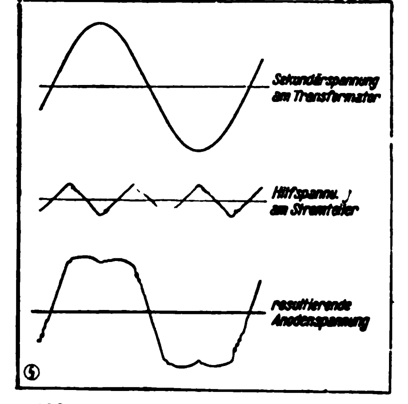


Abb. 2. Spannungen bei Stromteilung.

B. Schaltung mit sechs Stromteilern.

In erster Linie soll die Schaltung eines Sechsphasen-Gleichrichters mit sechs Stromteilern betrachtet werden, bei welcher die grundsätzliche Wirkungsweise am klarsten zutage tritt (Abb. 3). Die Stromteiler *A* sind in die Leitungen zwischen den Transformator *B* und den Gleichrichter *C* eingeschaltet. Die magnetischen Pfade *I* ... *VI* an den Stromteilern sind im Schema durch Kreise angedeutet. Die Anodenleitungen sind an den Stromteilern in zwei parallel geschaltete Zweige *a* und *b* aufgelöst. Diese sind kreisläufig-symmetrisch so angeordnet, daß z. B. die Teilwicklung *b* der Phase 1 und die Teilwicklung *a* der Phase 2 auf dem Eisenkern *I* gegeneinander geschaltet sind. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß der Strom jeweils auf zwei Anoden z. B. Anode 1 und 2 verteilt wird, ohne an den Stromteilern eine Drosselung zu erfahren. In den Eisenkernen muß hierbei ein Hilfsfluß der dreifachen Netzperiodenzahl erzeugt werden, der die phasenverschobenen Spannungen der gleichzeitig brennenden Anoden gegeneinander ausgleicht.

In erster Linie interessiert nun die Frage, wie sich die Anodenströme auf die Teilwicklungen an den Stromteilern verteilen. Wir wollen z. B. das Sechstel der Periode betrachten, in welchem Anode 1 und 2 gleichzeitig Strom führen. Man würde von vornherein annehmen, daß während diesem Teil der Periode die Teilwicklungen 1 b und 2 a, die sich in ihren Gleichstromamperewindungen am Stromteiler *I* direkt aufheben, den vollen Gleichrichterstrom führen, während die übrigen Teilwicklungen unbelastet sind. Diese Annahme trifft jedoch nicht zu, weil die Stromkreise 3, 4, 5 und 6 in den gesperrten Anodenleitungen Kurzschlußkreise vorstellen, welche auf Umwegen auch einen Ausgleich der Amperewindungen der Wicklungen 1 a gegen 2 b ermöglichen. Es werden also diese Wicklungen einen Teil der Anodenströme übernehmen. Dieser Teil ist jedoch nur klein gegenüber dem Anteil von 1 b und 2 a, da der indirekte Ausgleich über die Kurzschlußkreise naturgemäß größere Widerstände

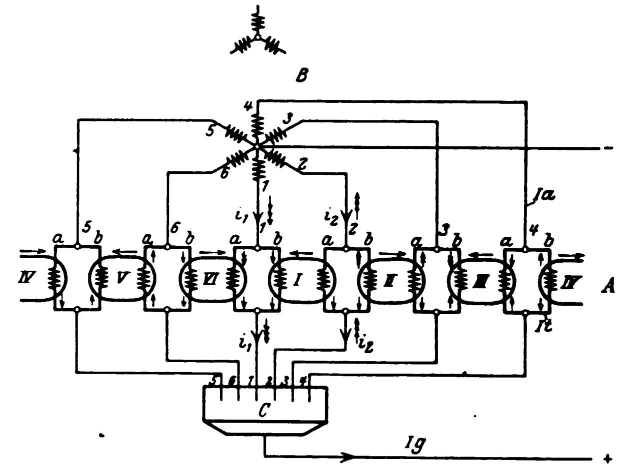


Abb. 3. Schaltung mit 6 Stromteilern.

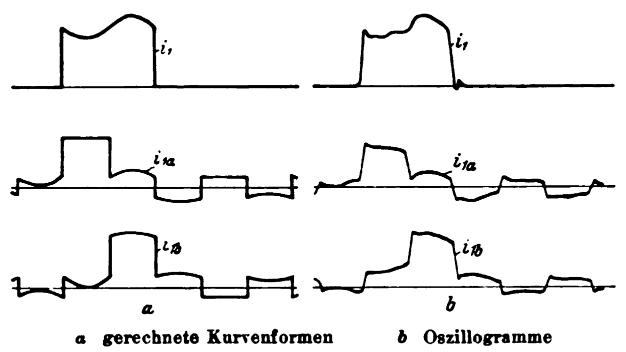
findet als der direkte. Die genauere Überlegung ergibt, daß das Verhältnis von i_{1b} zu i_{1a} im betrachteten Teil der Periode 5 : 1 ist, wenn von den Nebeneinflüssen abgesehen wird. Es ergibt sich also eine momentane Stromverteilung an den Teilwicklungen, wie sie in Abb. 3 durch die unteren Pfeile angedeutet ist.

Zur Erregung des Hilfsflusses muß an den Stromteilern ein Wechselstrom der dreifachen Netzperiodenzahl zur Verfügung stehen. Dieser Magnetisierungstrom wird hier wie bei allen übrigen Schaltungen mit Stromteilung aus der Differenz der gleichzeitig fließenden Anodenströme gedeckt. Die Sache liegt hier nur insofern etwas komplizierter, als immer sämtliche Stromteilerkerne gleichzeitig magnetisiert werden müssen. Bezeichnet man also den für einen Kern nötigen Magnetisierungstrom mit i_m, so muß die Differenz der gleichzeitig fließenden Anodenströme 6 i_m betragen. Es ist also dem konstanten Gleichstromanteil des Anodenstromes ein Wechselstrom mit dem Höchstwert $I_{w\,max} = 3\ I_{m\,max}$ überlagert. Die Magnetisierungströme der an der Stromführung nicht unmittelbar beteiligten Kerne werden durch die Kurzschlußkreise von den stromführenden Wicklungen her übertragen. Es ergibt sich z. B. eine Verteilung der Magnetisierungströme, wie sie in Abb. 3 durch die oberen Pfeile angedeutet ist. Der kritische Belastungstrom auf der Gleichstromseite ist gleich der Amplitude des übergelagerten Wechselstromes und ergibt sich nach dem früher Gesagten zum dreifachen Höchstwert des Leerlaufstromes für einen Stromteiler.

Unter Voraussetzung von konstantem Gleichstrom I_g und sinusförmigem Magnetisierungstrom i_m ergibt sich für den Anodenstrom i_1 und seine beiden Teilströme i_{1a} und i_{1b} ein Verlauf über die ganze Periode, wie er in Abb. 4 links dargestellt ist. Zum Vergleich wurden die Oszillogramme der Ströme rechts in Abb. 4 beigefügt, wie sie an einer Versuchsapparatur für 200 A im Dynamowerk der SSW aufgenommen wurden. Die Übereinstimmung mit den gerechneten Kurven ist ziemlich weit-

[4] Eine Glasgleichrichteranlage für 3 × 300 A bei 440 V wurde in dieser Schaltung von den SSW für das El.-W Neiße geliefert.
[5] Von BBC in Großgleichrichteranlagen vielfach ausgeführt.

gehend. Die gleichzeitig aufgenommene Spannungscharakteristik sowie die Oszillogramme der Spannungen am Transformator, an den Stromteilern und auf der Gleichstromseite zeigen nichts Anormales.



a gerechnete Kurvenformen *b* Oszillogramme

Abb. 4. Teilströme bei 6 Stromteilern.

Bei Vernachlässigung der Nebeneinflüsse ergibt sich für den Effektivwert des Sekundärstromes I_a am Transformator:

$$I_a = 0{,}289\, I_g$$

für den effektiven Teilstrom entsprechend der obigen Ableitung:

$$I_t = 0{,}186\, I_g = 0{,}643\, I_a.$$

Bei den Versuchen wurde etwas weniger gemessen. Die Spannung an den Stromteilerwicklungen ist ungefähr ein Viertel der Sekundärspannung am Transformator und hat die dreifache Periodenzahl derselben.

C. Schaltung mit drei Stromteilern.

Praktisch kommt die Schaltung mit sechs Stromteilern nicht zur Anwendung, da die sechs Eisenkerne hier magnetisch schlecht ausgenutzt sind und einen ziemlich hohen kritischen Belastungsstrom auf der Gleichstromseite bedingen. Günstigere Verhältnisse bekommt man, wenn man die zwölf Teilwicklungen, wie sie in Abb. 3 dargestellt sind, auf drei Eisenkerne zusammenlegt. Abb. 5

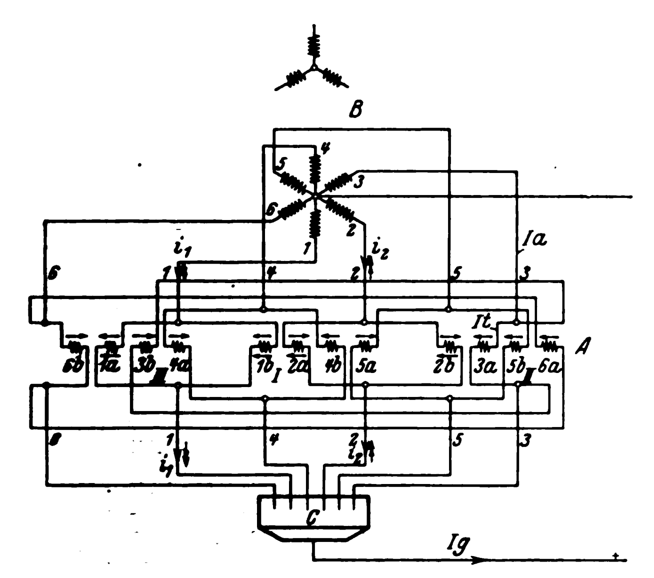


Abb. 5. Schaltung mit 3 Stromteilern.

zeigt das Schaltbild für diese Ausführung, wie sie auch von Kleist bei seinem ersten Versuch angegeben hat. Auf den Kern *I* sind wie früher die in der Phase benachbarten Anodenkreise 1 und 2, außerdem die in der Phase um 180° verschobenen Anodenkreise 4 und 5 angeordnet. Besonders zu beachten ist hierbei, daß jede Teiwicklung (z.B. 1b) entgegengesetzt magnetisieren muß, wie die in der Phase benachbarte (2a) und die in der Phase um 180° verschobene (4b). In dieser Schaltung bewirken die Stromteiler grundsätzlich dasselbe, wie in der Schaltung nach Abb. 3. Zu einer bestimmten Zeit führen z. B. auf Stromteiler *I* die beiden Teilwicklungen 1b und 2a Gleichrichterstrom, während die Anoden 4 und 5 gesperrt sind. Hierbei wirkt die positive Zacke der Hilfspannung direkt ausgleichend zwischen den Phasenspannungen 1 und 2. Nach einer halben Periode führen die Wicklungen 4b und 5a Strom, während die Anoden 1 und 2 gesperrt sind. Zu dieser Zeit ist die negative Zacke der Hilfspannung wirksam. Es werden also auf diese Weise beide Halbwellen des Hilfsflusses ausgenutzt, und man kommt mit der halben Anzahl Kerne aus. In Abb. 6 ist die kreisläufige magnetische Verkettung der Teilwicklungen, auf die es in erster Linie ankommt, im Schema dargestellt. Die kleinen Vierecke stellen die Stromkreise an den Stromteileren mit je zwei Teilwicklungen derselben Phase dar, die vorgeschriebenen magnetischen Kopplungen sind durch die Verbindungsstrecken angedeutet. Aus dem Schema ist ersichtlich, daß die Verkettung hier grundsätzlich dieselbe ist, wie nach Abb. 3 bei Verwendung von sechs Eisenkernen.

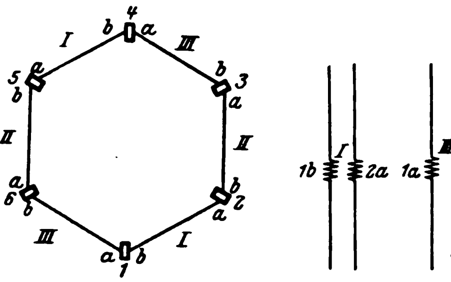
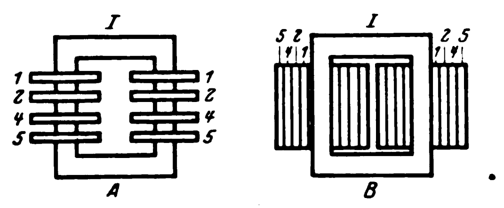


Abb. 6. Schema der magnetischen Verkettung (6 Anoden).

Abb. 8. Verkettung der Teilwicklungen, Kurzschlußkreise (6 Anoden).



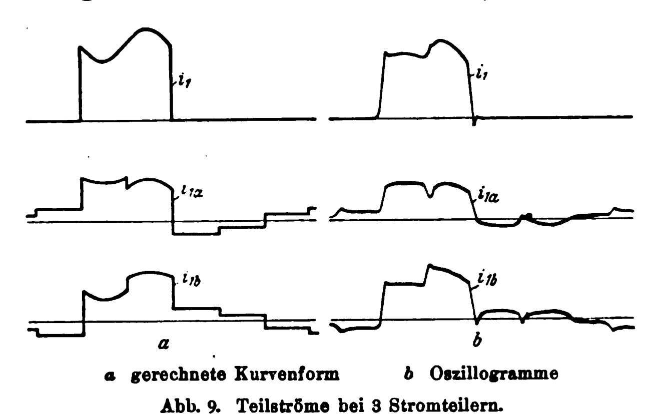
A gilt für Scheibenspulen *B* gilt für Röhrenspulen

Abb. 7. Anordnung der Teilwicklungen (6 Anoden).

Gegen früher ergeben sich Unterschiede für die Stromverteilung an den Stromteilern selbst. Wir wollen bei der folgenden Überlegung voraussetzen, daß die vier Teilwicklungen auf jedem Stromteiler untereinander gleichgut magnetisch verkettet sind. Bei praktischen Ausführungen der Stromteiler, bei denen man in der Regel Kerne mit zwei bewickelten Schenkeln benutzt, wird diese Bedingung annähernd erfüllt, wenn man jede der vier Teilwicklungen gleichmäßig auf beide Schenkel verteilt. Es ergeben sich dann Anordnungen, wie sie in Abb. 7 für den Kern *I* gezeigt sind, je nachdem ob Scheibenspulen oder Röhrenspulen verwendet werden. Auf die Ausführung, bei welcher jeweils nur zwei Teilwicklungen auf einem Schenkel angeordnet sind, soll später noch kurz eingegangen werden (Abb. 10).

Es soll nun vorerst unter Voraussetzung gleichguter Verkettung der Teilwicklungen untersucht werden, wie sich der Gleichrichterstrom auf die einzelnen Teilwicklungen verteilt. Von maßgebendem Einfluß hierfür sind die vorhandenen Kurzschlußkreise, die durch die Wicklungen der gesperrten Anodenleitungen gebildet werden. Wir wollen wieder den Teil der Periode betrachten, in welchem die Anoden 1 und 2 Strom führen. Die beiden Teilwicklungen 1b und 2a gleichen sich in ihren Amperewindungen direkt gegeneinander aus, die Teilwicklungen 1a und 2b indirekt über die Kurzschlußkreise. Eine klare Übersicht über die elektrischen Verkettungen gibt Abb. 8. Im Gegensatz zur Schaltung nach Abb. 3, wo alle Kurzschlußkreise in Reihe liegen, sind hier drei Kurzschlußkreise nebeneinander geschaltet, u. zw. die Kreise 6 und 3 mit je einer Schleife und die Kreise 4 und 5 mit zwei Schleifen in Reihe. Bezeichnet man den Widerstand einer Teilwicklung mit *r*, so ergibt eine elementare Überlegung, daß für den Strom i_{1a} ein Widerstand von $^7/_5\, r$ zur Wirkung kommt. Im betrachteten Teil der Periode müssen sich also die Teilströme i_{1a} und i_{1b} verhalten wie 5 zu 7. Der Strom i_{1a} wird in seinen Amperewindungen durch die Kurzschlußströme derart ausgeglichen, daß entsprechend den Widerständen die Kreise 6 und 3 je zwei Fünftel und

Kreis 4 und 5 ein Fünftel von i_{1a} führen (Abb. 8). Die momentane Stromverteilung an den Teilwicklungen ist in Abb. 5 durch die oberen Pfeile angedeutet. Die unteren Pfeile zeigen, wie der Magnetisierungstrom der drei Eisenkerne in der Hauptsache verläuft. Die Differenz der gleichzeitig fließenden Anodenströme muß den Magnetisierungstrom für alle drei Kerne decken, der kritische



a gerechnete Kurvenform b Oszillogramme

Abb. 9. Teilströme bei 3 Stromteilern.

Gleichstrom ist gleich dem 1⅓fachen Höchstwert des Leerlaufstromes eines Kernes für die dreifache Netzperiodenzahl.

Unter ähnlichen Voraussetzungen wie früher wurde in Abb. 9 der Verlauf eines Anodenstromes i_1 mit seinen beiden Teilströmen i_{1a} und i_{1b} in seiner theoretischen Form links und in Oszillogrammen rechts zusammengestellt.

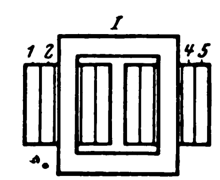


Abb. 10. Anordnung der Teilwicklungen bei unsymmetrischer Verkettung.

Nach der theoretischen Form ergibt sich für den Effektivwert des Teilstromes, für den die Wicklungen an den Stromteilern bemessen sein müssen, der Wert

$$I_t = 0{,}156\, I_g = 0{,}54\, I_a.$$

Der Effektivwert des Teilstromes ist also in dieser Schaltung bedeutend kleiner als früher, was auf die günstige Lage der Kurzschlußkreise zurückzuführen ist. Die be-

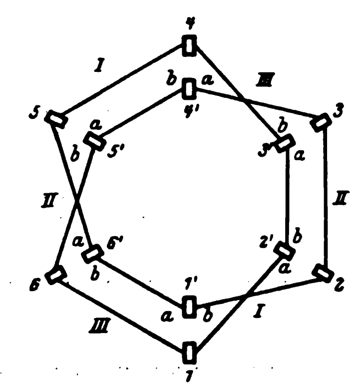


Abb. 12. Schema der magnetischen Verkettung (12 Anoden).

schriebene Ausführung entsprechend Abb. 5 wird von den SSW für Großgleichrichter und große Glasgleichrichter angewendet.

D. Schaltung mit 3 Stromteilern. Unsymmetrische Verkettung.

Eine konstruktive Vereinfachung der Stromteiler selbst kann man dadurch erreichen, daß man auf jedem der 2 bewickelten Schenkel nur 2 Teilwicklungen anbringt. Abb. 10 zeigt eine solche Ausführung für Röhrenspulen. Es sind dann z. B. die Wicklungen 1 und 2 auf einen Schenkel sehr gut miteinander verkettet und ebenso die Wicklungen 4 und 5 auf dem anderen. Dagegen tritt zwischen den beiden Schenkeln eine große Streuung auf, so daß z. B. die Wicklungen 1 oder 2 nur schlecht mit den Wicklungen 4 und 5 verkettet sind. Die stromverteilende Wirkung für die Gleichrichteranlage ist also hier genau so wie früher bei symmetrischer Verkettung. Dagegen wird die Stromverteilung an den Stromteilern selbst ungünstiger, weil die Kurzschlußkreise infolge der großen Streuungen der Wicklungen gegeneinander nicht mehr so gut ausgleichend wirken. Auf die Nachrechnung dieser Schaltung soll hier verzichtet werden. Gemessen wurde:

$$I_t = 0{,}171\, I_g \text{ bzw. } 0{,}585\, I_a.$$

Die erwähnte konstruktive Vereinfachung bedingt also etwas höhere Ströme an den Stromteilern.

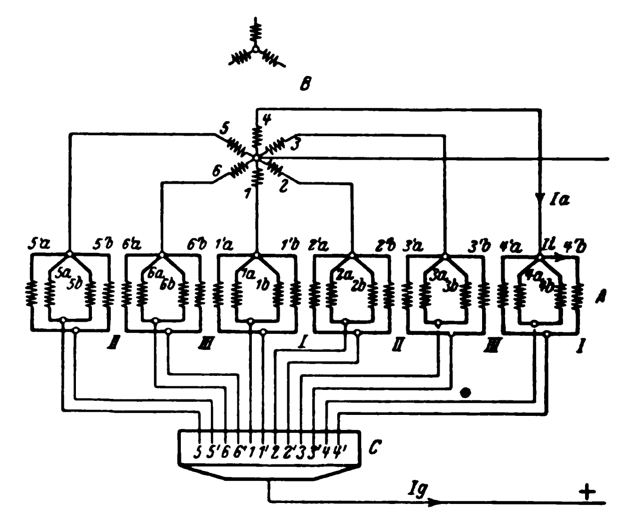


Abb. 11. Schaltung mit 3 Stromteilern für 12 Anoden.

E. Anordnung der Stromteiler im Nullpunkt.

Bisher wurden bei allen betrachteten Schaltungen die Stromteiler zwischen Transformator und Gleichrichter angeordnet. Man kann dieselben auch, ohne an ihrer Wirkungsweise etwas zu ändern, in den Verkettungspunkt des Transformators verlegen. Für praktische Ausführungen kommen beide Schaltungen in Betracht.

Die Anordnung der Stromteiler im Verkettungspunkt hat den Vorteil einer einfacheren Leitungsführung und geringerer Betriebspannung an den Stromteilern, dagegen den Nachteil, daß bei räumlicher Trennung der Stromteiler vom Haupttransformator alle 12 Enden der Phasenwicklungen am Transformator gesondert herausgeführt werden müssen. Dieser Nachteil wird vermieden, wenn die Stromteiler räumlich mit dem Transformator zusammengebaut und im selben Ölkessel angeordnet werden. Nach diesen Gesichtspunkten wurde von den ÖSSW in Wien der Transformator für eine Großgleichrichteranlage der Straßenbahn Sofia für 600 V, 835 A, über-

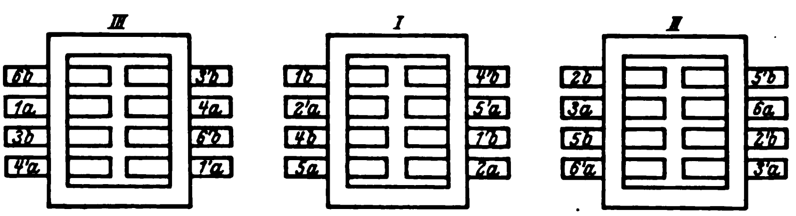


Abb. 13. Anordnung der Teilwicklungen (12 Anoden).

lastbar auf 1045 A, hergestellt. Die Anordnung hat den Vorteil, daß man keinen gesonderten Ölkessel für die Stromteiler braucht und in der Anlage eine übersichtliche und einfache Leitungsverlegung erreicht.

F. Parallelschaltung zweier und mehrerer Anoden durch die Stromteiler.

Die Großgleichrichter für große Stromstärken (2000 bis 6000 A) haben im allgemeinen 12 Anoden, von denen bei Sechsphasenbetrieb je zwei an derselben Phase liegen. Um die Parallelarbeit dieser gleichphasigen Anoden zu stabilisieren, gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten.



1. Die Sekundärwicklung des Haupttransformators wird in zwei getrennte Sechsphasen-Wicklungen unterteilt, die so mit der Primärwicklung verschachtelt werden, daß bei gleichmäßiger Belastung beider Wicklungen die Streufelder am Transformator am kleinsten werden[6]. Bei dieser Anordnung wird jedoch der Transformator, was die Anordnung der Wicklungen, die Leitungsführung und die Herausführung der Klemmen anbelangt, bedeutend komplizierter, als bei der normalen Ausführung mit nur einer Sekundärwicklung.

2. Bei normal ausgeführtem Transformator wird die Parallelarbeit der Anoden durch besondere kleine Drosselspulen in den Anodenkreisen bewirkt

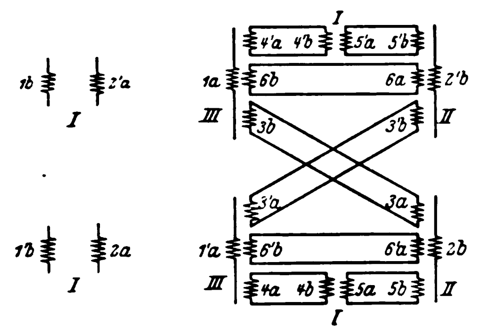
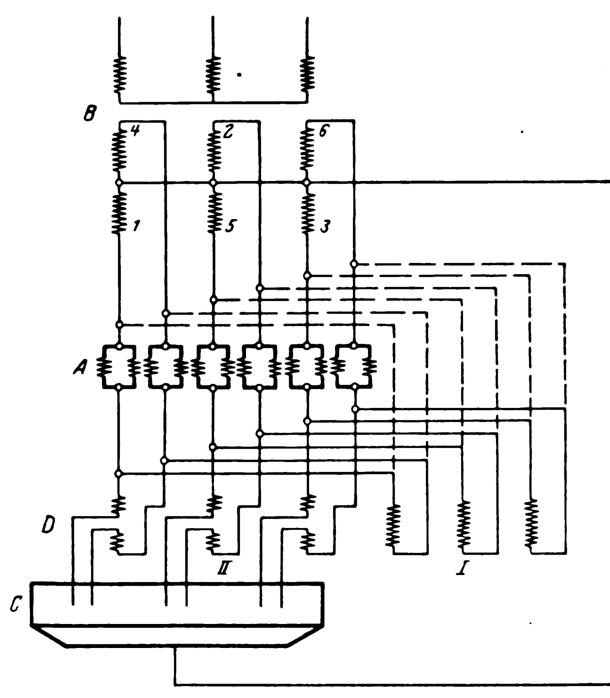


Abb. 14. Verkettung der Teilwicklungen, Kurzschlußkreise (12 Anoden).

In Gleichrichteranlagen, in welchen Stromteiler Verwendung finden, kann man diese mit zur Parallelschaltung der Lichtbogen heranziehen. Man kann dann die Anodendrosseln weglassen, ohne die einfache sechsphasige Ausführung des Haupttransformators aufgeben zu müssen. Die gleichmäßige Beteiligung aller 12 Anoden an der Stromlieferung wird hier durch entsprechende Unterteilung und Schaltung der Wicklungen an den Stromteilern erreicht. Diese müssen zu diesem Zwecke in den Anodenkreisen angeordnet sein.



A Stromteiler *C* Gleichrichter
B Transformator *D* Regeltransformator

Abb. 15. Schaltung mit Regeltransformator.

Um die Teilung der Sechsphasenleitungen in 12 Anodenleitungen zu erreichen, muß man die 12 Teilwicklungen an den Stromteilern, wie sie z. B. in Abb. 5 dargestellt sind, in je zwei parallele Kreise 1 a, 1'a, 1 b, 1'b usw. zerlegen (Abb. 11). Die magnetische Verkettung der Teilwicklungen untereinander macht man zweckmäßig so, daß alle 24 Teilwicklungen in einem geschlossenen Kreislauf miteinander verbunden werden. Durch diese Verkettung erreicht man völlige Symmetrie in elektrischer und magnetischer Beziehung, ohne daß eine der parallel arbeitenden Anoden oder Anodengruppen bevorzugt wird. In dieser Symmetrie, die sich durch andere Stromteilungsschaltungen nicht so einfach erreichen läßt, liegt ein großer Vorteil der beschriebenen Stromteiler. (DRP. angem.)

Abb. 12 und 13 zeigen die oben gekennzeichnete Anordnung der Teilwicklungen. In Abb. 12 ist dieselbe schematische Darstellung der magnetischen Verkettungen gewählt, wie in Abb. 6 für die Schaltung von 6 Anoden. Die Teilwicklungen, welche durch Strecken miteinander verbunden sind, müssen besonders gut verkoppelt sein. Auf den Eisenkernen sind diese Wicklungen, z. B. 1 b und 2'a, nebeneinander auf einem Schenkel angeordnet, die parallelen Kreise 1'b und 2 a nebeneinander mit großer Streuung gegen 1 b und 2'a auf dem anderen Schenkel (Abb. 13). Durch die im Kreis symmetrische Verkettung nach dem Schema erhält man auch für die Kurzschlußkreise vollständige Symmetrie. Die Lage derselben für den Fall, daß Phase 1 und 2 Strom führt, ist in Abb. 14 angedeutet. Die Teilwicklungen 1 b und 2'a sowie 1'b und 2 a sind direkt miteinander verkettet, die Teilwicklungen 1 a, 1'a und 2'b, 2 b durch die angegebenen 6 Kurzschlußkreise. Die Strom-

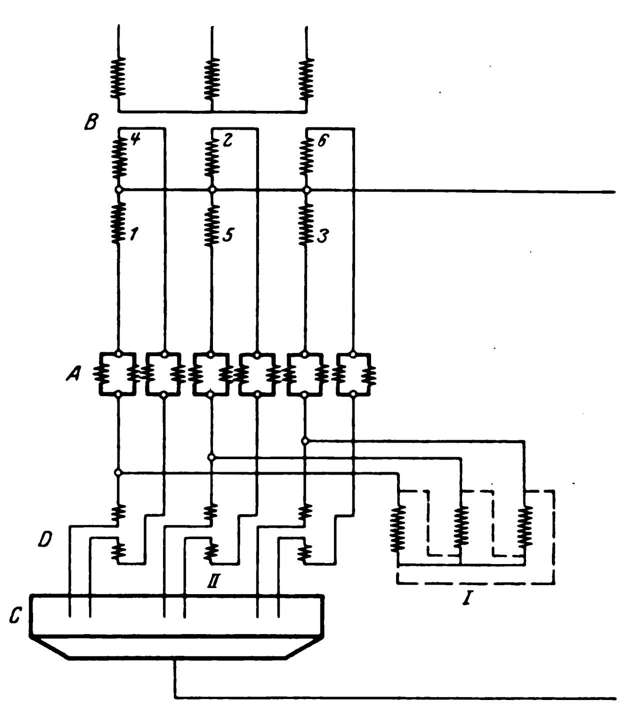


Abb. 16. Schaltung mit Regeltransformator.

verteilung in den Wicklungen ist grundsätzlich dieselbe, wie bei der unter *C* beschriebenen Schaltung, da die Wirkung der Kurzschlußkreise dieselbe ist, wie in Abb. 8 gezeigt. Bezeichnet man mit I_g den gesamten Gleichstrom, mit I_a den Sekundärstrom am Transformator, so gilt für den Teilstrom I_t:

$$I_t = 0{,}078\, I_g = 0{,}27\, I_a\,.$$

Wie aus Abb. 13 ersichtlich ist, erhalten die Stromteiler wie früher 4 Wicklungen pro Schenkel, sie werden also in der Herstellung nicht komplizierter wie früher bei 6 Anoden, wo man zu Unterteilungen der Wicklungen gezwungen war, um auf günstige Effektivwerte der Ströme zu kommen (Abb. 7). Etwas schwieriger wird lediglich die Leitungsführung und die Herausführung der Klemmen für den Fall, daß Ölkühlung vorgesehen ist. Bei Unterbringung aller 3 Kerne in einem gemeinsamen Ölgefäß fällt auch dieser Nachteil weg.

G. Einfluß der Regeltransformatoren auf den kritischen Strom.

In der Praxis kommt es mitunter vor, daß ein Zusatztransformator zur Regelung der Spannung zwischen Haupttransformator und Gleichrichter eingeschaltet wird. Für den Fall, daß in einer solchen Anlage Stromteilung vorhanden ist, muß auf die Schaltung des Zusatztransformators besonders geachtet werden, da dieser unter gewissen Umständen den Wert des kritischen Belastungsstromes wesentlich vergrößert.

---

[6] DRP. 219 197, 301 538.

Ein Beispiel einer solchen Schaltung gibt Abb. 15. Der Zusatztransformator *D*, der hier als Drehtransformator angenommen ist, liegt mit seinen Zusatzwicklungen *II* in den Anodenleitungen, seine Erregerwicklung *I* ist in offener Schaltung entsprechend den voll ausgezogenen Leitungen hinter den Stromteilern *A* angeschlossen.

Bedingung für das Eintreten der Stromteilung ist das Auftreten des Hilfsflusses der dreifachen Netzperiodenzahl in den Stromteilern *A*. Zur Erregung dieses Flusses muß ein Magnetisierungsstrom der dreifachen Frequenz, der sich aus der Differenz der gleichzeitig fließenden Anodenströme am Gleichrichter ergibt, zur Verfügung stehen. Dieser vom Gleichrichter herrührende Strom dreifacher Frequenz wird zum großen Teil von der Erregerwicklung *I* des Drehtransformators aufgenommen (Abb. 15), und nur ein kleiner Teil geht durch die Stromleiter *A*. Die Folge hiervon ist, daß die volle Magnetisierung der Stromteiler erst bei wesentlich höherem Gleichstrom eintritt. In praktischen Fällen wurde festgestellt, daß durch den Regeltransformator eine Vergrößerung des kritischen Stromes auf das 4 ... 5fache des normalen Wertes verursacht werden kann. Diesen meist unerwünschten Einfluß kann man vermeiden, wenn man, wie in Abb. 15 punktiert gezeichnet, den Zusatztransformator vor den Stromteilern anschließt. In diesem Falle muß auch der von der Wicklung *I* aufgenommene Strom dreifacher Frequenz die Stromteiler durchfließen, so daß derselbe für die Erregung des Hilfsflusses zur Wirkung kommt. Es wird also der Wert des kritischen Stromes durch den Regeltransformator nicht mehr beeinflußt.

Dasselbe erreicht man, wenn man die Wicklung *I* des Regeltransformators in Dreieck oder noch besser in Stern schaltet und nur an drei Phasen des Haupttransformators anschließt (Abb. 16). Dieselbe kann dann keinen Strom der dreifachen Netzfrequenz von außen her aufnehmen und beeinflußt die Wirkung der Stromteiler nicht mehr. Diese zuletzt beschriebene Schaltung muß in allen Fällen angewendet werden, in welchen der Hilfsfluß im Haupttransformator selbst (Manteltransformator oder drei Einphasentransformatoren in Stern/Sechsphasensternschaltung) oder im Nullpunkt desselben (Saugdrossel oder Stromteiler im Nullpunkt) erzeugt wird.

Über das Vermaschen von städtischen Drehstrom-Niederspannungsnetzen.

Von **P. Wittich**, Berlin.

Übersicht. Das vollständige Vermaschen ist durch die Gleichstromnetze, in denen es wegen seiner vorteilhaften Spannungsverhältnisse durchweg angewandt wird, bekannt geworden. Diese Netzgestaltung hat sich in Wechselstromnetzen dort eingebürgert, wo auf die Sicherheit der Energieversorgung großer Wert gelegt wird. Beide Stromarten weisen nun verschiedenes Verhalten hinsichtlich der Spannungs- und Kurzschlußverhältnisse auf. Es fragt sich daher, ob die vom Gleichstromnetz übernommene Kupplung der einzelnen Speisepunktsbezirke nicht in eine solche Form abgewandelt werden kann, die die guten Spannungsverhältnisse des vermaschten Systems und die günstigen Kurzschlußeigenschaften des offenen in sich vereinigt.

Vermaschte Netze kommen hauptsächlich in Städten vor; denn hier ist jeder Verlust an abzugebenden Kilowattstunden wegen des zusammengedrängten und daher verhältnismäßig großen Energieverbrauches finanziell zu spüren, weshalb er nach Möglichkeit vermieden werden soll. Vermaschen bedeutet sonach in erster Linie nichts anderes wie ein Reserveschaffen für den Verbraucher. Daß sehr oft gleichzeitig durch den Belastungsausgleich die Spannungsverhältnisse verbessert werden, spielt erst in zweiter Linie eine Rolle. Ein Zahlenbeispiel möge dies veranschaulichen. In einer größeren Stadt beträgt die spezifische Spitzenlast etwa 2 ... 10 W/m² bebauten Geländes[1]. Bei einer durchschnittlichen Spitzenbelastung von 4 W/m² und bei einem Einzugsgebiete von 125 000 m²/Speisepunkt, was einer Stationsentfernung von 500 m entspricht, ergibt sich ohne Vermaschung eine Einbuße von 500 kW Spitzenleistung, wenn aus irgendwelchen Gründen ein Speisepunkt versagt. Die Folge davon ist ein ziemlicher Einnahmeausfall, zumal es sich hierbei meistens um Lichtstrom handelt, der gut bezahlt wird.

In den folgenden Abschnitten werden nun systematisch die hauptsächlichen Vermaschungsweisen untersucht und miteinander verglichen. Als Vergleichsbasis werden bei den verschiedenen Fällen gleiche Belastung und gleicher Kupferquerschnitt gewählt. Beurteilt werden die einzelnen Netzarten erstens hinsichtlich ihres maximalen Spannungsverlustes bei Normalbetrieb und bei Ausfall eines Speisepunktes, wobei auch die auftretenden Kabel- und Transformatoren-Überlastungen zu beachten sind, und zweitens nach dem größten und kleinsten Stromwerte im Kurzschluß.

Von einem vermaschten Netz verlangt man, daß es günstige Spannungsverhältnisse aufweist und daß bei Kurzschlüssen nur der fehlerhafte Kabelteil durch Abschmelzen seiner Sicherungen von dem Netz losgelöst wird. Aus diesen beiden Forderungen rechtfertigt sich die getroffene Wahl der Vergleichsmaßstäbe. Denn der maximale Spannungsverlust gibt Auskunft über die Spannungsverhältnisse, und je größer der Unterschied zwischen Größt- und Kleinstwert des Kurzschlußstromes ist, um so leichter ist ein selektives Abtrennen des kranken Teiles möglich. Von diesen beiden Gesichtspunkten aus betrachtet, gilt ganz allgemein der Satz: Ein unvermaschtes Netz hat günstige Kurzschlußverhältnisse, weil nur eine Station jeweils in die Fehlerquelle speist, und ein vermaschtes Netz wird wegen der Ausgleichsfähigkeit gute Spannungsverhältnisse zeigen, da ihm Reserveeigenschaften innewohnen. Zum letzteren ist noch eine Eingrenzung vorzunehmen, insofern es dem Verbraucher nicht so sehr auf die Stromlieferung wie auf die zugehörige Spannung ankommt. Fällt nämlich ein Speisepunkt aus, so wird die Versorgung seines Bezirkes durch die umliegenden Stationen übernommen. Der Wert dieser Ersatzenergie für den Verbraucher ist davon abhängig, mit welcher Spannung sie geliefert wird. Um dies zu verstehen, betrachte man Abb. 1. Sie enthält die Stromaufnahme von Motoren und Glühlampen, den Motor-cos φ und die Glühlampenhelligkeit in Abhängigkeit von der zugeführten Spannung. Glühlampen z. B. ändern ihre Lichtstärke etwa mit der vierten Potenz der angelegten Spannung und sind so gegen Spannungsverluste sehr empfindlich. Daher werden Stadtnetze, wie allgemein bekannt ist, in erster Linie nach dem Spannungsabfall bemessen; gewöhnlich läßt man ± 3 % = 6 % Schwankung zu, so daß für die Kabel etwa 2,5 % verbleiben, wenn die Transformatoren-Kurzschlußspannung 4 % und der Leistungsfaktor 0,8 ist. Der Spannungsbewegung von ± 3 % entspricht eine Lichtänderung des letzten Abnehmers zwischen 90 % und 111 %, die aber zulässig ist, weil sie nicht plötzlich in Erscheinung tritt. Während bei den Lampen der Strom mit sinkender Spannung abnimmt, ist es bei Motoren gerade umgekehrt, sofern sie, was mei-

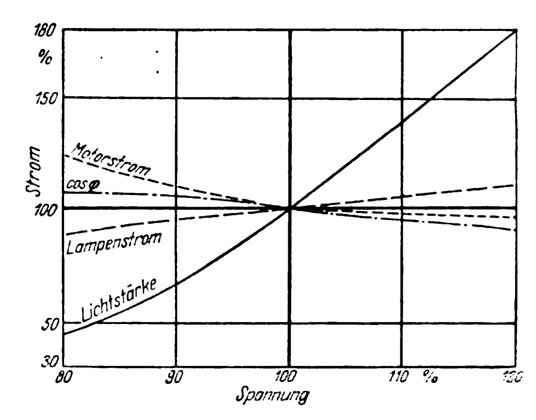


Abb. 1. Stromaufnahme verschiedener Verbraucher bei veränderlicher Netzspannung.

[1] O. Burger, ETZ 1929, S. 74.

stens der Fall sein wird, mit konstantem Drehmoment arbeiten.

In den gemachten Rechnungen ist eine gleichmäßige Lastverteilung gewählt worden, u. zw. derart homogen, daß innerhalb des betrachteten Spannungsbereiches die Stromsumme (eines Anschlusses) der Lampen und Motoren sich nicht wesentlich mit der aufgezwungenen Spannung ändert. Diese Annahme ermöglicht, den Spannungsabfall in einfacher Weise nach dem Momentensatz zu berechnen. Bekanntlich ist — gleichen durchgehenden Querschnitt vorausgesetzt — der Spannungsverlust

$$e = c \sum_{n=1}^{n=n_0} \frac{P}{n_0}\, a\, n = \frac{c\,P\,L}{2}.$$

Darin bedeutet P den Gesamtstrom aller n_0 Abnehmer, c eine Konstante[2], welche durch den kilometrischen Ohmschen (r) und induktiven (s) Leitungswiderstand und durch den Phasenwinkel φ des Laststromes bedingt ist, und es ist $c = r\cos\varphi + s\sin\varphi$; die anderen Bezeichnungen sind aus Abb. 2 zu entnehmen. Die gemachten Idealisierungen der Kontinuität und Homogenität, die in Städten gar oft zutreffen mögen, bedeuten bei der vorliegenden Untersuchung keine Einschränkungen, weil es auf die Gewinnung prinzipieller Erkenntnisse ankommt. Unter diesen Umständen wächst der Spannungsabfall vom Speisepunkt bis zum letzten Verbraucher, so wie es durch die Abb. 3 dargestellt wird. Die Kurve ist eine Parabel, deren Scheitel am Leitungsende liegt. Der rasche Anstieg gleich am Anfang bewirkt, daß der halbe Spannungsverlust schon gegen Ende des ersten Leitungsdrittels vorhanden ist. Darum ist auch sehr oft bei den städtischen Kabelnetzen der Kupferquerschnitt größer, als er es nach dem höchsten Leistungsstrom zu sein brauchte.

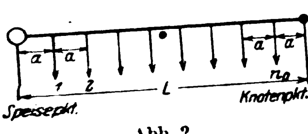


Abb. 2.

Abb. 3. Spannungsabfall vom Speisepunkt zu den Verbrauchern.

Stationen und Leitungen können auf mehrere Weisen zu einem Netze zusammengefaßt werden. Je nach der Anzahl der Speisepunkte, die einem Abnehmer unmittelbar den Strombezug ermöglichen, unterscheidet man ein-, zwei-, drei- und vierseitige Speisung. Abb. 4 zeigt die einfachste Art des Netzebildens. Jeder Verbraucher ist an eine einzige Station angeschlossen, daher die Bezeichnung einseitige Speisung. In Abb. 5 ist man einen bedeutsamen Schritt weitergegangen, indem man die Speisepunkte wenigstens in einer Richtung miteinander verbindet. So entsteht die zweiseitige Speisung; von links und von rechts steht elektrische Energie zur Verfügung. Wenn man sich damit nicht zufriedengeben will, schließt man abwechselnd eine weitere Station an die Knotenpunkte an, woraus sich die in Abb. 6 gezeichnete dreiseitige Speisung ergibt. Schließlich „verknotet" man in den Knotenpunkten alle vier ankommenden Leitungstränge miteinander; man bekommt so eine vierseitige Speisung nach Abb. 7.

Mit anderen Worten: das vollständig unvermaschte Netz der Abb. 4 wandelt sich über die Zwischenstufen Abb. 5 und 6 in das reine Maschennetz der Abb. 7 um. Die wesentlichen Eigenschaften dieser vier Netzarten gehen aus der Zahlentafel 1 hervor. Zunächst behandeln wir den maximalen Spannungsverlust im Normalbetriebe und bei Ausfall einer Station. Wie zu erwarten, liefert die vierseitige Speisung die günstigsten Werte. Als Einheit ist derjenige Spannungsverlust gewählt worden, der bei vierseitiger Speisung normalerweise auftritt. Beträgt dieser 3 %, und haben die Transformatoren, die leerlaufend gegenüber der Normalspannung eine um 3 % größere Klemmenspannung zeigen, eine Kurzschlußspannung von 4 %, und ist der Verbraucher-$\cos\varphi = 0,8$, so sind die ungefähren Spannungschwankungen zwischen Leerlauf und Vollast:

Zahlentafel 1.

	Schema	Spannungsverlust* (maximal)		Mehrbelastung		Dauer-Kurzschlußstrom			
						Größtwert		Kleinstwert	
		Normalbetrieb	Ausfall einer Station	Transformator	Kabel	Station	Knoten	Station	Knoten
I		1	∞	—	—	0,768	—	0,122	—
II		1	3,8	4×25%	100%	0,817	0,122	0,122	0,066
III		1,5	3,6	6×16,7%	57,1%	0,955	0,245	0,09	0,045
IV		1	2,5	4×16,5% 4× 8,5%	33,3%	1,000	0,122	0,047	0,047

* 1 ist im Beispiel gleich 3 %.

a) Im Normalbetriebe bei vierseitiger Speisung + 3 — 3 = 6 %, bei dreiseitiger + 3 — 4,5 = 7,5 %, bei zweiseitiger + 3 — 3 = 6 % und bei einseitiger Speisung 3 — 3 = 6 %. An Hand der Abb. 4, 5 und 7 überzeugt man sich leicht, daß die Systeme I, II, IV gleichartig wirken. Der um 1,5 % größere Voltverlust des Systems III tritt am Ende der in dem Knotenpunkt angreifenden Stichleitung auf, deren Last sich gleichmäßig (je ein Drittel) auf die drei Speisepunktleitungen verteilt.

b) Bei Ausfall einer Station für die vierseitige Speisung + 3 — 7,5 = 10,5 %, für die dreiseitige + 3 — 10,8 = 13,8 %, für die zweiseitige + 3 — 11,4 = 14,4 % und für die einseitige Speisung unendlich, weil bei ihr in dem von der Störung betroffenen Gebiete Energie nicht mehr abgegeben wird. Im Hinblick auf den Hauptgrund der Vermaschung, der in der Sicherheit der Energieversorgung zu suchen ist, darf man die Spannungsverhältnisse bei zwei-, drei- und vierseitiger Speisung als erträglich bezeichnen, zumal anzunehmen ist, daß während der Zeit der Spitzenbelastung die Verbraucher, die in dem Bezirk des ausgefallenen Speisepunktes liegen, nicht mehr Lampen als unbedingt nötig, d. h. weniger als sonst brennen, wodurch der oben angegebene maximale Spannungsverlust im Störungsbetriebe noch verkleinert wird. Dem Spannungsabfall nach eignen sich für die Vermaschung sowohl die zwei- als auch die vierseitige Speisung, weil sie im Normalbetriebe den kleinstmöglichen und im Störungsfalle erträglichen Voltverlust haben.

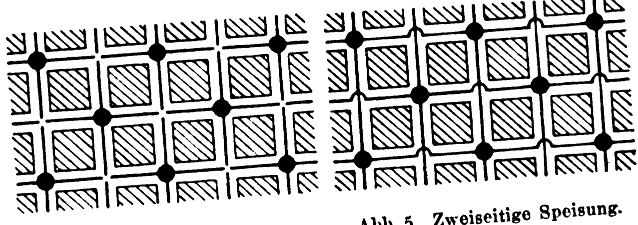


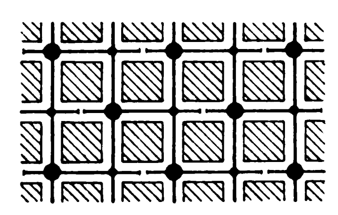
Abb. 4. Einseitige Speisung. Abb. 5. Zweiseitige Speisung.

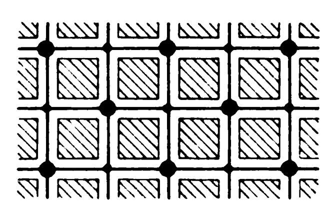
Die Transformatoren-Mehrbelastung spielt für die verbundenen Systeme (II, III, IV) keine entscheidende Rolle. Selbst die bei dem zweiseitigen Speisen vorkommende 25prozentige Überlastung, die wegen der anderen sich noch anreihenden Stationen in Wirklichkeit ein wenig geringer, etwa 22 ... 24 %, wird, ist unbedenklich, sofern die Transformatoren den R.E.T. genügen. Dagegen unterscheiden sich die zwei- und vierseitige Speisung sehr in der Kabelmehrbelastung; hier + 100 %, dort + 33,3 %. Allerdings tritt die 100prozentige Überlastung nur in dem ersten Leitungsabschnitt bis zum ersten Abnehmer auf; sie nimmt dann stetig bis zur Leitungsmitte ab und wird dort zu Null. Trotzdem dürfte die zweiseitige Speisung meistens an diesem Punkte scheitern. Nur wenn der Kabelquerschnitt in Rücksicht auf den Spannungsabfall gewählt ist und den doppelten Betriebstrom mal 0,9 (meistens befinden sich mehrere Kabel in demselben Graben) dauernd verträgt und die Spitzenlast nicht länger als 1,3 h anhält, darf ab und zu dem Kabel eine 100prozentige Mehrbelastung zugemutet werden, ohne daß es an seiner Brauchbarkeit verliert. Diese Voraussetzungen werden sicherlich in sehr wenigen Fällen gegeben sein, so daß die zweiseitige Speisung in Kabel-

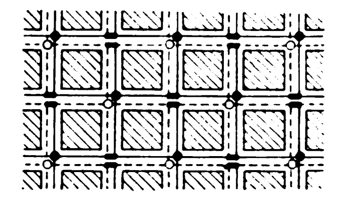
[2] O. Burger, ETZ 1914, S. 4.

netzen selten Verwendung finden wird. Günstiger steht es mit der Anwendbarkeit der vierseitigen Speisung. Hierfür ist zu fordern, daß die Belastungspitze nicht länger als 1 h dauert; dies wird meistens zutreffen, weil die Stadtbelastungskurven gewöhnlich eine ausgesprochene Spitze zeigen.

Wir legen nunmehr den anderen Maßstab an, bei dem die Kurzschlußströme entscheiden. Bekanntlich wird jede Leitung durch zwischengefügte Schmelzsicherungen, die entsprechend den durchfließenden Normalströmen gewählt sind, in Abschnitte zerlegt. Der über sie fließende Kurzschlußstrom hängt von dem Widerstand der Kurzschlußbahn, also von der Entfernung der Störungstelle ab. Offensichtlich wird um so eher der schadhafte Kabelteil allein vom Netze losgelöst, je mehr sich der kleinste und größte Kurzschlußstrom, welcher über die Sicherungen geht, voneinander unterscheiden, und je gröber ihre Nennstromstärken abgestuft sind. Weil die Stromstärke ein natürliches Maß für die — elektrisch in Ohm und nicht geometrisch in Kilometern zu messende — Entfernung des Kurzschlußortes vom Speisepunkt ist, kann die Fehlerquelle durch um so gröbere Maßeinheiten ausgemessen werden, je größer der Quotient aus Größt- und Kleinstwert ist. Dabei ist ein Unterschied zwischen den leitungsverbindenden Sicherungen in der Station und im Knotenpunkt zu machen.


Abb. 6. Dreiseitige Speisung.


Abb 7. Vierseitige Speisung.


Abb. 8. Getrennte vierseitige Speisung.

Beispiel. Um hierfür Zahlenwerte zu bekommen, ist ein Beispiel durchgerechnet worden, in welchem die mittlere Spitzenbelastung zu 4 W/m² bei $\cos\varphi = 0{,}8$ angenommen wird. Der gewählten Speisepunktsentfernung von 500 m entsprechen Stationen mit 640 kVA Leistungsfähigkeit; die Transformatoren weisen einen Ohmschen Spannungsabfall von 1,5 % und einen induktiven von 3,8 % auf, so daß ihre Kurzschlußspannung 4,08 % beträgt. Bei 2,5 % maximalem Spannungsverlust in der Leitung ist der erforderliche Kabelquerschnitt 95 bzw. 50 mm² Cu, wenn man jeder Straßenseite ein eigenes Kabel zuordnet. In durchgehenden Leitungszügen (von 3 × 95 mm² Cu an) sollte man nach Möglichkeit von dieser Aufteilung Gebrauch machen, weil zwei Teilkabel erheblich, nämlich + 33 %, mehr Strombelastung als ein einziges aushalten. Die unter diesen Annahmen errechneten Dauerkurzschlußströme sind in Zahlentafel 1 eingetragen, nachdem sie, ähnlich wie es zuvor mit den Spannungsverlusten geschah, auf den höchsten bei vierseitiger Speisung vorkommenden Wert bezogen wurden. Die Größtwerte gelten für Kurzschluß in unmittelbarer Nähe einer Station. Da der Hauptteil auf die dortigen Transformatoren entfällt und nur ein Bruchteil von den umliegenden Speisepunkten zuströmt, bewegen sich die einzelnen Größtwerte für die vier Systeme innerhalb enger Grenzen, nämlich 0,77 ... 1,0. Das Bereich der kleinsten Kurzschlußströme, welche bei Kurzschluß in der Stationsnähe von den benachbarten Stationen zufließen, ist etwas größer und schwankt zwischen 0,045 und 0,122. Bilden wir, worauf es ankommt, das Verhältnis Größtwert zu Kleinstwert, so erhalten wir für die Speisepunktsicherungen bei einseitiger Speisung 6,26 : 1, bei zweiseitiger 6,66 : 1, bei dreiseitiger 10,62 : 1 und bei vierseitiger 21,1 : 1, desgleichen für die Knotenpunktsicherungen bei zweiseitiger Speisung 1,86 : 1, bei dreiseitiger 5,46 : 1 und bei vierseitiger 2,58 : 1. Die Größt- und Kleinstwerte schwanken bei den Stationen innerhalb weiterer Grenzen als in den Knotenpunkten. Dies ist nicht gerade angenehm; denn immer soll die Knotenpunktsicherung des betroffenen Teiles zuerst durchbrennen, damit nur dieser strom- und spannungslos wird. Die durchweg benutzten Schmelzsicherungen sprechen auf die entwickelte Wärmemenge $J^2 R t$ an; bei gleichem Widerstande R (und gleichen wärmetechnischen Eigenschaften) und einem Verhältnis 1 : 2 der von links und rechts zufließenden Kurzschlußströme bildet der größere Strom viermal früher die nötige Schmelzwärme, wodurch die zunächst gelegene Stromquelle wie gewünscht zuerst abgetrennt wird.

Zwei Fälle sind zu unterscheiden: 1. Über die Speise- und Knotenpunktsicherung (ein und desselben Kabels) fließt der gleiche Strom. 2. Beide Sicherungen werden von verschiedenen Strömen durchflossen, d. h. der Fehlerort liegt zwischen beiden. — Man erkennt ohne weiteres, daß der Betrieb richtig weitergeführt wird, sobald die Knotensicherung vorher abschmilzt; denn die gesunden Leitungen bleiben mit der zugehörigen Stromquelle über ihre Stationssicherungen, die nunmehr normal beansprucht sind, nach wie vor verbunden. Daher müssen die Schmelzwärmen der beiden Sicherungsarten sehr (quadratisch) verschieden sein; die Verwendung gleicher Typen in Speise- und Knotenpunkten ist nicht angängig. Auch der Umstand, daß in Störungsfällen die Hauptsicherung längere Zeit die Kabelmehrlast zusätzlich zu führen hat, während die Nebensicherung höchstens vom Normalstrom durchflossen wird, spricht für eine Differenzierung. Sonach ergeben sich aus den Kabelmehrbelastungen die Mindestverhältnis der Schmelzwärmen 4 : 1 für die zweiseitige Speisung und 2,46 : 1 für die dreiseitige und 1,78 : 1 für die vierseitige, damit Stations- und Knotensicherung wenigstens gleichwertig sind; dabei bezieht sich der Wert 1 auf den Kabelnormalstrom. Diese Abstufung ist mit Rücksicht auf die Überströme in Störungsfällen gewählt.

Nun hat die Sicherung noch den Zweck, das Kabel gegen Übererwärmung zu schützen, wie sie durch längere Überlastung im Normalbetriebe vorkommt. Üblicherweise sind für ein Kabel 20 % Mehrlast während 120 min, 40 % während 30 min und 60 % während 15 min zugelassen. Bei den gewählten Abstufungen wäre nun eine dauernde Kabelüberlastung von 100 % bei zweiseitiger Speisung, von 57,1 % bei dreiseitiger und von 33,3 % bei vierseitiger möglich. Also ist der üblichen Schmelzsicherung noch ein Glied hinzuzufügen, welches die Stromzeitcharakteristik entsprechend der Kabelüberlastbarkeit besitzt; das ist das wichtige Ergebnis der Kurzschlußuntersuchung. Am leichtesten läßt sich dies wegen der verhältnismäßig geringen Kabelmehrbelastung bei der vierseitigen Speisung erreichen, weshalb die vierseitige Speisung den anderen auch hinsichtlich der Kurzschlußverhältnisse überlegen ist; außerdem fließen bei der vierseitigen Speisung über die Knotenpunktsicherung des schadhaften Teiles dreimal größere Ströme als über die der gesunden Leitungen, während bei der dreiseitigen das Stromverhältnis 2 : 1 ist.

Ziehen wir die Bilanz aus unserer Untersuchung, so ergibt sich als zweckmäßig: Entweder werden die Drehstrom-Niederspannungsnetze mit ihren Hauptleitungen vollständig vermascht oder überhaupt nicht. Bei vermaschten Netzen ist eine besonders geartete Schmelzsicherung in den Speisepunkten zu verwenden. Wenn es irgendwie möglich ist, bekommt jede Straßenseite ihr eigenes Kabel zugeordnet. Um die Kurzschlußströme zu verringern und die Sicherheit der Energieversorgung zu erhöhen, wird man eine Aufteilung des Netzes und der Transformatoren (Stationen), wie in Abb. 8 dargestellt, vornehmen. Zu den ausgezogenen Leitungen gehören die ausgefüllten Kreise, welche Transformatoren bedeuten, und zu den gestrichelten Leitungen die leeren Kreise. Beide Leitungssysteme sind in den durch Rechtecke angedeuteten Knotenpunkten miteinander gekuppelt. Fällt ein Speisepunkt des einen Systems aus, so wird dessen Belastung von beiden Systemen je zur Hälfte übernommen, u. zw. springen drei Stationen des unbeteiligten Systems und sechs des betroffenen ein.

Kurzschlußspannung und Spannungsabfall in Dreiwicklungs-Transformatoren, Stromverteilung in parallel geschalteten Wicklungszweigen.

Von Dipl.-Ing. **Leo Falk,** Berlin.

(Schluß von S. 1236.)

Man kann das Verhältnis der Ströme J_M und J_N auch
ohne Zuhilfenahme des Spannungsabfalles $E_0 - E_M$ bzw.
$E_0 - E_N$ aus der Bedingung ableiten, daß in dem durch
die Parallelschaltung gebildeten geschlossenen Stromweg
ABCDA (Abb. 15 a) die Summe aller EMKe gleich 0
sein muß. Der Stromweg kann, wie dies in ETZ 1928,
H. 33 geschehen, als Schleife mit *n* Windungen aufgefaßt
werden, wobei *M* den Hinweg, *N* den Rückweg jeder Win-
dung bildet. Die von Φ_{M_2} erzeugte EMK ist dann, wie man
nach dem an gleicher Stelle gezeigten Vorgang leicht
errechnet, $J_M K \varrho_{MN} U_M \frac{h_2}{6}$, die von Φ_{N_2} und Φ_{N_3} er-
zeugte EMK $= J_N K \varrho' \left(U_M \frac{h_2}{2} + U_{MN} b + U_N \frac{h_3}{3}\right)$; ferner
wirken in dem genannten Stromkreis noch die Ohmschen
Spannungsabfälle $-J_M r_M$ und $+J_N r_N$. Die Summe
dieser EMKe

$$J_M \left(-r_M \hat{+} K \varrho_{MN} U_M \frac{h_2}{6}\right) \hat{+} J_N \left[+r_N \hat{+} K \varrho' \left(U_M \frac{h_2}{2} + U_{MN} b + U_N \frac{h_3}{3}\right)\right]$$

muß gleich Null sein, woraus sich die Gleichung

$$\frac{J_N}{J_M} = \frac{r_M \hat{-} K \varrho_{MN} U_M \frac{h_2}{6}}{r_N \hat{+} K \varrho' \left(U_M \frac{h_2}{2} + U_{MN} b + U_N \frac{h_3}{3}\right)} \qquad (22b)$$

ergibt, die sich mit Gl. (22) in der Ausrechnung sehr
genau deckt und ihrer Einfachheit wegen vorgezogen wer-
den kann.

Das Verhältnis und die Phasenverschiebung der Ströme
J_M und J_N errechnet sich aus Gl. (22) zu

$$\frac{J_N}{J_M} = \frac{0{,}76 \hat{-} 0{,}225}{0{,}70 \hat{+} 1{,}76}.$$

In Abb. 23 b wird hieraus auf graphischem Weg $J_M = 0{,}89\, J_H$
und $J_N = 0{,}375\, J_H$ gefunden. Gleichzeitig ergeben sich die
Phasenverschiebungen von J_M und J_N gegen J_H.

Es wurde $AB = 0{,}76$, BC senkrecht dazu gleich 0,225
gemacht. AC wird zu 0,795 gemessen. AE wurde $= 0{,}70$,
$ED = 1{,}76$ senkrecht dazu genommen und die Hypotenuse
AD in die Richtung von AC gelegt. AB und AE sind die
Vektorrichtungen von J_M und J_N. Zieht man CF parallel
zu DE, so gibt $AF : AE$ das Verhältnis der absoluten
Werte von $J_N : J_M$. Mit $AG = AE$ zieht man das Par-
allelogramm $AFHG$, dessen Diagonale die Richtung von
$-J_H$ hat. Trägt man in dieser Richtung $AK = J_H = 1{,}0$
auf, macht KL parallel zu EA und KM parallel zu BA,
so mißt man $AL = J_M = 0{,}89\, J_H$ und $AM = J_N = 0{,}375\, J_H$.

Zur Aufzeichnung des Diagramms der Spannungsver-
schiebungen schreiben wir

$$E_0 - E_M = -J_H r_H \hat{+} J_M r_M \hat{+} J_M x_{HM} \hat{-} J_M x_{M(HN)} \hat{+} J_M x_{M(HN)} \hat{+} J_N x_{N(HM)},$$

was wegen $x_{M(HN)} = x_{N(HM)}$ und wegen $J_M \hat{+} J_N = -J_H$
auch wie folgt geschrieben werden kann:

$$E_0 - E_M = -J_H r_H \hat{-} J_H x_{M(HN)} \hat{+} J_M (r_M \hat{+} x_{HM} - x_{M(HN)});$$

ebenso wird

$$E_0 - E_N = -J_H r_H \hat{-} J_H x_{M(HN)} \hat{+} J_N (r_N \hat{+} x_{HN} - x_{M(HN)}),$$

wobei die dritten Summanden in bei-
den Ausdrücken gleich sind, wie
Gl. (20) sagt.

Wir zeichnen nun Abb. 23 c:

$$OP = -J_H r_H \cdot \frac{100}{E_0} = 0{,}425\,\% \text{ parallel zu } AK \text{ von Abb. 23 b},$$

$$PQ \text{ senkrecht dazu } = -J_H x_{M(HN)} \cdot \frac{100}{E_0}$$

$$= J_H K \varrho' \left(a\, U_{HM} + \frac{h_1}{3} U'_H + \frac{h_2}{2} U_M\right) \cdot \frac{100}{E_0} = 8{,}9\,\%,$$

$$QS \text{ parallel zu } AC \text{ von Abb. 34 b}$$

$$= QR \hat{+} QS = \frac{100}{E_0} \left[J_M r_M \hat{+} J_M (x_{HM} - x_{M(HN)})\right]$$

$$= 0{,}89\,(0{,}76 \hat{-} 0{,}225) = 0{,}89 \cdot 0{,}795 = 0{,}71\,\%$$

was übereinstimmt mit

$$QS = QT \hat{+} TS = \left[J_N r_N \hat{+} J_N (r_{HN} - x_{M(HN)})\right] \cdot \frac{100}{E_0}$$

$$= 0{,}375 \cdot (0{,}70 \hat{+} 1{,}76) = 0{,}375 \cdot 1{,}9 = 0{,}71\,\%.$$

Der Gesamtspannungsabfall $OP \hat{+} PQ \hat{+} QS = OS$ wird zu
9 % gemessen.

Bei Anwendung der Annäherungsformel nach Gl. (22a)
ergibt sich

$$J_M = 0{,}93\, J_H$$
$$J_N = 0{,}36\, J_H,$$

was praktisch genügend genau mit den nach Gl. (22) er-
rechneten Werten 0,89 J_H und 0,375 J_H übereinstimmt.

Abb. 23 a.

Abb. 23 b.

Abb. 23 c.

Man ersieht ohne weiteres,
daß Parallelschaltungen in Fäl-
len, die mit dem Fall a) oder
gar mit dem Fall b) Ähnlichkeit
haben, wertlos sind. Gegenüber
einer etwa gedachten gleichmäßi-
gen Stromverteilung in Wick-
lung *M* und *N* wird der Ohmver-
lust doppelt so groß, die Tem-
peratursteigerung der belasteten
Spule über das Öl viermal so
groß, wenn Fall a) und gleiche
Windungslängen vorliegen, im
Fall der Abb. 15 a, wo *N* kleinere
Windungslänge besitzt als *M*,
wird der Verlust noch verhältnismäßig größer, am
schlimmsten natürlich bei Anordnung nach Fall b).

c) Die Ohmschen Widerstände bzw. die durch sie her-
vorgerufenen Streufeldspannungen sollen gegenüber den
Streufeldspannungen nicht zu vernachlässigen sein.
Abb. 23 c zeigt ein Spannungsdiagramm für einen solchen
Fall, u. zw. für das durch Abb. 23 a gegebene B e i s p i e l.

Das Beispiel zeigt, daß die Anordnung nach Abb. 23a noch äußerst ungünstig ist, obwohl N ziemlich nahe an M herangerückt ist. Die Parallelschaltung von N zu M entlastet diese Wicklung nur um 11 % ihres Stromes bzw. 21 % ihrer Ohmverluste. Die Ohmschen Gesamtverluste sind 93 % derjenigen bei Anordnung der Wicklung M allein, was durch ungefähre Verdoppelung des sekundären Kupfergewichts erkauft wird. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, daß die Stromverdrängungsverluste in M durch die Hinzufügung der Wicklung N bei gleicher Gesamtstromstärke um etwa 6 % erhöht werden, so daß also unter Berücksichtigung dieses Umstandes überhaupt keine Verringerung der Verluste durch die Hinzufügung der Wicklung N erreicht wird.

gleichen Strömen, wie sie bei Serienschaltung vorliegen. Die Stromverdrängungsverluste sind bekanntlich in erster Annäherung dem Quadrat der besagten Liniendichte proportional.

Wie man aus dem Angeführten entnehmen kann, ist es nicht ratsam, die Gesamthöhe der einseitig zur primären angeordneten Sekundärwicklung über rd. 2 × 0,7 cm zu wählen, da sonst die zusätzlichen Verluste über die Ohmverluste bei Serienschaltung hinaus für die Sekundärwicklung über 25 % betragen oder, auf die Gesamtkupferverluste des Transformators bezogen, mehr als rd. 12 %.

Wesentlich günstiger gestaltet sich die Stromverteilung, sobald die parallel geschalteten Sekundärwicklungen zwischen zwei Primärwicklungen angeordnet sind.

Zahlentafel 1.

			I	II	III	IV	V	VI
1	l (Bezeichnung nach Abb. 15a bzw. 15b)	cm	30	30	30	30	8	8
2	h_1 (Bezeichnung nach Abb. 15a bzw. 15b)	cm	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3	a (Bezeichnung nach Abb. 15a bzw. 15b)	cm	2	2	2	2	2	2
4	h_2 (Bezeichnung nach Abb. 15a bzw. 15b)	cm	0,6	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8
5	b (Bezeichnung nach Abb. 15a bzw. 15b)	cm	0,15	0,15	0,15	0,6	0,15	0,6
6	h_3 (Bezeichnung nach Abb. 15a bzw. 15b)	cm	0,6	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8
7	Ohm-Verluste bei Serienschaltung von M und N		1	1	1	1	1	1
8	Vergrößerung durch Stromverdrängung**		1,04	1,11	1,30	1,11	1,11	1,11
9	M und N parallel geschaltet: J_M/J_H		0,58	0,66	0,78	0,79	0,65	0,76
10	M und N parallel geschaltet: J_N/J_H		0,48	0,47	0,43	0,40	0,47	0,43
11	M und N parallel geschaltet: Ohm-Verluste bei Parallelschaltg. von M und N*		1,13	1,13	1,59	1,56	1,29	1,51
12	M und N parallel geschaltet: Vergrößerung durch Stromverdrängung**		1,03	1,08	1,15	1,06	1,08	1,06
13	M und N parallel geschaltet: Gesamtverluste von M und N bei Parallelschaltg.		1,16	1,41	1,83	1,65	1,39	1,60
14	Parallelschaltungsverluste/Serienschaltungsverluste		1,12	1,27	1,41	1,49	1,25	1,45
15	Erhöhung der gesamten Transformator-Kupferverluste durch die Parallelschaltung gegenüber Serienschaltung***		1,06	1,14	1,21	1,25	1,13	1,23

* Durchmesser als gleich angenommen. — ** Spez. Widerstand bei 70° zu 0,0214 angenommen, ferner, daß blanker Leiter 0,9, Isolation 0,1 der Spulenlänge einnimmt — einlagige Spulen M und N. — *** Primärer Ohmverlust = sekundärer Ohmverlust bei Serienschaltung angenommen.

Die Durchrechnung einer Reihe von Beispielen (siehe Zahlentafel 1) zeigt, daß die Mehrverluste durch die Parallelschaltung einseitig zur Primärwicklung angeordneter einlagiger Sekundärwicklungen gegenüber den Verlusten bei Serienschaltung dieser Wicklungen ziemlich genau ebensogroß sind als die zusätzlichen Verluste durch Stromverdrängung bei einer einzigen, einlagigen, aber mit doppelt so dickem Draht gewickelten Sekundärwicklung wären. Dies gilt, wenn die beiden parallel geschalteten Spulen M und N ganz nahe aneinander gerückt werden, also bei einem Abstand der Kupferleiter von rd. 0,15 ... 0,20 cm, bei sehr langen Spulen und bei Vernachlässigung des Unterschiedes der Durchmesser der Spulen. Vergrößert man den Abstand von M und N, so werden die Verluste bei Parallelschaltung noch etwas größer.

Abb. 24.

Abb. 24 a.

Abb. 24 b.

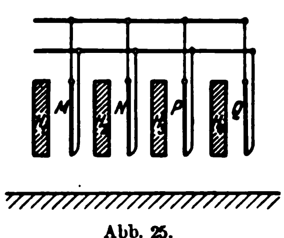


Abb. 25.

Bei kürzeren Spulen bzw. bei Rogowsky-Faktoren, die wesentlich kleiner als 1 sind, werden die Verhältnisse etwas günstiger. Ebenso werden die Verhältnisse um ein Weniges günstiger, wenn die Sekundärspulen innerhalb der Primärspulen liegen, so daß die von der Primärwicklung weiter ab liegende Sekundärspule den kleineren Durchmesser hat. Bei der Durchrechnung des Vergleichs dürfen natürlich die Stromverdrängungsverluste in den parallel geschalteten Spulen nicht außer acht gelassen werden, wenn sie auch — gerade bei ungünstigster Stromverteilung — wesentlich kleiner werden als bei Serienschaltung der gleichen Spulen, da die Kraftliniendichte des Flusses, welcher die der Primärwicklung näher liegende Sekundärspule durchsetzt, infolge der Phasenverschiebung von J_M und J_N kleiner ist als bei phasen-

Wenn die Wicklung nach Abb. 24 auch nur in seltenen Fällen zweckmäßig sein wird — z. B. wenn die relativ niedrige Oberspannung, etwa 3000 V, zu Röhrenspulen führt und wahlweise verdoppelt werden soll, besonders wenn dasselbe auch von der Unterspannung verlangt wird —, so mag der Fall doch schon seines theoretischen Interesses wegen untersucht werden.

Die beiden Oberspannungswicklungen seien in Serie geschaltet, jede derselben enthalte die gleiche Anzahl von Windungen. Die Abb. 24a gibt ein Diagramm der Streufeldinduktionen, welche von J_M und den zugehörigen ebensogroßen Primärstromteilen (gleiche primäre und sekundäre Gesamtwindungszahl vorausgesetzt) gebildet wird. Abb. 24b gibt ein analoges Diagramm des von J_N und den zugehörigen primären Gegenströmen gebildeten Streufeldes. Sieht man der Kürze wegen von der Verschiedenheit der Rogowsky-Faktoren ab — ein erheblicher Fehler entsteht dadurch nicht —, so sind die aus der Abbildung erkenntlichen Induktionen $B_1 = c\,J_M$ bzw. $B_2 = c\,J_N$.

In dem Stromkreis $ABCDA$ muß die Summe aller EMKe gleich 0 sein.

Das von J_M erzeugte Streufeld induziert in der Stromschleife die Spannung

$$K J_M\left(\frac{h_3}{3} U_M - \frac{h_3}{6} U_M + b\,U_b + \frac{h_4}{2} U_N\right),$$

das von J_N erzeugte Feld die Spannung

$$K J_N\left(-\frac{h_3}{2} U_M - b\,U_b - \frac{h_4}{3} U_N + \frac{h_4}{6} U_N\right).$$

Zu diesen EMKen treten die Ohmschen Spannungsabfälle

$$J_M r_M \mathrel{\hat{=}} J_N r_N.$$

Die Summe muß gleich Null sein, also

$$J_M r_M \mathrel{\hat{=}} J_N \cdot r_N \mathbin{\hat{\mp}} K J_M\left[\frac{h_3}{6} U_M + b\,U_b + \frac{h_4}{2} U_N\right] \mathbin{\hat{\mp}} K J_N\left[-\frac{h_3}{2} U_M - b\,U_b - \frac{h_4}{6} U_N\right] = 0,$$

oder

$$\frac{J_N}{J_M} = \frac{r_M \mathbin{\hat{\mp}} K\left(\frac{h_3}{6} U_M + b\,U_b + \frac{h_4}{2} U_N\right)}{r_N \mathbin{\hat{\mp}} K\left(\frac{h_4}{6} U_M + b\,U_b + \frac{h_3}{2} U_N\right)}, \tag{23}$$

wobei K wieder $8\pi^2 f \frac{n^2}{2} \cdot 10^{-9}$ zu setzen ist.

Für ein praktisches Beispiel sei

$U_M = 48\pi$, $U_b = 50\pi$, $U_N = 52\pi$, $h_3 = 0{,}8$, $b = 1{,}2$, $h_4 = 0{,}8$, $r_M = 0{,}76\,\%$ und $r_N = 0{,}825\,\%$,

der Hauptflux $\Phi = 12{,}3 \cdot 10^6$; dann errechnet sich aus der Gl. (23)

$$\frac{J_N}{J_M} = \frac{0{,}76 \mathbin{\widehat{+}} 2{,}85}{0{,}825 \mathbin{\widehat{+}} 2{,}86} = \text{in absolutem Wert } \frac{2{,}97}{2{,}98}.$$

Die Ströme sind also praktisch gesprochen genau gleich, ganz gleichgültig wie verschieden die Abstände a und c von den Primärwicklungen sein mögen, wenn sie nur keine allzu großen Verschiedenheiten der Rogowsky-Faktoren zu den Feldern zwischen H_1 und M einerseits und H_2 und N anderseits sowie zwischen H_1 und N einerseits und H_2 und M anderseits hervorrufen. Aber selbst bei ziemlich verschiedenen Rogowsky-Faktoren zu den genannten Wicklungsgruppen wird höchstens eine Abweichung von J_M und J_N bis zu etwa 10 % entstehen. Die Ohmschen Mehrverluste gegenüber Reihenschaltung von M und N betragen dabei $\frac{1}{2}[(1{,}05^2 + 0{,}95^2) - (1^2 + 1^2)] = \frac{1}{2}[2{,}005 - 2]$, d. h. nur ¼ %. Eine Parallelschaltung zweier Sekundärspulen zwischen zwei gleichen Primärspulen ist also stets vollkommen einwandfrei bezüglich der Stromverteilung und der durch dieselbe bedingten verhältnismäßigen Erwärmung der Spulen sowie bezüglich der Gesamtkupferverluste. Die Verschiedenheit der Durchmesser der Spulen ist belanglos.

Für Transformatoren, welche durch Serien- und Parallelschaltung die Möglichkeit bieten sollen, die Sekundärspannung in weiten Grenzen bei voller Ausnutzung der Leistung des Transformators zu wählen, wie dies in Prüffeldern in der Regel gewünscht wird, findet man häufig die Anordnung der Spulen nach Abb. 25, wobei aber anstatt 4 Spulengruppen häufig deren 6, 12, 18, 24 usw. vorgesehen sind. Bei Parallelschaltung aller Sekundärwicklungen und in Reihe geschalteten Primärwicklungen neigt man bei oberflächlicher Betrachtung leicht der Meinung zu, daß der Gesamtsekundärstrom sich gleichheitlich auf die vier Sekundärspulen verteilt. Man erkennt jedoch ohne weiteres, daß die Spule Q bezüglich der Primärwicklung anders gelegen ist, nämlich einseitig zur ganzen Primärwicklung, als alle anderen Sekundärwicklungen M, N, P, welche zwischen je zwei primären Teilwicklungen liegen. Es wäre aber trotzdem ein Irrtum, anzunehmen, daß die Ströme J_M, J_N und J_P gleich und nur der Strom J_Q kleiner als diese, etwa die Hälfte derselben wäre. Einen raschen ungefähren Überblick gewinnt man durch folgende Überlegung, bei welcher die Ohmschen Widerstände bzw Spannungsverschiebungen vernachlässigt werden, was bei einigermaßen großen Abständen der Spulen mit großer Annäherung richtige Resultate und auch bei enger Anordnung kein wesentlich falsches Bild der Stromverteilung ergibt.

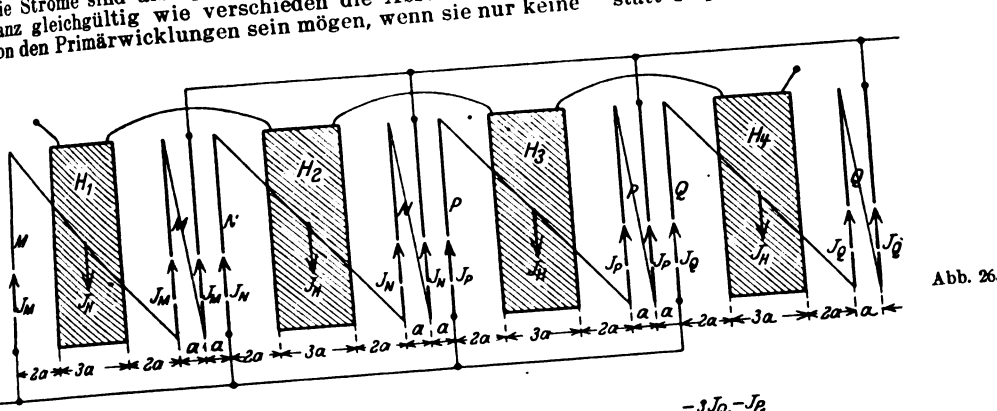


Abb. 26.

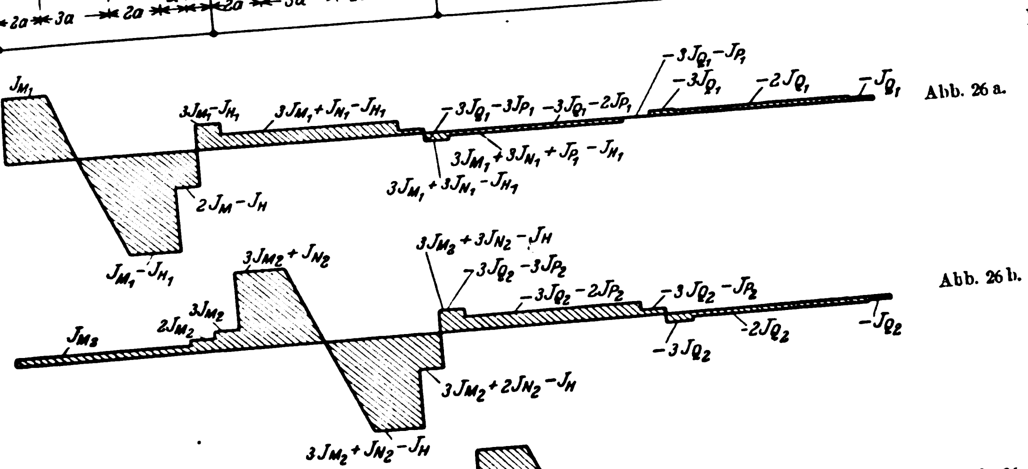


Abb. 26 a.

Abb. 26 b.

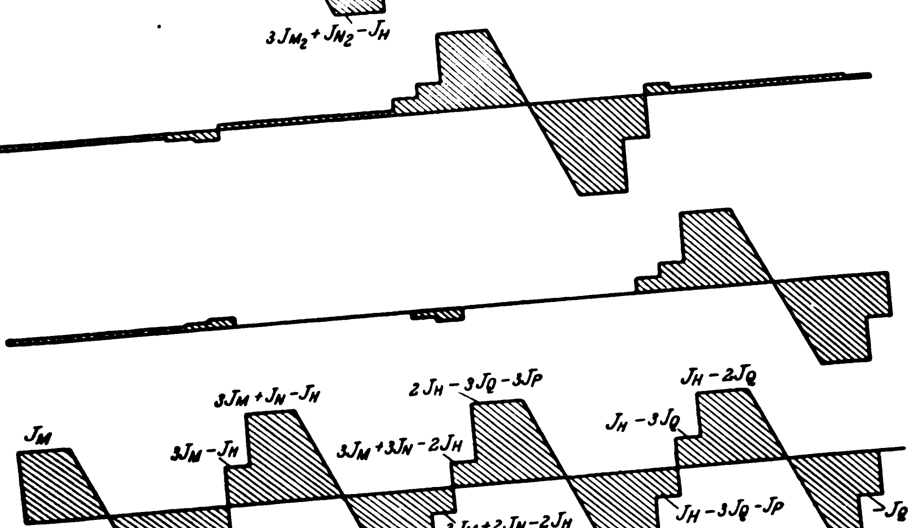


Abb. 26 c.

Abb. 26 d.

Abb. 26 e.

Fließt nur in der Primärwicklung H_1 der Strom 1, so erzeugt derselbe in M den Strom 1, in allen übrigen Sekundärwicklungen den Strom 0, wie oben in der Diskussion der Abb. 21 unter Fall a) gezeigt wurde. Läßt man nur in der Wicklung H_2 den Strom 1 fließen, so erzeugt dieser in M und N je den Strom 0,5, in den übrigen Wicklungen den Strom 0. Man gelangt dann bei Fortsetzung dieser Überlegung zu folgender Zahlentafel.

Zahlentafel 2.

	J_M	J_N	J_P	J_Q
H_1 . .	1	0	0	0
H_2 . .	0,5	0,5	0	0
H_3 . .	0	0,5	0,5	0
H_4 . .	0	0	0,5	0,5
	1,5	1,0	1,0	0.5

Wenn nun in H_1, H_2, H_3 und H_4, wie es bei Serienschaltung der Primärwicklungen der Fall ist, gleichzeitig ein Strom J_H fließt, so wird in den Sekundärwicklungen die Summe der von jeder Teilwicklung herrührenden Ströme erzeugt, also

$$J_M = 1{,}5\, J_H$$
$$J_N = J_H\,.$$
$$J_P = J_H$$
$$J_Q = 0{,}5\, J_H\,.$$

Man erkennt ohne weiteres aus der Tafel, daß auch bei einer größeren Anzahl (6, 8, 10 usw.) von Sekundärwicklungen für die mittleren Spulen der Strom gleich J_H, für die äußersten jedoch 1,5 J_H bzw. 0,5 J_H wird. Die zusätzlichen Ohmverluste sowie die Beurteilung der Stromverdrängungsverluste ergibt sich hieraus durch Ausrechnung bzw. durch Aufzeichnung des Streufeldes.

Zum gleichen Ergebnis der Stromverteilung gelangt man, wenn man die Gleichungen aufstellt, welche sich daraus ergeben, daß M und N, N und P, P und Q jeweils eine Stromschleife bilden, in welcher die Summe der EMKe gleich Null sein muß, ferner als vierte Gleichung $J_M + J_N + J_P + J_Q = 4\, J_H$ dazu nimmt und aus diesen 4 Gleichungen die 4 unbekannten Ströme errechnet.

Bei Transformatoren für sehr große Stromstärken und verhältnismäßig kleine Spannungen, wie sie zum Betrieb von elektrischen Öfen gebraucht werden, schaltet man naturgemäß eine größere Anzahl Spulen parallel. Die Spulen selbst bestehen häufig nur aus sehr wenigen (1 ... 4) Windungen. Man wählt, wenn möglich, eine gerade Anzahl Windungen, um die Spulen symmetrisch anordnen zu können und eine gleichmäßige Verteilung des Gesamtstroms auf die parallel geschalteten Stromzweige zu erreichen. Oft ist dies jedoch mit Rücksicht auf ein ökonomisches Verhältnis von Kupfergewicht zu Eisengewicht nicht durchführbar, wenn beispielsweise zwei Windungen einen Entwurf ergäben, der wegen verhältnismäßig zu hohen Eisengewichts, und vier Windungen einen solchen, der wegen zu großen Kupfergewichts zu einem wesentlich teureren Transformator führen würde als ein Transformator mit drei Windungen. Da aus konstruktiven Gründen von der Wahl je einer Spule vom halben Leiterquerschnitt abgesehen werden soll, wird die Spulenanordnung etwa nach Abb. 26 ausgeführt, und es soll untersucht werden, welche Stromverteilung dabei auftritt, wenn, wie gewöhnlich, die Oberspannungspulen in Serie geschaltet sind.

Der Rechnungsvorgang kann analog dem im vorhergehenden angewandten der sein, daß man die Sekundärströme in den vier parallelgeschalteten Spulen zunächst nur für den gedachten Fall berechnet, daß eine der vier Primärspulen, beispielsweise H_2, stromdurchflossen wäre. Zur Vereinfachung der Rechnung sehen wir von den Ohmverlusten ab und vernachlässigen die Verschiedenheit der Rogowsky-Faktoren. Dann sind alle Sekundärströme phasengleich, und die Induktion der Streufelder ist proportional der auf jeder Seite derselben vorhandenen Summe von Amperewindungen, bzw. bei Annahme gleicher Windungszahlen in allen Einzelspulen gleich der Summe der auf einer Seite der betreffenden Streufeldstelle vorhandenen Ströme.

In Abb. 26 b ist das Diagramm der Streufeldinduktionen dargestellt, wie es sich bei Anordnung der Wicklungen nach Abb. 26 dann ergibt, wenn die Primärwicklung H_2 vom Strom J_H durchflossen wird, der übrige Teil der Primärwicklung dagegen stromlos ist. Die Stromverteilung in den vier parallelgeschalteten Sekundärwicklungen mit den Strömen J_{M_2}, J_{N_2}, J_{P_2} und J_{Q_2} wird durch vier Gleichungen bestimmt. Da die drei in Serie geschalteten Spulen M mit den drei in Serie geschalteten Spulen N parallelgeschaltet sind, muß die Summe aller EMKe, welche vom Streufeld in den Spulen der Stromschleife *MMMNNN* erzeugt wird — zuzüglich der hier vernachlässigten EMKe, welche durch den Ohmwiderstand erzeugt werden —, gleich Null sein.

Bei der Berechnung der EMKe müssen wir beachten, daß ein Teil des Feldes von drei Spulen M und drei Spulen N umschlungen wird, ein Teil von zwei Spulen M und zwei Spulen N und ein Teil von nur einer Spule M und einer Spule N. Der von drei Spulen umschlungene Streufeldteil hat die Induktion $K \cdot 3\, J_{M_2}$ und den Querschnitt $c \cdot a$. Die Koeffizienten k und c, welche für alle Summanden gleich sind, können wir, da sie aus den Gleichungen wieder herausfallen, weglassen. Der von drei Spulen M und N umschlungene Streufluß ist dann $3\, J_{M_2}\, a$. Der von zwei Spulen M und N umschlungene Streufeldteil ist in Abb. 26 b links von dem vorher betrachteten Streuflußteil $2\, J_{M_2}\, a$ und rechts davon

$$(3\, J_{M_2} + J_{N_2}) \,.\, 2\, a + \frac{1}{2} \,.\, (3\, J_{M_1} + J_{N_2} + 3\, J_{M_2} + J_{N_2} - J_H)$$
$$\times 3\, a + (3\, J_{M_2} + J_{N_2} - J_H) \,.\, 2\, a\,,$$

der von nur einer Spule M und N eingeschlossene Streuflußanteil ist links $J_{M_2} \,.\, 7\, a$ und rechts $(3\, J_{M_2} + J_{N_2} - J_H)\, a$. Wegen der Parallelschaltung von M und N besteht also die Gl. (1).

$$3 \,.\, 3\, J_{M_2} + 2 \,.\, \Big[2\, J_{M_2} + 2 \,.\, (3\, J_{M_2} + J_N) + \frac{3}{2}$$
$$\times (3\, J_{M_1} + J_{N_2} + 3\, J_{M_2} + J_{N_2} - J_H) + 2 \,.\, (3\, J_{M_2} + J_{N_2} - J_H)\Big]$$
$$+ 1 \,.\, \Big[7\, J_{M_2} + (3\, J_{M_2} + 2\, J_{N_2} - J_H)\Big] = 0.$$

Wegen der Parallelschaltung von N und P erhält man sinngemäß Gl. (2)

$$3 \,.\, \Big[3\, J_{M_2} + 3\, J_{N_2} - J_H\Big] + 2 \,.\, \Big[3\, J_{N_2} + 2\, J_{N_2} - J_H$$
$$+ 7\,(-3\, J_{Q_2} - 2\, J_{P_2})\Big] + 1 \,.\, \Big[2 \,.\, (3\, J_{M_2} + J_{N_2} - J_H)$$
$$+ \frac{3}{2} \,.\, 3\, J_{M_2} + J_{N_2} - J_H + 3\, J_{M_2} + J_{N_2})$$
$$+ 2\,(3\, J_{M_2} + J_{N_2}) + (-3\, J_{Q_2} - J_{P_2})\Big] = 0$$

und wegen der Parallelschaltung von P und Q

$$3\,(-3\, J_{Q_2}) + 2 \Big[-3\, J_{Q_2} - J_{P_2} + 7\,(-2\, J_{Q_2})\Big]$$
$$+ 1 \,.\, \Big[7\,(-3\, J_{Q_2} - 2\, J_{P_2}) + (-J_{Q_2})\Big] = 0.$$

Als vierte Gleichung dient uns

$$3\, J_{M_2} + 3\, J_{N_2} + 3\, J_{P_2} + 3\, J_{Q_2} - J_H = 0.$$

Die Auflösung dieser vier Gleichungen führt zu den Werten

$$J_{M_2} = +\,0{,}0394\, J_H\,,$$
$$J_{N_2} = +\,0{,}340\, J_H\,,$$
$$J_{Q_2} = -\,0{,}0628\, J_H\,,$$
$$J_{Q_2} = +\,0{,}0154\, J_H\,.$$

In ähnlicher Weise werden die Ströme J_{M_1}, J_{N_1}, J_{P_1}, J_{Q_1} ermittelt, welche von der Primärspule H_1 allein erzeugt würden, ebenso wie J_{M_3}, J_{N_3}, J_{P_3} und J_{Q_3}, die von H_3 und J_{M_4}, J_{N_4}, J_{P_4} und J_{Q_4}, welche von H_4 herrühren (Abb. 26a, c, d).

Die Rechnungswerte sind in der nachfolgenden Zahlentafel 3 aufgeführt.

Zahlentafel 3.

	M	N	P	Q
H_1	$J_{M_1} = +\,0{,}3820$	$J_{N_1} = -\,0{,}0660$	$J_{P_1} = +\,0{,}0235$	$J_{Q_1} = -\,0{,}0058$
H_2	$J_{M_2} = +\,0{,}0394$	$J_{N_2} = +\,0{,}340$	$J_{P_2} = -\,0{,}0628$	$J_{Q_2} = +\,0{,}0154$
H_3	$J_{M_3} = -\,0{,}0176$	$J_{N_3} = +\,0{,}0712$	$J_{P_3} = +\,0{,}2995$	$J_{Q_3} = -\,0{,}0199$
H_4	$J_{M_4} = +\,0{,}0136$	$J_{N_4} = -\,0{,}0385$	$J_{P_4} = +\,0{,}0875$	$J_{Q_4} = +\,0{,}2710$
	$J_M = 0{,}4174\, J_H$	$J_N = 0{,}3077\, J_H$	$J_P = 0{,}3477\, J_H$	$J_Q = 0{,}2607\, J_H$

Bei Serienschaltung der Primärspulen H_1, H_2, H_3, H_4 tritt in den Sekundärspulen die Summe der Einzelströme auf, wie sie in der untersten Zeile angeführt sind. Bei gleichmäßiger Stromverteilung würde in jeder Sekundärspule ein Strom 0,333 J_H fließen. In der Spule J_M fließt also immerhin ein um 25 % vergrößerter Strom, so daß die Verluste in dieser Einzelspule um 57 % größer werden als bei gleichmäßiger Verteilung. Die Gesamtkupferverluste in der Sekundärwicklung wachsen jedoch nur um 6 % gegenüber jenen bei gleichheitlich verteiltem Strom an.

Zu identischen Ergebnissen gelangt man natürlich, wenn man den Streufeldverlauf bei Belastung aller Primärwicklungsteile nach Abb. 26 diagrammatisch darstellt und die Bedingungsgleichungen aufstellt, die sich aus der Parallelschaltung der Zweige M, N, P und Q sinngemäß wie im vorhergehenden ergeben. Anstatt 4 Gruppen von je 4 Gleichungen hat man nur einmal 4 Gleichungen aufzulösen. Die Rechnungsarbeit ist aber trotzdem nicht wesentlich geringer, da die Gleichungen entsprechend länger sind. Gewöhnt man sich an die gra-

phische Darstellung der Streufelder für einzelne belastete Primärspulen, wie mit Abb. 26a ... 26d gezeichnet, so kommt man sehr bald fast ohne Rechnungsarbeit aus, da das für Beurteilung von Flächeninhalten leicht zu schulende Auge bei Betrachtung einer probeweise skizzierten Feldverteilung fast schon auf Sicht die Richtigkeit oder Fehlerhaftigkeit der angenommenen Verteilung wenigstens mit der für solche Zwecke hinreichenden Genauigkeit erkennt, und weil die Richtung der erforderlichen Korrekturen schnell beurteilt werden kann, während dies bei Betrachtung des Gesamtfeldes nach Abb. 26e nicht so leicht gelingt. Der oben gewählte Weg der Bestimmung der Stromverteilung ist daher der übersichtlichere und letzten Endes auch der kürzere.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle müssen die Transformatoren für große Stromstärken, vor allem Ofentransformatoren, noch in der Sekundärspannung regelbar sein, was durch Zu- und Abschaltung von Primärwindungen bewerkstelligt wird, da Anzapfungen auf der Sekundärseite der großen Stromstärke wegen zu teurer und ungeschlachter Konstruktion führen würden und bei den wenigen Windungen auch gar nicht im gewünschten Verhältnis ausführbar wären.

Hat man nun aus solchem Grunde beispielsweise von der Spule H_3 20 % der Windungen abzuschalten, so hat man zur Bestimmung der nunmehrigen Stromverteilung nur von den Werten in der dritten Zeile je 0,80 der verzeichneten zu nehmen bzw. von den Gesamtströmen J_M, J_N, J_P und J_Q der Zahlentafel 3 je 20 % von J_{M_3}, J_{N_3}, J_{P_3} und J_{Q_3} abzuziehen, um die jetzt eintretende Stromverteilung $J_M = 0{,}421\, J_H$, $J_N = 0{,}306\, J_H$, $J_P = 0{,}288\, J_H$ und $J_Q = 0{,}265\, J_H$ zu kennen. Analog verfährt man bei Zuschaltung von Windungen. Bei dem Rechnungsvorgang an Hand der Gesamtstreufeldverteilung nach Abb. 26e müßte derselbe für einen geänderten Wert von J_{H_3} gegenüber dem ursprünglichen J_H von Anfang an wiederholt werden, so daß auch aus diesem und besonders aus diesem Grunde der gewählte, zuerst angeführte Rechnungsvorgang den Vorzug verdient.

Die Berücksichtigung der Ohmschen Widerstände würde bei rechnerischer Verfolgung in ein recht unwegsames, mit geringem Gewinn zu durchquerendes Dickicht von Gleichungen führen, da nun noch die Phasenverschiedenheit der Ströme in die Gleichungen einzuführen wäre. Wären die Ohmschen Widerstände allein ausschlaggebend, so würde gleichmäßige Stromverteilung in allen Sekundärspulen eintreten. Die Annahme, daß sich unter Berücksichtigung der Ohmschen Widerstände eine gleichmäßigere Stromverteilung ergibt, als bei Gründung der Rechnung nur auf die durch die Streufelder induzierten EMKe allein, liegt nahe und wird durch überschlägige Rechnungen bestätigt. Im wesentlichen wird die Stromverteilung zu allermeist doch durch die induktiven EMKe bestimmt, so daß die auf Grund dieser Betrachtung gefundenen Ströme als genügend richtig angesehen werden können. Bei verhältnismäßig großen Ohmabfällen gegenüber den induktiven genügt es, zur Korrektur der nur in Anschung der Streufelder gefundenen Stromverteilung, je nur die 2, allenfalls 3 größten Werte der zu einer primären Teilspule gehörigen Sekundärströme zu betrachten und die Änderung durch Hinzutreten der Ohmabfälle annähernd zu bestimmen, um ein genügend genaues Bild zu erhalten.

In jedem Fall nicht vollkommen symmetrischer Anordnung parallelgeschalteter Wicklungen tut man gut daran, sich einigermaßen über das Verhältnis der Ströme in den parallelgeschalteten Zweigen Rechenschaft zu geben, um sich unliebsame Überraschungen zu ersparen.

Die Berechnung der Kurzschlußspannung bietet nach der Feststellung der Stromverteilung keine Schwierigkeiten mehr. Aus der das Gesamtstreufeld zeigenden Abb. 26e bzw. dem für den jeweiligen Fall sinngemäß errechneten Diagramm desselben sind die Streugruppen zu erkennen, für deren jede die Kurzschlußspannung ermittelt werden kann. Unter Berücksichtigung der Amperewindungszahl jeder Streugruppe wird der Mittelwert der Kurzschlußspannungen errechnet. Er ist der Kurzschlußspannung des Transformators gleich. Das gilt für den Fall, daß die Ohmschen Spannungsabfälle vernachlässigt werden konnten, was, wie bereits erwähnt, in den meisten Fällen geschehen kann.

War die Vernachlässigung der Ohmschen Spannungsabfälle nicht mehr angängig, so würde die Berechnung der Spannungsverschiebung allerdings recht verwickelt. Für jeden Sekundärstromzweig wäre ein Diagramm des mit allen 4 Primärspulen erzeugten Streufeldes zu zeichnen. Die zwischen der Primärwicklung und einem beliebigen Sekundärstromzweig von jedem der 4 Streufelder erzeugte induktive Spannungsverschiebung wäre zu errechnen, die 4 induktiven Spannungsverschiebungen geometrisch zu addieren, um die gesamte induktive Spannungsverschiebung für den gewählten Sekundärstromzweig zu erhalten. Dieser wäre die Ohmsche Spannungsverschiebung in der Primärwicklung sowie die in dem gewählten Sekundärstromzweig, beide geometrisch zuzufügen, um die gesamte Spannungsverschiebung für den gewählten Sekundärstromzweig zu erlangen. Für jeden anderen Sekundärstromzweig müßte sich eine der Größe und Phase nach gleiche Spannungsverschiebung ergeben, was als Kontrolle benutzt werden könnte.

Bei Transformatoren für sehr große Ströme wird man sich jedoch stets mit einer annähernden Schätzung der Spannungsverschiebung zufrieden geben können. Die von den starken Strömen durchflossenen Ableitungen verursachen nämlich weitere recht wesentliche Spannungsverschiebungen, die der Rechnung wenig zugänglich sind, und Parallelschaltung solcher Transformatoren kommt nicht in Frage.

Auf dem gleichen Wege wie bei den durchgeführten Beispielen können in beliebigen anderen Fällen der Parallelschaltung von Transformatorwicklungszweigen die Stromverteilung, die Kupferverluste und die Kurzschlußspannung vorausberechnet werden.

Wanderausstellung „Technik im Heim“.

Diese Ausstellung schließt sich an die im vergangenen Jahre auf Anregung O. v. Millers geschaffene große Ausstellung „Heim und Technik“ an. Sie soll in Gestalt einer Wanderausstellung, deren Leitung der VdI in die Hand genommen hat, in verschiedenen Städten Deutschlands gezeigt werden, wobei in verkleinertem Rahmen alles Wesentliche zusammengefaßt wird. Dem VdI haben sich als Veranstalter die folgenden Verbände angeschlossen, zu denen jeweils noch örtliche Stellen hinzutreten:

1. Reichsverband Deutscher Hausfrauen-Vereine.
2. Reichsverband Landwirtschaftl. Hausfrauen-Vereine.
3. Lette-Verein.
4. Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit.
5. Reichsforschungs-Gesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen.
6. Deutscher Normen-Ausschuß.

Erstmalig wurde diese Wanderausstellung von April bis Anfang Mai in Essen veranstaltet. Sie selbst ist rein sachlich aufgezogen, und es soll vermieden werden, daß hier eine Firmenausstellung zustande kommt, wenn dies in Essen auch noch nicht restlos durchgeführt worden ist. Man hat die sachliche Unterteilung in folgende Gruppen vorgenommen:

Allgemeine Einführung.	Eingerichtete Küchen.
Beleuchtung.	Waschen.
Heizung.	Reinigen.
Lebensmittel und deren Konservierung.	Baden.
Küchengeräte.	Belehrung, Hausfleiß und Unterhaltung.
Kocher und Herde.	

Der Zweck der Ausstellung sollte der Nachweis sein, daß unter Berücksichtigung der technischen Fortschritte der Haushalt der Neuzeit sich wesentlich wirtschaftlicher gestalten kann, als das bisher der Fall war. In diesem Zusammenhang ist es erklärlich, daß naturgemäß gerade die elektrischen Geräte und Maschinen im Vordergrund des Interesses standen, da sich diese ja in vielfältigen Formen bereits Eingang in den Haushalt verschafft haben. Man konnte auf der Ausstellung auch die Beobachtung machen, daß, soweit Heizung durch Kohle, Gas oder Elektrizität in Frage kam, gerade die Gruppe „Elektrobeheizung“ das stärkste Interesse erregte.

Bei der „Allgemeinen Einführung“ wurde lediglich auf die Bedeutung des Haushaltes insofern aufmerksam gemacht, als ein großer oder unter Umständen sogar der größte Teil vom Einkommen des Mannes für den Haushalt verausgabt wird.

In der Gruppe „Beleuchtung“ wurde durch Schaubilder sowie durch Miniaturmodelle die Eigenart der direkten und indirekten Beleuchtung erläutert und anschließend auch auf den Einfluß der verschiedenen Farben von Decken und Wänden auf die Beleuchtung des Raumes hingewiesen. Ein ziemlich großes Modellhaus, das den Einblick in die fertig eingerichteten Räume gestattete, lehrte, wie die Beleuchtung zweckmäßig in den einzelnen Räumen anzubringen ist.

In der Abteilung „Heizung“ waren die verschiedenen Modelle elektrischer Öfen mit direkter Strahlung und für Wärmespeicherung ausgestellt. Interesse erregte das Modell einer Fußbodenbeheizung.

Bei „Lebensmittel und deren Konservierung" sah man vor allem die elektrischen Kühlschränke mit einigen neuen Ausführungen, die auch bei uns in Deutschland immer mehr zur Einführung gelangen, während sie in Amerika bereits zu Hunderttausenden in Gebrauch sind.

Besonders reichhaltig war erklärlicherweise die Gruppe „Küchengeräte", bei der als neu die Geschirr-Spülmaschine hervorzuheben ist. Die Maschine an sich ist gut, nur ihre gleichzeitige Verbindung mit einer Haushaltmaschine bedarf noch konstruktiver Verbesserungen, weil man selbstverständlich gerade in der Küche mit spielenden Kindern rechnen muß. Daher erfordert ein Riemen- oder ähnlicher Antrieb unbedingt die Schutzkappe.

Stark vertreten waren elektrische Apparate in der Abteilung „Kocher und Herde", was wohl nicht anders zu erwarten war, da hier elektrische Kocher, Kochkisten, Kaffee- und Teemaschinen, Heißwasserspeicher und im besonderen die Herde Aufstellung gefunden hatten.

In der nächsten Gruppe befanden sich auch zwei vollständig eingerichtete elektrische Küchen. Diese waren einfacher gehalten und mit sogenannten Sparherden ausgerüstet, u. zw. mit dem Ökonom- und dem Falkenbergherd. Letzterer erregte besonderes Interesse; er ist auf Grund gemeinsamer Arbeiten der VdEW und der Land-Elektrizität G. m. b. H., Halle, entstanden. Die Eigenart dieser neuen Sparherde beruht darin, daß die verschiedenartigen Speisen, sei es gebraten, gedämpft usw., einfach nach automatischer Zeiteinstellung zubereitet werden können, wobei gleichzeitig neue Kochverfahren zur Ausbildung kommen. Auf diesem Wege dürfte sicherlich in der Weiterentwicklung noch fortgeschritten werden, um so durch geringste Brennstoffkosten und durch Fortfall der ständigen Aufsicht die Gesamtunkosten für die Zubereitung der Speisen möglichst herabzudrücken. Gleichzeitig gewinnt die Hausfrau Zeit, die sie besser für die Pflege ihrer Kinder ausnutzen kann.

Im Bereich dieser Gruppe hatte das RWE noch einen besonderen Vortragsraum hergerichtet, in dem laufend Vorträge und Kochvorführungen durch Kochdamen des Werkes vorgenommen wurden. Dieser Stand war ständig von Besuchern umlagert, und es zeigte sich hier, welches Interesse man elektrischen Apparaten entgegenbringt. Die Vortragsdamen des Elektrizitätswerkes übernahmen auch zeitweilig noch Führungen durch die Ausstellung, um die ausgestellten elektrischen Geräte besonders zu erklären.

Ein ähnlicher Vorführungsraum befand sich in der nächsten, reich besuchten Gruppe „Waschen", wo Waschen sowie Bügeln mit Maschinen und gleichzeitig auch von Hand mittels Eisen gezeigt wurde. Auch ein Trockenschrank fehlte hier nicht. Bei den Waschmaschinen diente die Elektrizität z. T. lediglich als Antriebskraft zum Drehen der Trommel oder der Zentrifuge. Man sah aber auch die Sprudelwascher, bei denen die Elektrizität als Wärmequelle Verwendung findet. Als neu ist noch ein Badetuchtrockner aus Holz anzuführen, in dessen Innerem sich die elektrische Beheizung befindet.

Die zahlreichen bekannten Systeme von Staubsaugern und Bohnerapparaten gelangten in der Gruppe „Reinigen" zur Schau.

In der Gruppe „Baden" waren zunächst zwei vollständige Baderäume elektrisch eingerichtet. Besonderes Interesse erregte hier das mit Hilfe des Staubsaugers erzeugte Sprudelbad. Auch neue Apparate zum Trocknen der Hände mittels Heißluft wurden gezeigt, ferner die Apparate zur Körper- und Gesundheitspflege, wobei besonders auf die Lichtbäder, Höhensonnen, Hochfrequenzgeräte in verschiedenen Formen hinzuweisen ist. Neu war ein Krankenstuhl, bei dem die Holzplatten von Sitz, Rückenlehne und Fußbrett elektrisch erwärmt werden können.

Da gleichzeitig verschiedene Vorträge sowie Tagungen von Hausfrauenvereinen usw. veranstaltet wurden, hat sich die Ausstellung eines recht guten Besuches erfreut, so daß man auch wohl mit einem nachhaltigen Erfolg der hier gegebenen Anregungen rechnen darf *V.*

Das Gesetz über den Weltfunkvertrag.

Im RGBl. II, 1929 Nr. 24 ist das „Gesetz über den Weltfunkvertrag" vom 2. V. 1929 veröffentlicht, dessen Artikel 1 besagt, daß dem am 25. XI. 1927 in Washington abgeschlossenen Weltfunkvertrag mit seinen Vollzugsordnungen zugestimmt wird.

Über die Geschichte und Bedeutung des Weltfunkvertrages ist folgendes zu sagen:

Die ersten Anfänge der Funktelegraphie kannten praktisch keinerlei Regelung, weder nationale noch internationale. Die Staatsverwaltungen nahmen für sich keine Aufsichtsrechte über die Funktelegraphie in Anspruch bis zum Jahre 1904. Die Entwicklung des Seefunkdienstes hatte nämlich inzwischen die Notwendigkeit erkennen lassen, das gewisse zwischenstaatliche Abmachungen, besonders hinsichtlich der Fragen, die mit der Sicherheit des menschlichen Lebens zur See zusammenhingen, erforderlich seien. Aus dieser Erkenntnis heraus wurde 1903 eine internationale Versammlung nach Berlin berufen, deren Aufgabe es war, Vorschläge für eine spätere Konferenz auszuarbeiten. Diese Konferenz trat 1906 als Internationale Konferenz für Funktelegraphie in Berlin zusammen. Ihre wichtigste Entschließung war zweifellos die Abschaffung des Prinzips der Verkehrsverweigerung für fremde Funktelegraphiesysteme. Es wurde damit international anerkannt, daß die Funktelegraphie ein dem Allgemeinwohl, nicht Privatinteressen dienendes Verkehrsmittel zwischen den Bewohnern der ganzen Welt sei.

Der Konferenz von Berlin folgte die von London im Jahre 1912, die den Londoner Weltfunkvertrag schuf. Dieser setzte das 1906 begonnene Werk fort, befaßte sich aber ausschließlich mit dem Schiffsfunkdienst und Funkensendern. Er folgte dabei der Entwicklung der Funktelegraphie in technischer und betrieblicher Hinsicht. Waren doch Versuche, das neue Verkehrsmittel außer für den Schiffsdienst auch für andere Zwecke zu benutzen, erst in den Anfangstadien.

Die in London getroffenen Abmachungen sind die Grundlagen für den Seefunkverkehr geblieben.

Es war in London beschlossen worden, daß Konferenzen mit fünfjährigen Zwischenräumen abgehalten werden sollten. Durch diesen Plan machte der Krieg einen Strich; er setzte automatisch den Weltfunkvertrag außer Kraft, der in seiner alten Form nach Kriegsende wieder zur Geltung kam.

Während des Krieges hatte die Einführung der Dreielektrodenröhre eine Revolution auf der Empfangseite sowohl wie auf der Senderseite gebracht. Die technischen Fortschritte hatten dazu geführt, daß das Anwendungsgebiet für die drahtlose Telegraphie sich immer weiter ausdehnte. Zu dem Verkehr, dessen eigentliche Domäne die Funktelegraphie noch heute ist — das ist der Verkehr mit beweglichen Stationen — trat der Verkehr auf weite Entfernungen, der als Ersatz für fehlende Draht- und Kabelverbindungen von größtem Wert geworden ist, und als neueste Erscheinung der Rundfunk, der die Übermittlung von Nachrichten gleichzeitig an einen größeren Hörerkreis — sei es zu kommerziellen oder Unterhaltungs-, Bildungs- und ähnlichen Zwecken — zur Aufgabe hat.

Diese Ausdehnung des Funkbetriebs mußte naturgemäß dazu führen, daß die Zahl der benutzten Sendewellen ständig stieg. Da abgesehen vom Schiffsfunkverkehr für den als Hauptverkehrswelle die Welle 600 m international festgelegt worden war, keinerlei Vereinbarungen über die Verteilung der Wellen bestanden, und daher jeder, der eine neue Sendewelle nötig hatte, sich die ihm passend erscheinende usurpierte ohne Rücksicht darauf, ob er etwa Interessen anderer zu nahe trat, konnte das Ende nur ein vollkommener Wellenwirrwarr sein, der den Verkehr lahmzulegen drohte.

Daran konnte auch nicht viel ändern, daß sich in Europa die am Rundfunk interessierten Kreise zu dem Weltrundfunkverein zusammenfanden und für die Rundfunksender das Wellenband von 200 bis 600 m festlegten.

Man sah das Unheil kommen, stand ihm aber zunächst noch ratlos gegenüber, da die über Kriegsende hinaus wirkende Feindschaft der Völker, die sich in diesem gegenüber gestanden hatten, zunächst eine internationale Vereinbarung als unmöglich erscheinen ließ.

Schließlich trat im Jahre 1923 in Washington eine Kommission zusammen, die sich daran machte, Vorschläge auszuarbeiten, die der ganzen Welt als Grundlage für eine ernsthafte internationale Verständigung unterbreitet werden sollten. Diese Kommission stützte sich zunächst auf Vereinbarungen, die für den Krieg unter den Feindmächten getroffen waren und baute darauf ihre Arbeit auf, die allen Nationen übermittelt wurde mit der Einladung, sich so bald als möglich zu einer internationalen Konferenz zusammenzufinden.

Nach ausgedehntem Austausch von Bemerkungen zu dem Plan dieser Kommission, von Gegenvorschlägen und Erklärungen war es endlich soweit, daß die Internationale Konferenz 1927 in Washington zusammentreten konnte; 74 Länder waren hier mit etwa 400 Delegierten vertreten.

Das Ergebnis dieser Arbeit bildet der Weltfunkvertrag (abgeschlossen zu Washington am 25. XI. 1927) nebst Allgemeiner und Zusatz-Vollzugsordnung, der durch das an-



fangs genannte Reichsgesetz nunmehr von Deutschland ratifiziert und damit für das Deutsche Reich selbst Gesetz geworden ist.

Der neue Vertrag dehnt die zwischenstaatlichen Abmachungen auf sämtliche Verkehrsgebiete der Funktelegraphie aus, bringt Bestimmungen über die Zulassung von Funkanlagen und die Abwicklung des Betriebs und stellt Richtlinien für die technische Ausgestaltung auf. Breiten Raum nehmen noch immer die Vorschriften ein, die sich mit der Verwendung der drahtlosen Telegraphie im Schiffs- und dem inzwischen hinzugekommenen Flugfunkverkehr befassen. Hier werden die Anforderungen an die Funker erheblich gesteigert. Wichtig ist vor allem der Wellenverteilungsplan, der eine Neuerung insofern bringt, als die Bezeichnung der Wellen nicht mehr nach der Wellenlänge sondern nach Frequenzen, u. zw. nach Kilozykeln in der Sekunde — kc/s — erfolgt; für die Umrechnung $\frac{\text{Wellenlänge}}{\text{kc/s}}$ ist die Lichtgeschwindigkeit mit 300 000 km/s anzusetzen; die Wellenlänge ist zunächst noch in Metern der Frequenz in Klammern beizufügen. Der Plan teilt die verschiedenen Verkehrsgebiete auf und weist einem jeden bestimmte Frequenzbänder zu, deren Grenzen nicht überschritten werden dürfen, wenn Störungen im zwischenstaatlichen Verkehr zu erwarten sind. Er bringt in den Wellenwirrwarr, der sich vor seinem Inkrafttreten herausgebildet hatte, Ordnung hinein. Leider kann auch er nicht alle Wünsche erfüllen. Immer wieder muß festgestellt werden, daß sich in vielen Frequenzbändern die Anforderungen an neuen Verkehrswellen so zusammendrängen, daß gegenseitige Reibungen unausbleiblich sind. Hier eröffnet sich der technischen Vervollkommnung der Sende- und Empfangsanlagen, die ein dichteres Zusammenschieben der Sendewellen ermöglicht, noch ein weites Tätigkeitsfeld. Der Vertrag hat auch auf diesem Gebiete vorgesorgt, er bestimmt, daß ein zwischenstaatlicher beratender technischer Ausschuß für den Funkverkehr gebildet wird, der sich mit technischen und ähnlich gearteten Fragen des Funkverkehrs befassen soll; der Ausschuß tritt grundsätzlich alle zwei Jahre zusammen. Die erste Sitzung wird im Herbst d. J. in Amsterdam stattfinden. *Rp.*

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Der Verbundbetrieb der Southeastern Power & Light Co. — Die Netze der Alabama Power Co., Georgia Power Co., Central Georgia Power Co., Mississippi Power Co. und Gulf Power Co., welche die Staaten Alabama und Georgia zum überwiegenden Teil, die östliche Hälfte des Staates Mississippi und den Norden von Florida versorgen, sind in der Southeastern Power & Light Co. zu einem Verbundbetrieb zusammengeschlossen, welcher der Ausdehnung und zusammengefaßten Leistung nach zu den größten seiner Art gehören dürfte. Das in Abb. 1 dargestellte Netz umfaßt 380 km 154 kV-, 3650 km 110 kV-, 650 km 66 kV-, 2530 km 44 kV- und 820 km 38 kV-Leitungen und versorgt eine Bevölkerung von fast 4 Millionen. Es wird von 13 größeren und 22 kleineren Wasserkraftanlagen mit 520 000 kW Leistung sowie 11 Dampfanlagen mit 220 000 kW gespeist und ist überdies mit der zur Zeit für 180 000 kW ausgebauten Muscle Shoals Anlage[1] am Wilson-Damm verbunden. Die Lastverteilung besorgt jede Gesellschaft in ihrem eigenen Absatzgebiet selbst, wogegen der Kraftaustausch von einer zentralen Lastverteilerstelle aus, welche in Birmingham ihren Sitz hat, geregelt wird. Diese erteilt die auf die von den einzelnen Gesellschaften zu übernehmenden Lastanteile bezughabenden Weisungen und trifft alle zur wirtschaftlichen Ausnutzung sämtlicher Kraftquellen nötigen Anordnungen. Da die Wasserkraftanlagen teils reine Flußkräfte, teils hochwertige Speicherkräfte ausnutzen und auch die Niederschlagsverhältnisse starke Verschiedenheiten aufweisen, ist eine weitgehende Anpassung an die jeweiligen Witterungsumstände notwendig, deren Auswirkung der Zentrallastverteiler an Hand der ihm fortlaufend zukommenden Meldungen zu beurteilen und bei seinen Anordnungen zu beachten hat. Grundsätzlich werden die Jahresspeicher in den niederschlagsreichen Monaten Januar bis einschließlich April aufgefüllt und dann bis Ende August auf dem höchsten Stand gehalten, um in den restlichen Monaten des Jahres abgearbeitet zu werden. In der ersten Periode wird die Grundlast aus den Flußkräften gedeckt und zur Spitzendeckung zunächst die Dampfanlagen und der Fremdbezug und nur im Notfalle die Speicheranlagen herangezogen, wobei überdies dafür gesorgt wird, daß auch die Dampfanlagen mit möglichst wenig Schwankungen und gut belasteten Maschinen arbeiten. Während der Sommermonate wird alles abfließende Wasser verarbeitet und nur durch Freihaltung von geringfügigen Speicherräumen für die Möglichkeit der Aufnahme der Gewitterhochwasser gesorgt. Von Anfang September bis Ende des Jahres decken die Speicher, die während dieser Zeit entleert werden sollen, die Grundlast gemeinsam mit den Dampfanlagen und die Flußkräfte die Spitzen. Diese grundsätzliche Betriebsweise ist in Abb. 2 in der Form von typischen Belastungsschaulinien dargestellt. Plötzliche Lastschwankungen werden grundsätzlich auf die Wasserkraftanlagen abgewälzt, da sie die Wirtschaftlichkeit der Dampfanlagen, die solchen nur mit großer Dampfvergeudung für die Bereitschaft und durch das Abblasen der Kessel bei rascher Entlastung folgen können, nachteilig beeinflussen.

Aber auch die Belastung der einzelnen Wasserturbinen erfolgt unter Bedachtnahme auf möglichst guten

• Wasserkraftanlagen ▪ Dampfanlagen ▲ Hauptumspannwerke — 110 kV-Leitung --- 66 kV- " ...... 44 kV- " -·-·- Verteilungsleitung — 154 kV-Leitung —·— Grenzen der Lastverteilerstellen ⊗ Hauptlastverteilerstelle ○ Bezirkslastverteilerstelle

Abb. 1. Netz der Southeastern Power & Light Co.

[1] ETZ 1928, S. 483.

Durchschnittswirkungsgrad, sonach zwischen ⅝ und Vollbeaufschlagung. Sinkt die Belastung einer Einheit tiefer, so wird getrachtet, diesen aus dem Betrieb zu nehmen und durch eine kleinere Einheit zu ersetzen. Ein weiterer Vorteil dieser Betriebsweise besteht darin, daß die Anpassung an die Mittagseinsenkung und abendliche rasche Lastabnahme mit Wasserkraft fast verlustlos erfolgen kann. Wie Abb. 2 zeigt, wird die Spitze stets von

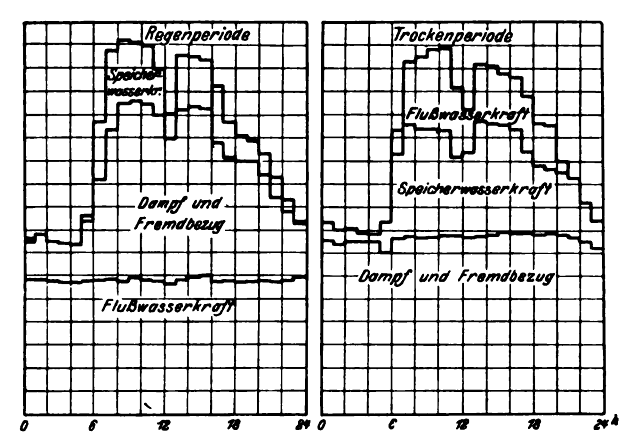


Abb. 2. Belastungsschaulinien und Lastverteilung.

Wasserkraftgeneratoren gedeckt und werden auch sämtliche Lastschwankungen von solchen übernommen, so daß die Dampfturbinen unter ganz stetigen Belastungsverhältnissen, sonach die ganzen Dampfanlagen mit günstigstem Wirkungsgrad arbeiten können. Größtes Gewicht wird auf möglichst genaue Einhaltung der 60 betragenden Sollperiodenzahl gelegt, damit die Synchronisierung und Parallelschaltung der einzelnen Netzteile jederzeit in kürzester Zeit durchführbar ist. Schon jetzt werden die Abweichungen durch Handregelung unter ¼ Hz gehalten, und man hofft mit in Erprobung stehenden selbsttätigen Einrichtungen eine Genauigkeit von 1/20 Hz zu erreichen. In verschiedenen Punkten des Netzes sind Synchronphasenschieber für Spannungsregelung und Blindleistungsverteilung mit 107 000 kVA Gesamtleistung aufgestellt; überdies kann ein 20 000 kW-Dampfturbinengenerator von der Antriebsturbine abgekuppelt und als Phasenschieber betrieben werden. Auch für die Krafterzeugung nicht benötigte, wasserturbinenangetriebene Generatoren werden fallweise zu solchen Diensten herangezogen. Die gegenseitige Verständigung der Lastverteiler- und Betriebstellen erfolgt durch eigene Fernsprechleitungen und mittels leitungsgerichteter Fernsprechanlagen. (C. B. Hawkins und W. W. Eberhardt, El. World Bd. 92, S. 725.) *Bp.*

Elektromaschinenbau.

Zur Theorie des Drehstrommotors mit Doppelkäfiganker. — Die bekannte Gleichung für den Ständerstrom des Drehstrommotors mit Doppelkäfiganker, wie sie sich z. B. mit Hilfe der Induktivitäten und Widerstände der drei Stromkreise nach der zweiten Kirchhoffschen Regel ergibt, erlaubt es, das Stromdiagramm rechnerisch und zeichnerisch zu ermitteln. Ist σ die Schlüpfung, so hat die Gleichung die Form

$$J_1 = \frac{\mathfrak{A}\,\sigma^2 + \mathfrak{B}\,\sigma + \mathfrak{C}}{\mathfrak{D}\,\sigma^2 + \mathfrak{E}\,\sigma + \mathfrak{F}}\,.$$

Das Diagramm ist von Lund[1] mit Hilfe der Inversion und von Natalis[2] mit Hilfe des Verhältnisses zweier Parabelstrahlen gezeichnet. Der Ständerstrom läßt sich indessen auch als die Summe des Stromes bei unendlicher Schlüpfung und zweier Kreisstrahlen darstellen. Dazu hat man in bekannter Weise den Zähler der obigen Gleichung durch den Nenner zu teilen, den Nenner des übrig bleibenden Bruches gleich Null zu setzen und die Wurzeln der so erhaltenen Gleichung zu ermitteln. Die Zerlegung in Partialbrüche ergibt dann die Gleichungen zweier Kreise. Die Lage der beiden Kreise wird diskutiert und angegeben, wie aus dem vorher entwickelten Diagramm die Widerstände beider Wicklungen und die zusätzliche Streuinduktivität entnommen werden können. (A. Thomälen, Arch. El. Bd. 21, S. 205.)

[1] Lund, Arch. El. Bd. 15, S. 122. Referat in ETZ 1925, S. 1817.
[2] F. Natalis, Die Berechnung von Gleich- und Wechselstromsystemen. 2. Aufl. Verlag Julius Springer, Berlin 1924.

Fliehkraftriemenscheibe und Wellenkupplung. — Fliehkraftriemenscheiben für die Massenverwendung besonders bei kleineren Kurzschlußankermotoren, etwa bis 20 PS Leistung, müssen einfach, wirtschaftlich und zuverlässig sein und dürfen keine besondere Wartung erfordern. Nichtsdestoweniger müssen sie aber doch so weich kuppeln, daß sie ihren Zweck, die Anlaufstromstöße des Motors genügend zu dämpfen, erfüllen. Die von der Metalluk, Technische Handels- und Fabrikationsgesellschaft m. b. H., Bamberg, neuerdings herausgebrachte, durch DRP. geschützte Fliehkraftriemenscheibe und Wellenkupplung enthält als Kupplungsmittel ein granuliertes Füllgut in Form von Eisenkugeln, welches in entsprechenden Kammern der Scheibe, die durch das im Innern derselben befindliche, auf der Motorwelle sitzende Schaufelrad gebildet werden, eingefüllt ist (Abb. 3).

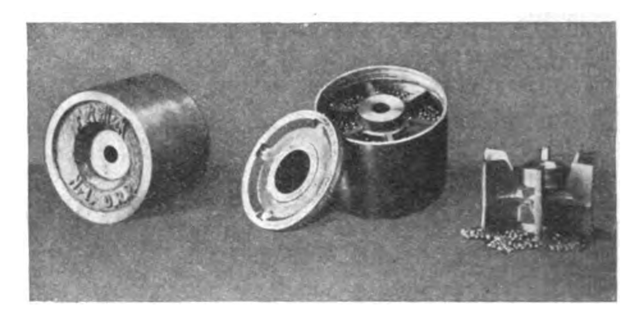


Abb. 3. Metalluk-Fliehkraftriemenscheibe.

Bei Anlauf verlagern sich die Kugelmassen an den Gleitflächen und setzen sich hier zunächst in rollende Bewegung, um bei ansteigender Fliehkraftwirkung sodann durch die dahinterliegenden Schichten allmählich bis zum perfekten Kuppeln abgebremst zu werden. Aus diesem Grunde läuft die Kupplung ganz besonders weich an. Die rollende Bewegung der Kugeln wiederholt sich sodann bei Überlastungstößen, und es dürfte ohne weiteres einleuchtend sein, daß der Verschleiß der Scheibenorgane praktisch gleich Null ist. Auch ein Festfressen der Scheibe wird mit Sicherheit vermieden. Bei Versuchen mit der Scheibe zeigte dieselbe nach etwa zehntausend hintereinander ausgeführten Schaltungen keinerlei Veränderungen. — Außer für Fliehkraftriemenscheiben wird das System auch gleich vorteilhaft für Fliehkraftkupplungen angewandt. *fi*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Meßinstrumente des Excelsior-Werks. — Eine Neuerung in Gestalt eines Leistungsfaktormessers, der einfach zwischen die Verteilungstafel und die Motoranlage geschaltet zu werden braucht, wird in Abb. 4 gezeigt. Dieses





Abb. 4.



Abb. 5.

nach dem Ferraris-Prinzip gebaute Instrument besitzt eine in zwei Quadranten eingeteilte Skala, deren jede eine Gradeinteilung von 0 ... 90° und $\cos\varphi = 0 \ldots 1$ besitzt. Auf beiden Quadranten wird induktive Belastung angezeigt. Es ist also vollkommen gleichgültig, wie der Anschluß der drei Phasen erfolgt, der Zeiger stellt sich entweder links oder rechts ein. Das in Abb. 4 in tragbarer Ausführung dargestellte Instrument kann auch als Schalttafel-Instrument geliefert werden. Hervorzuheben ist, daß die ganze Schaltung im

Innern fertig ausgeführt ist. Lediglich drei Eingangs- und drei Ausgangsklemmen sind vorhanden, an welche die ankommenden und ausgehenden Leitungen angeschlossen werden. Die Handhabung ist also denkbar einfach, so daß das Gerät auch von weniger geübten Hilfskräften zur Messung und Überwachung des Leistungsfaktors in ganzen Anlagen und an einzelnen Motoren verwendet werden kann. Auch der Anschluß an 5 A - Meßwandler ist möglich. Die Genauigkeit der Anzeige beträgt ± 1 %.

Eine weitere Neukonstruktion des nachstehend genannten Werkes ist ein kleiner Isolationsmesser mit eingebautem Kurbelinduktor. Die äußeren Abmessungen sind 110 × 80 × 220 mm. Diese kleinen Isolationsmesser werden für Spannungen von 250 und 500 V und mit Ohmskalen von 30 bzw. 80 MΩ geliefert. Neben diesen kleinen Isolationsmessern werden noch Kurbelinduktoren mit selbsttätiger Spannungsregelung bis 1500 V geliefert.

In Abb. 5 ist ein Gerät abgebildet, mit dessen Hilfe die Drehfeldrichtung bzw. die Phasenfolge eines Drehstromes festgestellt werden kann. Dieser Drehfeldrichtungsanzeiger besitzt drei Klemmen mit den Klemmbezeichnungen R, S, T. Durch eine Glasscheibe ist eine kreisrunde Metallscheibe sichtbar, auf welcher ein Pfeil die Drehrichtung angibt, wenn richtige Phasenfolge besteht. Die Abmessungen des kleinen Gerätes sind 65 × 65 × 65 mm. Das Instrument wird für die Spannungen 3 × 120, 3 × 220 und 3 × 380 V Drehstrom hergestellt.

Die beschriebenen Instrumente sind Erzeugnisse der Firma Excelsior-Werk Rudolf Kiesewetter, Leipzig. *fi*

Scheitelspannungsmessung. — Eine einfache Methode zur Messung der Amplituden periodischer Wechselvorgänge (vgl. ETZ 1926, S. 472) beruht auf der Aufladung eines Kondensators hinter einem Ventil. Die zu untersuchende Wechselspannung ist einmal mit dem Heizdraht, das andere Mal über einen gut isolierten Kondensator, dem ein statisches Voltmeter parallel geschaltet ist, mit der Anode einer Ventilröhre verbunden. Bei sehr empfindlichen Anordnungen machen sich Feuchtigkeitsschichten und die eigene Leitfähigkeit des Glaskörpers der Ventilröhre, die infolge der Erwärmung steigt, störend bemerkbar. In diesem Falle werden zweckmäßig auf dem Glaskörper (z. B. Telefunken, Type RSV) Paraffinringe angebracht, und die Röhre wird künstlich gekühlt. Bei Hochfrequenzmessungen stört die Kapazität der Heizbatterie. Für solche Zwecke, bei denen bei geringen Spannungen hohe Genauigkeiten verlangt werden, wird als Ventil eine photoelektrische Zelle empfohlen. Bei der Anwendung ist zu beachten, daß die Ventilzelle keine ideale Sperrwirkung besitzt, da infolge der Belichtung an der Anode positive Ionen frei werden[1]. Zweckmäßig wird daher die Anode möglichst weitgehend gegen einfallendes Licht abgeschirmt. Eine einwandfreie Kontrolle ist dadurch gegeben, daß nach Abschalten der zu messenden Spannung der Faden des Elektrometers — dieses stellt gleichzeitig den genügend kleinen Meßkondensator dar — bei bleibender Belichtung stehenbleiben muß. Bei der Auswertung ist die Austrittsgeschwindigkeit der Photoelektronen zu berücksichtigen. M. Büge.

Beleuchtung.

Elektrische Kopflampen. — Unter sonst gleichen Bedingungen gibt die Kopflampe, wie The Iron and Coal Trades Rev. berichtet, zwei- bis viermal mehr anfängliches Licht als die Handlampe, weil ihr Licht reflektiert wird, während das Licht der Handlampe sich zerstreut. Der wirkungsvolle Lichtwert der Kopflampe kann möglicherweise zehnmal größer sein als der einer Handlampe. Ob das in der Praxis zutrifft, hängt von der Entfernung von der zu beleuchtenden Arbeitstelle ab.

Unter den Kopflampen hat man die Auswahl zwischen einer 4 V-Blei-Säure-Lampe und der 2,6 V-Alkalilampe. Die 4 V-Lampe hat den Vorteil, daß sie im Gewicht der früheren 2 V-Lampe gleichkommt und im Anschaffungspreis in der Mitte zwischen der 2 V- und der Alkalilampe liegt und den Leuchtwert von mittelgroßen Alkali-Kopflampen hat. Somit ist die Wahl zwischen einer 4 V- und einer 2,6 V-Alkalilampe nur eine Geldfrage.

Die in Abb. 6 gezeigte Alkalilampe[2] ist die größte von drei Ausführungen. Der Akkumulator, der 22 Ah bei 1,5 A Entladestrom abgibt, sitzt in einem Stahlbehälter, der innen vernickelt und außen mit Kadmium plattiert ist. Einmal geschlossen, braucht derselbe jahrelang nicht geöffnet zu werden. Der Leuchtwert ist 16 K.

[1] Pohl u. Pringsheim, Verhandl. der Dt. Physikal. Gesellschaft 1912.

[2] Vgl. a. ETZ 1929, S. 1111.

Der 4 V-Blei-Säure-Akkumulator wird in einem Zelluloidkasten derart untergebracht, daß nach Öffnung des Deckels alle Platten zugleich herausgezogen werden können. Die Batterie mit Kasten wiegt 2,27 kg und das Kopfstück 200 g. Die Lampe gibt 10 K und brennt 12 h.

4 V-Handlampen gibt es nur in einer Ausführung, Abb. 7. Der Preis liegt zwischen einer 2 V-Lampe und einer mittelgroßen Alkalilampe, das Gewicht beträgt nur etwas mehr als dasjenige einer gewöhnlichen 2 V-Lampe, und die Kerzenstärke ist derjenigen einer guten Alkalilampe gleich. Von dieser Lampe sind in England mehr als 28 000 Stück im Gebrauch.



Abb. 6. 4 V-Kopflampe mit Blei-Säure-Akkumulator.

Alkalilampen gibt es in vielen Ausführungen mit drei verschiedenen Elektroden im Akkumulator: die flache Edisonplatte, die ringförmige Edisonplatte und die Wolfplatte. Diese Platten enthalten das aktive Material, das in seiner Zusammensetzung sehr verschieden ist. Bei der flachen Edisonplatte besteht das Material aus Nickel und feinverteiltem Eisen, bei der Ringplatte sind die Materialien Nickel und Kadmium in einem Elektrolyten, welcher Lithium enthält. Die Wolfelektroden bestehen auch aus Nickel-Kadmium, unterscheiden sich aber von den vorhergehenden dadurch, daß das aktive Material nicht in Taschen enthalten ist, sondern auf ein feindurchlochtes Nickelband gestrichen wird, welches dann gefaltet, gepreßt und in eine feste Platte geformt wird.

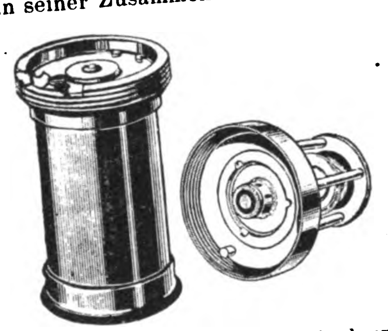


Abb. 7. Zweiteilige 4 V-Alkali-Grubenlampe von Wolf.

Die flache Edisonelektrode ist die billigste, hält aber nicht so lange wie die übrigen. Früher wurden die Platten in eisernen Kästen untergebracht, die verschweißt wurden. Da aber Reparaturen unvermeidlich sind, führt man jetzt die Kästen mit abnehmbaren Deckeln aus. Die Lampen haben durchschnittlich eine Leuchtkraft von 3 K während der ganzen Schicht. Die Kosten einer 4 V-Alkalilampe betragen zwei- bis dreimal derjenigen einer 2 V-Säurelampe, aber die Betriebskosten sind so viel geringer, daß sich die Anschaffung auf die Dauer bezahlt macht. (The Iron and Coal Trades Rev. Bd. 118, S. 11.) *Ill.*

Heizung. Öfen.

Hochfrequenzspulen zwischen Walzenständern zum Anwärmen von Blechen. — Das Auswalzen von Feinblechen und Blechstreifen hängt in erster Linie von der Temperatur des Materials ab. Das Warmwalzen dauert so lange an, wie die Abkühlungsgeschwindigkeit zuläßt. Wenn der Stahl zu kalt wird, muß er wieder erwärmt werden. Beim kontinuierlichen Walzen, bei dem das Wiedererwärmen aus praktischen Gründen bisher nicht angängig ist, hört die Reduktion bei ungefähr 1,6 mm Stärke auf. Beim gewöhnlichen Feinblechwalzen wird das Blech gedoppelt, wenn es zu dünn wird, oder es werden zwei oder mehr Bleche zusammengepackt und gleichzeitig in die Walzen gesteckt. Beim Kaltwalzen wird das Metall nach einigen Stichen hart und muß geglüht werden, eine Operation, die eine Unterbrechung des Walzprozesses bedeutet und weiteren Transport und Kosten verursacht. Wenn das Blech zwischen den Stichen eines kontinuierlichen Warmblechwalzwerks oder eines Zweiständerwalzwerks erwärmt wird, vereinfacht sich das Walzen. Diese Aufgabe des Anwärmens ist für Draht schon lange durch Einführung des sinnreichen Verfahrens, das als Patentieren bekannt ist, gelöst, und theore-

tisch gibt es keinen Grund, warum ein Ofen ähnlicher Konstruktion nicht auch für Bleche anwendbar ist. Die einzige Schwierigkeit läge darin, daß der „Blech-Patentierofen" um vieles länger als der Patentierofen für Draht sein müßte, weil das Blech dicker und breiter ist. Ein solcher Ofen von etwa 250 m Länge mag Bleche wärmen, aber es ist zweifelhaft, ob er sich auch für das Walzwerk bezahlt machen würde.

Bei einem kürzlich entwickelten Verfahren wird Hochfrequenzstrom zum Anwärmen der Bleche benutzt. Die Verwendung von hohen Frequenzen ist allen durch den Ajax-Northrup-Induktionsofen[1] vertraut, aber sowohl die Erzeugung als auch der Gebrauch von Strömen solcher Frequenzen würde in großen Mengen für die gewöhnliche Walzwerkspraxis schwierig sein. Beim Blechwalzen ist die Frequenz auf 500 Hz beschränkt, was bedeutend höher ist als die übliche jetzt benutzte Frequenz und doch nicht so hoch, daß die Konstruktion von Generatoren Schwierigkeiten bietet oder ihre Kosten über denjenigen der zwei- und dreiphasigen 60 Hz-Generatoren liegen.

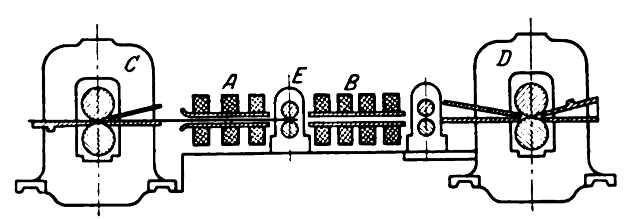


Abb. 8a. Walzeinrichtung zum Walzen von Feinblechen mit Hochfrequenzspulen.

Bei Versuchen mit einer Notbehelfeinrichtung wurde eine Energieabgabe von 23 % beobachtet, aber man hofft mit passenden Spulen 34 % erreichen zu können. Abb. 8a zeigt einen Satz Walzen eines Zweiständerwalzwerkes zum Walzen von Feinblechen, was heute nicht auf einer derartigen Straße geschieht; aber das neue Verfahren des Wiedererwärmens zwischen den Stichen würde diese Anordnung als logisches Vorgehen erscheinen lassen. Das vorgewalzte Blech tritt aus dem Gerüst *C* mit einer so niedrigen Temperatur bei der üblichen Walzwerkspraxis heraus, daß es in einen Wärmofen eingesetzt werden muß. Anstatt dessen geht es durch die Spulen *A* und *B*, die mit einem Hochfrequenzstrom von genügendem Umfang beschickt werden, um das Blech zu erwärmen. Am wirtschaftlichsten scheint es zu sein, das Blech in Vorwalzen herunterzuwalzen und dann in Zweiständerwalzen nach Abb. 8a fertig zu walzen. Die Walzenständer unterscheiden sich nicht von denen, die jetzt benutzt werden, mit der Ausnahme, daß jeder Ständer nur eine bestimmte Reduktion während der ganzen Zeit ausführt und die Walzen nur zum Ausgleich der Abnutzung nachgestellt werden. Da die Entfernung zwischen den Walzen in einem Zweiständer-Walzwerk größer ist als die Länge des zu walzenden Bleches beträgt, so befindet sich letzteres niemals in zwei Ständern zu gleicher Zeit. Es ist nicht notwendig, daß die Geschwindigkeiten der verschiedenen Walzenständer so sorgfältig eingestellt werden wie bei kontinuierlichen Walzwerken, und die üblichen Antriebsarten können verwendet werden.

Je nach Höhe der Reduktionen und anderen gewissen Bedingungen können die Heizspulen zwischen je zwei oder drei Stichen angeordnet werden, wenn das Metall noch ziemlich dick ist, und zwischen jedem Stich bei dünneren Blechen. Die Größe der Spulen wird auf Grund verschiedener Formeln berechnet. Die Spulen sollten fähig sein, einen genügend starken Strom aufzunehmen, um das Blech auf die richtige Temperatur unter den ungünstigsten atmosphärischen und Betriebsbedingungen zu bringen. Der Entwurf eines Walzwerkes dieser Art brachte eine Anzahl von mechanischen Aufgaben mit sich, die zu lösen waren. Der beste Wirkungsgrad des Walzwerks erfordert, daß die Walzen im Walzenständer *D* schneller laufen müssen als jene im Ständer *C*. Das aus den Walzen heraustretende Blech geht zu den Greifwalzen *E*, deren Aufgabe es ist, das Blech in das Walzgerät *D* zu bringen. Das bedeutet jedoch, daß während eines Teiles der Zeit das Blech durch die Walzen *E* mit der Anfangsgeschwindigkeit der Walzen des Ständers *C* und während der übrigen Zeit mit der Geschwindigkeit der Walzen im Ständer *D*, die bedeutend höher ist, laufen muß. Gibt man den Walzen also eine bestimmte Geschwindigkeit, so ist dieselbe immer falsch. Diese Aufgabe hat man dadurch gelöst, daß der Antrieb der Walzen *E* verstellbar ist. Alle Übertragungsrollen werden von den Walzen *C* durch Sperräder und Sperrklinken angetrieben. Die Umfangsgeschwindigkeit ist daher dieselbe wie der der Walzen *C*, so lange diese Rollen das Blech zu den Walzen *E* bringen und so lange sich das Blech zwischen den beiden Walzgerüsten befindet. Sobald jedoch das Blech in die Walzen *D* eintritt und anfängt, sich mit größerer Geschwindigkeit zu bewegen, werden die Walzen *E* frei und beeinflussen nicht weiter den Durchgang des Bleches.

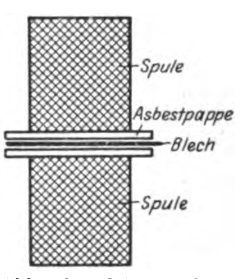


Abb. 8b. Schema der Blechführung zwischen den Spulen.

Eine andere Aufgabe war die Einrichtung der Führungen und Unterstützungen für das Blech während des Durchganges durch die Spulen. Das wurde deshalb sehr schwierig, weil jedes in diesen Führungen und Unterstützungen benutzte Metall durch die Sekundärströme, die durch den Hochfrequenzstrom in den Spulen erzeugt wurden, hoch überhitzt wird, und wenn es nicht geschützt ist, schließlich schmelzen würde. Die Aufgabe wurde durch ein ziemlich verwickeltes System von Führungen gelöst, welches das Blech in richtiger Entfernung von den Spulen hält (Abb. 8b). Die Führungen bestehen teilweise aus nichtleitenden Stoffen, teils sind sie wassergekühlt, wodurch der Wasserverbrauch des Wolzwerks ziemlich hoch wird.

Das Verfahren ist ohne Zweifel auch für kontinuierliche Blechwalzwerke, sowohl warme wie kalte, und für kontinuierliche kalte Streifenwalzwerke für dünne Abmessungen geeignet, besonders für breite Streifen. Das kann heute bis zu 2,75 mm Stärke und äußerst bis zu 1,6 mm geschehen. Das weitere Auswalzen muß dann von Hand geschehen, was aber bedeutet, daß der billigste Teil des Walzens auf kostspieligen kontinuierlichen Walzwerken geschieht. Wenn jedoch Hochfrequenz-Heizspulen nach Durchgang des 2,75 mm-Stiches eingebaut werden, so wird die Temperatur des Blechstreifens so erhöht, daß derselbe bis auf 0,7 mm ausgewalzt werden kann.

Mit dem Zweiständerwalzwerk läßt sich auch ein hohes Ausbringen erzielen, weil vorgewalzte Bleche so schnell, wie sie der Walze zugeführt werden, fertig gewalzt werden können. Man kann von einem solchen Walzwerk erwarten, daß es das Ausbringen von sieben bis zehn Vorgerüsten mit einer entsprechenden Verringerung der Löhne für das Fertigwalzen aufnehmen kann. Beim Walzen von Blechen in Zweiständerwalzwerken sind nur zwei Ofenerwärmungen erforderlich, einmal für die Platine vor dem Vorwalzen und ferner für das halbfertige Blech nach dem Vorwalzen. Alles weitere Erwärmen geschieht im Walzwerk selbst durch elektrischen Strom und bedarf keiner Handarbeit. Da ferner das Zweiständerwalzwerk als Fertigstrecke eine höhere Leistung hat als die Vorstrecken, so wird es möglich sein, bei bestehenden Walzwerken die Fertigstrecke mit weniger Schichten zu betreiben im Laufe der Woche als die Vorwalzen. Das mag ein Umsetzen der Öfen erforderlich machen, man spart aber Geld. (Iron Trade Rev. Bd. 83, S. S. 194.)

Ill.

Bahnen und Fahrzeuge.

Brown-Boveri-Bahnmaterial. — Die von BBC vor etwa drei Jahren im Straßenbahnbetrieb eingeführten Nockenfahrschalter sind für Spannungen bis 1500 V gebaut und dementsprechend allgemein auch für die schwersten Betriebsbedingungen verwendbar, aber verhältnismäßig groß. Dadurch führen diese in kleinen Straßenbahnwagen zu erheblichen Raumbeschränkungen und Unbequemlichkeiten für die Fahrgäste. Um auch in dieser Hinsicht den gestellten Anforderungen zu entsprechen, baut BBC nunmehr eine zweite wesentlich kleinere Type (Abb. 9), die für Spannungen bis 650 V, also vor allem für den Straßenbahnbetrieb brauchbar ist. Der neue Schalter vereinigt die Vorzüge des größeren mit kleinstem Raumbedarf. Form der Kontaktarme und besondere Ausbildung des Blasfeldes bewirken schnelle Lichtbogenlöschung und daher geringen Abbrand. Dies und die grundsätzliche Verwendung von Rollenlagern mit einfachster Anordnung der Schmierung gewährleisten niedrige Wartungskosten bei hoher Betriebsicherheit. Infolge Verwendung von Silberblättchen auf den Bremskontakten ist das Auftreten von Bremsversagern gänzlich ausgeschlossen.

Die äußerst einfache Steuerung der elektrischen Lokomotive ermöglichte die Besetzung des Führerstandes mit nur einem Mann. Um bei eintretender Dienstunfähigkeit des Führers eine Sicherheit für den Betrieb zu

[1] ETZ 1928, S. 1548.

schaffen, wird die Lokomotive mit einer sogenannten Totmann-Vorrichtung ausgerüstet, die in diesem Falle das Fahrzeug zum Stehen bringt. Sie muß also selbsttätig die Triebmotoren abschalten und anschließend eine Schnellbremsung des Zuges bewirken. Die Vorrichtung muß von der Fahrdrahtspannung und der zufälligen Lage der Steuerung gänzlich unabhängig sein.

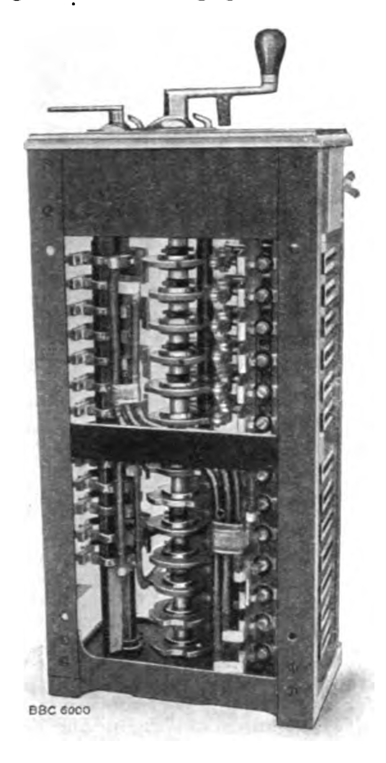


Abb. 9. Nockenfahrschalter für Spannungen bis 650 V.

Sie darf auch den Führer nicht ermüden und unter keinen Umständen durch künstliche Maßnahmen des Führers unwirksam gemacht werden können. Bei der Ausführung von BBC (Abb. 10) wird die Auslösung der Lokomotivschalter sowie die Einsetzung der Schnellbremsung durch eine Vorrichtung bewirkt, welche von einer Triebachse

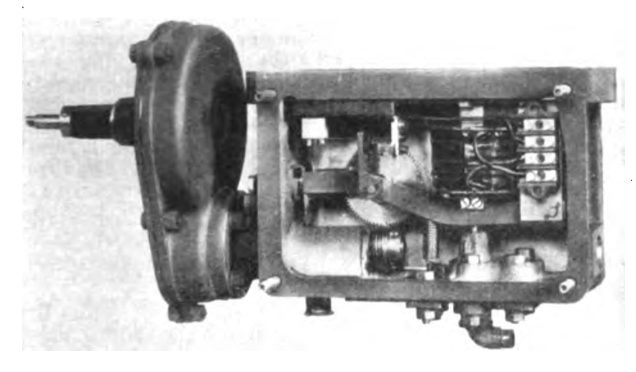


Abb. 10. BBC-Totmann-Sicherung.

der Lokomotive aus angetrieben wird. In der Übertragung zwischen Achse und Auslösevorrichtung ist eine Schnecke mit Rad eingeschaltet, die durch einen Magneten normalerweise außer Eingriff gehalten werden, so daß also die Auslösevorrichtung auch bei laufender Lokomotive still steht. Der Magnet wird über einen Hilfskontakt am Handgriff des Steuerschalters gespeist. Sobald der Führer die Steuerung losläßt, fällt der Magnet ab und die Auslösevorrichtung setzt sich in Tätigkeit. Nach Durchfahren einer bestimmten Strecke werden also die Motoren ausgeschaltet und dann der Zug durch Schnellbremsung stillgesetzt. Die hiermit beschriebene Vorrichtung verhindert, daß ein Zug, der nicht mehr in der Gewalt des Führers ist, Schaden anrichten kann, da er je nach seiner Geschwindigkeit nach einigen hundert Metern unbedingt sicher zum Stillstand kommt.

Bei Straßenbahnen mit langen Überlandstrecken werden die Außenstrecken vielfach mit der doppelten Spannung betrieben wie die Stadtlinien, z. B. mit 1100 bzw. 550 V. Die Licht- und Heizkreise werden dann in zwei gleichen Hälften je nach der Fahrdrahtspannung in Serie oder parallel geschaltet. Diese Umschaltung erfolgt durch den neuen BBC-Umschalter (Abb. 11) ohne Zutun des Führers völlig selbsttätig in die jeweils richtige Stellung.

Ist der Apparat spannungslos, dann wird die 1200 V-Schaltung hergestellt. Wird dann die Spannung von 600 V. z. B. bei Inbetriebsetzung, angelegt, dann springt ein Magnet an und stellt die Umschaltung der beiden in Serie geschalteten Lichtkreise auf Parallelstellung her. Ein zweiter Magnet ist mit einer solchen Wicklung versehen, daß er nur bei 1200 V und nicht bei der halben Spannung anspricht, dabei die Zuleitung zum Niederspannungsmagnet unterbricht und somit den Apparat in der Serienstellung (für 1200 V) hält. Das gleichzeitige Anspringen des Hoch- und Niederspannungsmagneten wird in diesem Falle durch ein Zeithemmwerk verhindert, welches das Anspringen des Niederspannungsmagneten um eine Sekunde verzögert. Beim Übergang von 600 auf 1200 V fällt der Umschalter auf dem spannungslosen Stück zwischen den beiden Strekken von selbst in die Hochspannungslage zurück und wird dann dort gehalten. Dieser Umschalter arbeitet auch noch bei großen Spannungsgrenzen völlig einwandfrei, u. zw. bei Oberspannungen zwischen 1450 und 760 V und Niederspannungen zwischen 700 und 400 V. Der Leistungsverbrauch des ganzen Umschalters beträgt nur 150 W.

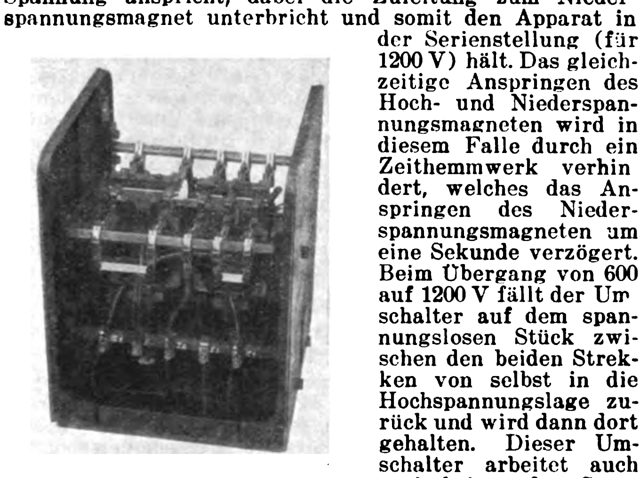


Abb. 11. Selbsttätiger BBC-Lichtumschalter für Straßenbahnen.

Die üblichen Halte- und Fahrtsignale sind im Lärm des Großstadtverkehrs vielfach nicht hörbar. Von BBC wurde deshalb ein optisches Signalsystem entwickelt, das eine unbedingt sichere Signalgabe gewährleistet. Dabei sind zwei Glühlampen in Reihe geschaltet, die bei wesentlich verschiedenen Stromstärken leuchten. Normalerweise leuchtet nur die eine hell, während die andere praktisch unsichtbar glüht. Durch Kurzschließen der helleuchtenden Lampe wird die glühende stark aufleuchten. Die in Reihenschaltung leuchtende Lampe ist grün, die andere rot. Beide sind im Führerstande angeordnet. — Beim Halt auf einer Station wird durch einen Umschalter im Führerstande die Lampenschaltung so geändert, daß die grüne Lampe durch je einen in jedem Trieb- oder Anhängewagen befindlichen Schalter kurzgeschlossen ist, also die rote Lampe aufleuchtet. Sobald das Ein- und Aussteigen in den einzelnen Wagen beendet ist, öffnet jeder Schaffner den in seinem Wagen bestehenden Kurzschluß, und gibt damit für sich die Abfahrt frei. Wenn alle Schaffner geschaltet haben, leuchtet vorn die grüne Lampe auf zum Zeichen, daß der ganze Wagenzug abfahrbereit ist. Auf der nächsten Station schaltet der Führer die Lampen wieder, wie oben beschrieben, auf Kurzschlußstellung um. Der Vorteil dieses Systems liegt darin, daß alle Schaffner von einander unabhängig sind. Etwaige Störungen machen sich dadurch bemerkbar, daß keine Lampe brennt. Falschmeldungen sind also ausgeschlossen und die Anlage ist entsprechend betriebsicher. *fi*

Fernmeldetechnik.

Gestaltung des Fernleitungsnetzes für den Fernsprechverkehr. — Als wesentliche Aufbauteile jeder Ferngesprächsverbindung sind zu unterscheiden: Die Fernleitungen als die Verbindungen von Ort zu Ort und die beiderseitig an diese Leitungen anschließenden Teile, nämlich die Leitungen zwischen den Fernämtern und den Ortsvermittlungsstellen (Fernvermittlungsleitungen) und die Leitungen zwischen diesen Vermittlungsstellen und Sprechstellen (Teilnehmerleitungen). Nach der deutschen Bauweise ergeben die beiderseits zwischen Fernamt und Teilnehmersprechstelle



liegenden Aufbauteile der Gesprächsverbindung eine Gesprächsdämpfung von je 1,0 Neper, sie machen für die Verbindung im ganzen mithin 2,0 Neper aus, so daß, wenn man dem CCI folgend 3,3 Neper als zulässige Gesprächsdämpfung für die ganze Gesprächsverbindung gelten läßt, auf den Fernleitungsteil 1,3 Neper entfallen. Die Fernkabelleitungen sind auf eine Restdämpfung in diesem Betrag abgestellt, so daß für alle Fälle, in denen nur eine Fernleitung, also nicht mehr als zwei Fernämter beteiligt sind, die Bedingungen für ausreichende Lautübertragung gegeben sind. Eine derartige Betriebsreglung wird, da die gegenseitige Verbindung aller Fernämter durch unmittelbare Fernleitungen wirtschaftlich nicht lohnend ist, nur für einen Teil des Verkehrs Platz greifen können. Der andere Teil muß unter Zusammenschaltung mehrerer Fernleitungen bei sog. Durchgangsanstalten erledigt werden und dies in um so höherem Maße, je weiter die in Verkehr tretenden Orte voneinander entfernt sind. Damit die Gesamtdämpfung der so zusammengeschalteten Fernleitungen 1,3 Neper nicht übersteigt, müssen bei den Durchgangsanstalten lose Verstärker, sog. Schnurverstärker, eingeschaltet werden. Die Zahl dieser wie auch der in den Fernkabelleitungen liegenden festen Verstärker kann für eine Gesprächsverbindung ohne Beeinträchtigung der Lautübertragung nicht in beliebiger Weise gesteigert werden, weil die an jedem Verstärkerpunkt angeordneten Leitungsnachbildungen nicht ideal sein* können und daher Anlaß zu störenden Reflexionserscheinungen geben. Dies gilt nur für Zweidrahtschaltungen, weshalb man auch eine ganze Vierdrahtfernleitung in diesem Sinne nur als einen Zweidrahtverstärker rechnet. Nach dem derzeitigen elektrischen Zustand des Fernkabelnetzes dürfen nicht mehr als 5 Zweidrahtverstärker (feste oder Schnurverstärker) in eine Gesprächsverbindung eingeschaltet sein.

Die Zahl der zusammenzuschaltenden Fernleitungen ist also begrenzt. Beträgt sie z. B. 5, liegen also 4 Durchgangsanstalten mit 4 Schnurverstärkern in der Verbindung, so darf nur noch ein fester Verstärker eingeschaltet sein, d. h. vier Fernleitungen dürfen überhaupt keinen und die fünfte nur einen Verstärker haben. Aus Zweckmäßigkeitsgründen wird das Kernstück einer Weitverkehrsverbindung aus einer langen Fernleitung (Weitverkehrsleitung) gebildet, an die sich bedarfsweise kürzere Fernleitungen (Zubringerleitungen) anschließen. Im gegebenen Beispiel müßte die Weitverkehrsleitung eine Vierdrahtleitung (gleich ein Zweidrahtverstärker) sein, stellte also eine sehr kostspielige Anlage dar. Je weniger Schnurverstärker, also Durchgangsanstalten, an einer Gesprächsverbindung beteiligt sind, desto mehr besteht die Möglichkeit, für die Weitverkehrsleitung den billigeren Zweidrahtbetrieb vorzusehen. Schon diese Überlegung führt dazu, den Verkehr in möglichst vielen Fällen jeweils nur über eine Fernleitung, also ausschließlich als Endverkehr, abzuwickeln. Man sieht daher zwischen allen Fernämtern mit genügendem, gegenseitigem Verkehr — etwa von 70 Gesprächen täglich ab aufwärts — unmittelbare Fernleitungen vor. Dies hat auch sonstige wirtschaftliche Vorteile, weil man zusätzliche Vermittlungsarbeit bei Durchgangsanstalten spart und Zubringerleitungen vermeidet, die, um für die Weitverkehrsleitung keinen verlustbringenden Aufenthalt entstehen zu lassen, nur schwach belastet sein dürfen, also schlecht ausgenutzt sind. Soweit sich die Bereitstellung unmittelbarer Fernleitungen nicht lohnt und der Verkehr über Durchgangsanstalten gehen muß, wird deren Zahl möglichst beschränkt, indem für den gegenseitigen Verkehr gewisser möglichst kleiner Gebiete unmittelbare Leitungen vorgesehen und die Fernämter der Versorgungsgebiete durch Zubringerleitungen mit den Endpunkten der Weitverkehrsleitungen verbunden werden. Je nach der gegenseitigen Entfernung der in Verkehr tretenden Gebiete, werden diese größer oder kleiner zu wählen und das Zubringernetz entsprechend zu gestalten sein.

Bei großen Versorgungsgebieten strahlen die Zubringerleitungen an den Umschlagpunkten, den Durchgangsämtern, nicht unmittelbar zu den kleinen Endverkehrsämtern sondern sammeln sich gebietsweise noch bei Umschlagpunkten zweiter Ordnung, den ebenfalls mit Schnurverstärkern ausgerüsteten Verteilerämtern, an die erst die kleineren Endverkehrsämter durch weitere Zubringerleitungen anschließen. Bei einer solchen Gestaltung der Verkehrsverhältnisse kommen tatsächlich bis zu vier Schnurverstärker in eine Gesprächsverbindung. Damit auch auf weite Entfernungen jede Sprechstelle mit jeder anderen ohne Schwierigkeiten in Verkehr treten kann, müssen alle Umschlagpunkte erster Ordnung durch unmittelbare Fernleitungen, u. zw. durch Vierdrahtleitungen miteinander verbunden sein. Um in möglichst vielen Fällen unmittelbare Weitverkehrsleitungen zwischen zwei Fernämtern lohnend zu machen, muß der Vermittlungsbereich eines Fernamts tunlichst groß gemacht werden. Diesem Gesichtspunkt entspricht es, wenn in Deutschland Hand in Hand mit der Durchführung des Selbstanschlußbetriebs die Fernverkehrseinrichtungen bei den kleineren Orten beseitigt und diese Orte für ihren Fernverkehr auf benachbarte größere Fernämter gestützt werden. Diese Art der Netzgestaltung ist aber auch für die Abwicklung des mittelbaren (über Durchgangsanstalten gehenden) Fernverkehrs günstig, weil sich für verhältnismäßig wenig Fernämter leichter ein rationell arbeitendes Zubringernetz schaffen läßt. (Kölsch, Europ. Fernspr. 1929, S. 132.) *Sb.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1928[1]. — Von den in der Reichsanstalt ausgeführten Arbeiten sollen hier nur diejenigen der Abteilung 2 (Elektrizität) besprochen werden, soweit sie nicht bereits in Sonderreferaten behandelt wurden. Die Reichsanstalt nahm an der Konferenz über internationale Normalisierung des Aluminiums und über elektrische Einheiten von 16. ... 22. XI. in Paris teil. Über den Minimalwert der Zugfestigkeit des Aluminiums sowie über den Maximalwert des spezifischen Widerstandes konnte eine Einigung erzielt werden, jedoch nicht über den Mittelwert des spezifischen Widerstandes[2]. Vor Fassung einer endgültigen Entschließung soll weiteres umfangreiches Beobachtungsmaterial beschafft werden. Über die Normung des weichen Aluminiums kam infolge des außerhalb Deutschlands nur geringen Interesses eine internationale Festsetzung nicht zustande. Die Konferenz über die elektrischen Einheiten behandelte die Frage, ob die internationalen Einheiten durch die absoluten ersetzt werden sollten. Es wurde einstimmig beschlossen, daß der Übergang von den bisherigen Einheiten zu den absoluten für wissenschaftliche und technische Zwecke vollzogen werden soll. Den Bedenken des Vertreters der Reichsanstalt wurde insoweit Rechnung getragen, als der Zeitpunkt der Einführung der absoluten Einheiten hinausgeschoben wird, bis die absoluten Werte und damit ihre Beziehungen zu den bisherigen Werten mit der erforderlichen Genauigkeit festgelegt sind.

Ferner nahm die Reichsanstalt an dem 2. internationalen Radiologenkongreß vom 23. ... 27. VII. in Stockholm teil. Es wurde hier einstimmig die Annahme einer internationalen Röntgenstrahlen-Dosiseinheit beschlossen, deren Definition im wesentlichen dem deutschen Vorbild folgt. Eine Abweichung liegt nur in der Bezugstemperatur der Luft, die mit 0° festgesetzt wurde, während sie in der bisherigen deutschen Definition 18° betrug. Infolgedessen verhält sich das internationale Röntgen (r) zu dem bisherigen deutschen Röntgen (R) wie 1 : 1,066. Seit dem 1. XII. 1928 werden die Eichergebnisse der Reichsanstalt für Dosismesser nur noch in internationalen Röntgen angegeben. Der dritte von der Reichsanstalt beschickte internationale Kongreß war die Tagung der internationalen Beleuchtungskommission in den V. S. Amerika vom 3. IX. ... 1. X. 1928. Auf ihm wurden als Umrechnungsfaktoren der internationalen Kerze zur Hefnerkerze festgesetzt

1,11 für die Kohlefadenlampe,
1,145 für die Wolfram-Vakuumlampe,
1,17 für die gasgefüllte Nitralampe.

Die Anforderungen an die Genauigkeit von Frequenzmessungen bedingen die Aufstellung einer neuen Frequenzskala. Die Genauigkeit des bisherigen aus Thomsonschen Schwingungskreisen bestehenden Normalfrequenzmessers beträgt $1 \ldots 2 \cdot 10^{-4}$. Heute erscheint eine zehnmal größere Genauigkeit notwendig und erreichbar. Ein Fundamentalpunkt verhältnismäßig niedriger Frequenz (1560 Hz) wird durch einen Stimmgabelsender nach Karolus festgelegt und durch Zeitmessung mittels Chronographen möglichst genau absolut bestimmt. Über den ganzen in Betracht kommenden Frequenzbereich von etwa $10^3 \ldots 10^7$ Hz wird eine größere Anzahl leuchtender Quarzresonatoren als Festpunkte verteilt und mit Hilfe von harmonischen Oberschwingungen auf den Fundamentalpunkt bezogen. Die longitudinal schwingenden Quarzresonatoren sind nach den bisherigen Erfahrungen zweifellos konstanter als der Normal-Frequenzmesser, ihre Abstimmgenauigkeit beträgt im allgemeinen $1 \ldots 2 \cdot 10^{-5}$. Das Frequenzgebiet von $10^3 \ldots 3 \cdot 10^4$ Hz ist mit Longitudinalschwingungen nicht erreichbar;

[1] Der Bericht über das Jahr 1927 erschien in der ETZ 1928, S. 1856.
[2] Vgl. a. ETZ 1929, S. 760.

hier werden transversal schwingende Quarzresonatoren verwendet. Der Temperaturkoeffizient der Frequenz der Leuchtresonatoren ist sehr klein; für die Transversalresonatoren wurde er zu etwa $-5 \cdot 10^{-6}$ bestimmt, also 20mal kleiner als bei den gewöhnlichen Stimmgabeln; für die Longitudinalresonatoren hat er vermutlich die Größenordnung $1 \cdot 10^{-6}$. Das dritte Glied der neuen Frequenzskala ist der bisherige Normalfrequenzmesser mit kontinuierlicher Skala, der entweder direkt oder über die Quarzresonatoren auf den Fundamentalpunkt bezogen wird.

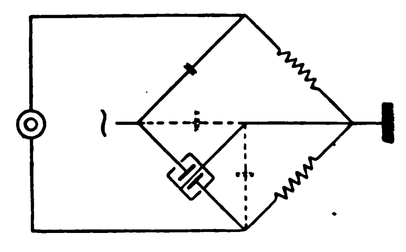


Abb. 12. Schaltung eines Kapazitätsvariators ohne Anfangskapazität.

Einen Kapazitätsvariator ohne Anfangskapazität kann man dadurch erhalten, daß man einen Kondensator so in eine Meßschaltung legt, daß nur die Teilkapazitäten der Belegungen gegeneinander wirksam sind, jedoch ihre Teilkapazitäten gegen Erde nicht oder nur mittelbar in die Messung eingehen. Eine solche Schaltung muß wie die Brückenschaltung der Abb. 12 drei Anschlußpunkte verschiedenen Potentials besitzen. Schiebt man nun eine leitende, mit dem Gehäuse verbundene Trennwand zwischen die Belegungen ein, so wird der zwischen diesen übergehende Kraftfluß nach Erde abgeleitet, so daß die Teilkapazität der Belegungen gegeneinander kontinuierlich bis auf den Wert Null verringert werden kann. Zur Registrierung von Kapazitätsänderungen dient eine Kapazitätsbrücke (Abb. 13)

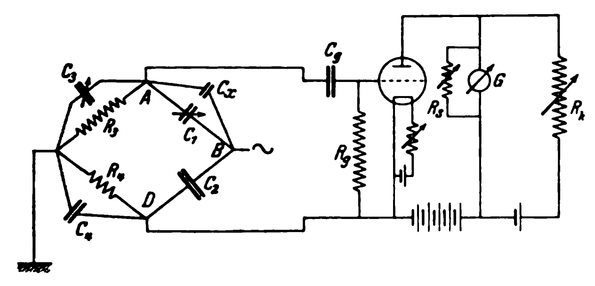


Abb. 13. Registrierung von Kapazitätsänderungen.

mit zwei Kapazitäten C_x und C_2 und zwei Widerständen R_3 und R_4. Die Ausgleichkondensatoren C_1, C_3 und C_4 dienen zur Erfüllung der Amplituden- und Phasenbedingung. Als Indikator dient eine Elektronenröhre in Gittergleichrichtungsschaltung, in deren Anodenkreis ein kompensiertes Gleichstromgalvanometer G (Registrierinstrument) eingeschaltet ist. Die Stromänderung im Anodenstrom ist proportional der Kapazitätsänderung von C_x, wenn man dem Gitter durch geringe Verstimmung der Brücke eine Wechselvorspannung erteilt.

Untersuchungen der dielektrischen Verluste von Quarzglas und Preßbernstein bestätigten nicht die hohen Verlustwerte, die von A. Palm[1] angegeben worden waren. Bei Prüfung von Transformatorenöl nach VDE-Vorschrift hatte sich gezeigt, daß sich die an verschiedenen Meßstellen ermittelten Werte erheblich, zum Teil im Verhältnis 1 : 2 unterschieden. Vergleichsversuche in der Reichsanstalt und den Prüfämtern Ilmenau, Hamburg und Nürnberg zeigten, daß die Meßwerte mit erheblichen Streuungen behaftet sind und auch von Meßstelle zu Meßstelle stark schwanken. Die Bedeutung des numerischen Wertes der Durchschlagfestigkeit ist danach als verhältnismäßig gering zu bezeichnen. Es dürfte im allgemeinen empfehlenswert sein, daß sich die Antragsteller nach Möglichkeit mit der Feststellung begnügen, ob das Öl den VDE-Vorschriften genügt oder nicht. Auf die Messung im Zustande der Einsendung scheint die Beschaffenheit der Behälter von erheblichem Einfluß zu sein. An Ölproben gleicher Sorte wurden an den einzelnen Meßstellen mittlere Durchschlagfestigkeiten zwischen 40 und 130 kV/cm bestimmt. Bei einheitlich vorbehandelten Kanistern ergaben sich Mittelwerte zwischen 140 und 250 kV/cm. Bei Messungen nach Vorbehandlung des Öls durch Trocknen und Filtrieren kommt viel auf die Art des Filtrierens an. Die Mittelwerte der Durchschlagfestigkeit, die nach genau dem gleichen Verfahren erzielt wurden, schwanken zwischen 260 und 310 kV/cm.

[1] A. Palm, ETZ 1927, S. 1611.

Zur Untersuchung des Anlaufvorganges von Motoren größerer Leistung läßt sich die konstante Belastung auch dadurch erreichen, daß als Bremse eine konstant erregte Gleichstrommaschine in Gegenschaltung benutzt wird, deren Ankerstrom während des Anlaufs konstant gehalten wird. Die Regelung des Ankerstroms geschieht durch einen selbsttätigen Schnellregler nach Abb. 14. Der Strom I und die konstante Erregung der als Bremse wirkenden Gleichstrommaschine B werden so eingestellt, daß auf den Versuchsmotor das verlangte Belastungsdrehmoment ausgeübt wird. Der Generator G speist B unter Zwischenschaltung eines festen Widerstandes R mit Strom. An den Klemmen von R ist die Relaisspule eines Spannungsreglers angeschlossen, der in den Feldkreis von G eingebaut ist. Beim Anlauf entsteht in B eine EMK, die im gleichen Sinne wirkt wie die Spannung von G. Da der Regler den Spannungsabfall in R konstant hält, wird die Spannung in G sinken und I konstant bleiben.

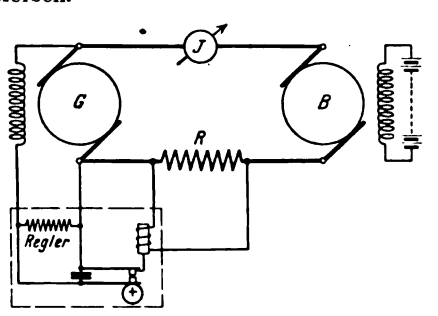


Abb. 14. Regelung des Ankerstromes.

Zur stroboskopischen Messung des Voreilwinkels eines Synchronmotors setzt man auf seine Welle eine Scheibe mit radialen Schlitzen, die von einer zweiten Scheibe verdeckt wird, welche auf der Welle eines Hilfsynchronmotors sitzt. Die stroboskopischen Bedingungen sind so gewählt, daß sich nach dem Häufungsverfahren die stroboskopische Bildzahl 50 ergibt. Wird eine dritte feststehende Scheibe mit 49 Schlitzen als Noniusblende vorgesetzt, so sieht man nur an einer bestimmten Stelle des Umfangs Schlitze. Bei Belastung des Synchronmotors verschieben sich diese Schlitze um den 50fachen Betrag des geometrischen Voreilwinkels. Eine Voreilung von 4 ... 5 Winkelminuten ist so noch meßbar. (Z. Instrumentenk. Bd. 49, S. 157, 213, 265.) *Br.*

Hochspannungstechnik.

Durchschlagfestigkeit und dielektrische Verluste von Porzellan und Hartpapier. — Bei der Ausführung von Durchschlagversuchen in Isolierflüssigkeiten entstehen bei ungeeigneter Prüfordnung Fehlerquellen durch das Auftreten von „Randstörungen", deren Ursache die hohe und nicht berechenbare Feldstärke am Elektrodenrand ist. Um zuverlässige Werte zu erhalten (z. B. bei der Durchschlagprüfung von Hochspannungs-Isolatoren), müssen diese Randstörungen beseitigt werden. Dies geschieht durch zweckmäßige Ausbildung der Proben sowie Anwendung einer geeigneten Isolierflüssigkeit, die in besonderen Fällen unter hohen Druck gebracht wird. Der Durchschlag folgt nicht bei allen festen Isolierstoffen derselben Gesetzmäßigkeit, verläuft vielmehr je nach Stoffart und Temperaturhöhe verschieden. Das wird an den beiden wichtigsten Hochspannungs-Isolierstoffen, Porzellan und Hartpapier, gezeigt.

Hartpapier besitzt bereits bei normaler Temperatur einen „Wärmedurchschlag". Dementsprechend hängt bei ihm die Durchschlagfestigkeit in hohem Grade von der Temperatur sowie von der Dauer der angelegten Spannung ab. Sie ist für Dauerbelastung nur ein Bruchteil derjenigen bei kurzzeitiger Beanspruchung. Die Messung der dielektrischen Verluste gibt zuverlässige Ergebnisse und charakterisiert das elektrische Verhalten. Die Durchschlagfestigkeit von Porzellan dagegen ist von der Temperatur und von der Dauer der Beanspruchung verhältnismäßig wenig abhängig. Der dielektrische Verlustfaktor kennzeichnet die Güte des Werkstoffes nicht, die Durchschlagfestigkeit ist vielmehr von der Höhe der di-

elektrischen Verluste unabhängig. Hieraus ergibt sich, daß bei Porzellan in dem ganzen seiner praktischen Verwendung entsprechenden Temperaturbereiche der Durchschlag unmittelbar von der Feldstärke abhängt und als „Ionisations-Durchschlag" angesprochen werden kann. (H. Handrek, Mitteilungen der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. 1929, S. 1455.) *W.*

Überschlagverzögerung an Isolatoren. — Die Beziehungen zwischen Überschlagspannung und Wellensteilheit sind von Wade und Smith mit Hilfe des Kathodenoszillographen untersucht worden. Die Wellen wurden von einem Stoßgenerator für 500 kV geliefert und dem zu prüfenden Isolator in der Schaltung Abb. 15 zugeführt. Die

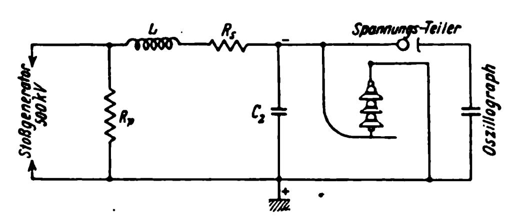


Abb. 15. Meßschaltung.

Steilheit wurde durch Ändern des Widerstandes R_s, aber auch durch Änderung von L und C_2 variiert. Spannung und Zeit wurden mit dem Kathodenoszillographen aufgezeichnet. Die verwendete Stoßwelle hatte einen fast geradlinigen Stirnanstieg. Untersucht wurden Stützer für 15, 37 und 50 kV, ferner 2- bis 3gliedrige Hängeketten, u. zw. in trockenem Zustand und bei Regen. Außerdem wurden Kontrollversuche mit 60 Hz durchgeführt.

Die Versuche ergaben, daß mit zunehmender Wellensteilheit die Überschlagspannung anwächst; sie ist für sehr steile Wellen das 2- bis 3fache des niedrigsten Wertes. Bei Stirnlängen von mehr als 10 µs ist die Spannungserhöhung nur klein, etwa 35 % im Mittel. Ein Beispiel der von den Verfassern aufgenommenen Kurven gibt Abb. 16;

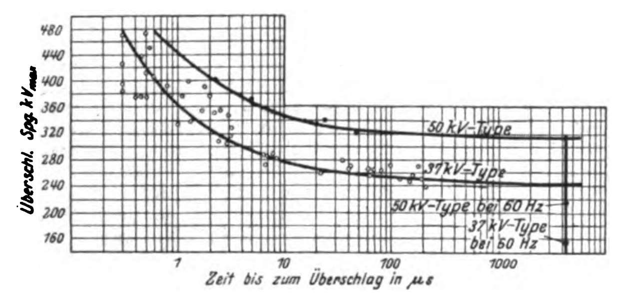


Abb. 16. Trockenüberschlag an 37- und 50 kV-Isolatoren (Kappe negativer Stoß, Stütze geerdet).

außer den Stoßspannungswerten für zwei Stützertypen sind noch die 60 Hz-Werte bei 4170 µs (gleich ¼ Periode) angegeben. Die Zeitverzögerung ändert sich je nach der Isolatortype und zeigt einen Polaritätseffekt derart, daß je nachdem, ob der negative Stoß auf die Kappe oder Stütze des Isolators trifft, andere Überschlagspannungen erhalten werden. Ist 1 die Überschlagspannung bei 60 Hz, so entspricht 1,5 dem Stoßüberschlag bei negativer, 1,08 dem bei positiver Kappe. Der Unterschied wird bei steileren Wellen geringer und verschwindet bei einer Stirnlänge von 0,2 µs. Dieser Polaritätseffekt, der bei Hängisolatoren nicht nachweisbar war, dürfte auf die Anordnung und Form der Elektroden, auf ihre Lage zu geerdeten Teilen und die Beschaffenheit der Porzellanoberfläche zurückzuführen sein. Bei Beregnung waren die Ergebnisse ganz ähnlich; die Berücksichtigung dieser Polaritätsunterschiede ist also nicht unwesentlich. Interessant ist ferner, daß die an einem Isolator gemessenen Verzögerungen unter allen äußeren Bedingungen einem zu sehr steilen Fronten gehörigen Grenzwert zustreben: die sehr steilen Wellen scheinen also das Überschlagsphänomen in seiner reinsten Form darzustellen.

Durch häufige Überschläge werden auf der Isolatoroberfläche sichtbare Entladungspfade erzeugt, die bis 60 Hz eine geringe Erniedrigung der Überschlagspannung bewirken, bei Stoßspannungen jedoch offenbar keinerlei Einfluß ausüben. (E. J. Wade u. G. S. Smith, El. World Bd. 92, S. 309.) *nkl*

Verschiedenes.

Sächsischer Dampfkessel-Überwachungs-Verein, Chemnitz. — Aus dem Ingenieur-Bericht 1928 des Sächsischen Dampfkessel-Überwachungs-Vereins verdient hervorgehoben zu werden, daß namentlich bei der Ausbesserung von Dampfkesseln die Schweißung infolge ihrer weitgehenden Anwendungsmöglichkeiten große Bedeutung erlangt hat. Es ist heute möglich geworden, damit viele Schäden in kurzer Zeit zuverlässig und dauernd zu beheben, zu deren Beseitigung früher längere Betriebsunterbrechungen und die Erneuerung einzelner Kesselteile unvermeidlich waren. Die elektrische und insbesondere die Gleichstrom-Schmelzschweißung verdiene vor der Gasschweißung den Vorzug, da bei ihrer Anwendung das Auftreten von Wärmespannungen, das bei der Gasschweißung oft noch während der Arbeit zu neuen Rißbildungen führte, ziemlich sicher vermieden werden könne. Auch die größere Dichtigkeit der Schweißung spreche für die Anwendung des elektrischen Verfahrens. In einer vergleichenden Gegenüberstellung von Dampfmaschine, Dieselmotor und elektrischem Antrieb werden die betrieblichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte der drei Antriebsarten behandelt. Man kommt zu dem Ergebnis, daß der elektrische Antrieb sich wegen seiner großen betrieblichen Vorzüge in erster Linie für kleine Betriebe eigne, seine Wirtschaftlichkeit aber schon bei einer Leistung von 50 PS zweifelhaft werde. Bei 50 PS könne die Wirtschaftlichkeit der Dieselmaschine von der Dampfmaschine nur durch Ausnutzung des Abdampfes zu Heizzwecken erreicht werden. Das Gebiet der Großanlagen gehöre allein der Dampfmaschine. Bei schwankender Belastung müsse der elektrische Anschlußwert der Höchstleistung entsprechen, woraus sich hohe Strompreise ergeben. Unter diesen Verhältnissen wird die Dampfmaschine auch dem Dieselmotor, der überdimensioniert werden müsse, überlegen sein. Es wird dann noch die selbsttätige Stockwerks-Feineinstellung für elektrische Aufzüge an Hand der Ausführungen verschiedener Firmen besprochen und durch Abbildungen erläutert.

Die elektrotechnische Abteilung weist darauf hin, daß in feuergefährlichen Betriebstätten nur geschlossene Motoren zur Aufstellung gelangen sollten. Wenn auch nicht in allen Räumen von Baumwollspinnereien die Staubgefahr gleichgroß ist, und an manchen Stellen auch offene Motoren unbedenklich sind, so sei doch Vorsicht geboten. Auch die Verwendung ungenügend abgedeckter Regelwiderstände in feuergefährlichen Betriebstätten sei zu beanstanden. Die vielfach übliche Bauart mit gelochten Schutzblechen oder freien Rückseiten sei unzulänglich. Für die Sicherung von Drehstromkreisen bei Verwendung von Selbstschaltern wird empfohlen, drei Überstromauslöser anzubringen, wo der Nullpunkt des Drehstromsystems zugänglich oder etwa über eine Durchschlagsicherung geerdet ist. Die Fälle, wo man mit nur 2 Überstromauslösern auskommt, sind als Ausnahme zu betrachten, und es empfehle sich, auch in den Ausnahmefällen, von der zweiphasigen Schutzart abzusehen, da sich die örtlichen Verhältnisse oft ändern und die Voraussetzungen, unter denen zweiphasige Auslöser genügen, dann nicht mehr zutreffen. Von Maschinen- und Werktischleuchten aus Isolierstoff werde leider noch zu wenig Gebrauch gemacht, und es wird zur Beachtung der Vorschriften für Handlampen aufgefordert, nachdem durch das Fehlen eines Schutzglases wieder ein tödlicher Unfall eingetreten sei. Da die Verlegung von eisenbandarmierten Erdkabeln in einem Kanal gemeinsam mit Dampf und Wasserrohr nach 19jähriger Dauer zu chemischen Zerstörungen des Eisen- und Bleimantels geführt hat, wird davor gewarnt, falls es sich nicht um begehbare weite Kanäle handelt, Kabel zusammen mit Rohrleitungen zu verlegen. Es wird auch bemerkt, daß die Aufstellung von kompensierten Motoren, übererregten Synchronmotoren und besonderen Phasenschiebern angesichts der für die Verbesserung des Leistungsfaktors gebotenen Strompreisvorteile immer weiter fortgeschritten sei. Vor der Hoffnung auf allzugroße Vorteile bei kleineren Anlagen müsse aber gewarnt werden. Endlich wird noch eine Gerichtsentscheidung mitgeteilt, nach welcher ein Werk, das seine Abnehmer bisher mit Gleichstrom versorgt habe, anstatt dessen jetzt aber nur noch Drehstrom liefern wolle, nicht verpflichtet sei, die frühere Stromart beizubehalten und bei Änderung der Stromart die Kosten für die Auswechselung der Motoren zu tragen. (Auszug aus dem 51. Ingenieur-Bericht des Sächs. Dampfkessel-Überwachungs-Vereins, Chemnitz.) Ka.



Die Umstellung der norwegischen Stickstoffindustrie. — Nachdem im Jahre 1905 die erste Stickstoffabrik nach dem Lichtbogenverfahren in Notodden mit 2500 PS Wasserkraftleistung in Betrieb gesetzt und 1907 durch die Hinzunahme von 30000 PS der Anlage Svälgfoss erweitert worden war, vergrößerte die Norsk Hydro Kvelstoff-Industrie ihre Anlagen in rascher Folge bis zu einem Gesamtausbau von 475000 PS installierter Leistung, welche derzeit der Stickstoffgewinnung dienen. Die einzelnen Werke sind:

Frøistul	mit 50 m Gefälle und	35 000 PS
Vemork	„ 300 m „ „	195 000 „
Såheim	„ 275 m „ „	165 000 „
Svälgfoss	mit	60 000 „
Lienfoss	mit	20 000 „

Die Stickstoffwerke in Notodden, Såheim und Rjukan nahmen diese Leistung auf und verarbeiteten sie zu Kalksalpeter, sogenannten Norgesalpeter, mit 13 % Stickstoffgehalt sowie zu Kalkstickstoff mit etwa 20 % Stickstoffgehalt. Für letzteres liefern die Anlagen in Odda mit der vom Kraftwerk Tyssefaldene (100 000 PS) bezogenen Kraft das Karbid.

Das kraftverzehrende Luftstickstoffverfahren mit einem Verbrauch von etwa 60 000 ... 70 000 kWh für 1 t N wurde allmählich übertroffen durch die Entwicklung der Ammoniaksynthese nach dem Verfahren von Haber und Bosch, zu dessen Durchführung die großen Wasserkräfte die Möglichkeit boten, reinen Wasserstoff unmittelbar durch Wasserzersetzung zu gewinnen und alle weiteren schwierigen Reinigungsprozesse dabei zu erübrigen, wie sie bei dem Verfahren der Wasserstoffgewinnung aus Wassergas nach dem auf Kohle gegründeten Verfahren der I. G. Farben in Deutschland nötig sind. Auf diese Weise gelingt es, nur aus Luft und Wasser 1 t reinen Stickstoff mit 10 000 ... 12 000 kWh zu gewinnen, wobei für die Wasserzersetzung zu 1000 m³ Wasserstoff etwa 5000 kWh aufzuwenden sind.

Im Jahre 1926 errichtete die Norsk Hydro eine Versuchsanlage nach diesem Verfahren in Notodden, und nachdem die I. G. Farben Einfluß auf die Norsk Hydro gewonnen hatte, wurde auf Grund der Erfahrungen die Umstellung des norwegischen Stickstoffbetriebes auf das Wasserkraftverfahren der Ammoniaksynthese beschlossen. Im Februar dieses Jahres kam die Anlage in Notodden in Betrieb und erzeugt täglich 11 t Stickstoff mit rd. 6000 kW Gleichstrom. Zur Wasserzersetzung dienen 298 Zellen der Bauart Holmboe für eine Stromstärke von 10 000 A bei 720 bis 750 V. Das Ammoniak wird zum Ammoniumnitrat mit einer Jahresproduktion von 20 000 t verarbeitet.

Auf Grund der Einigung zwischen den beiden großen Stickstofflieferern kam weiterhin der Umbau der Fabriken in Rjukan zur Ausführung, deren Leistung von zusammen 360 000 PS in Vemork und Såheim zur Hälfte für elektrolytische Wasserstoffgewinnung und Ammoniakherstellung umgestellt wird, während die andere Hälfte der Kraft für das Lichtbogenverfahren weiter beansprucht wird. Dadurch steigt die Ausbeute von 30 000 t gebundenem Stickstoff auf 80 000 t. Etwa 50 000 t Jahresproduktion von 100prozentigem Ammoniak werden mit Spezialwagen auf der Bahn nach Menstad und von dort mit Leichtern zur neuen Fabrik nach Herøen geführt, wo sie zu Salpetersäure verbrannt und zu Kalksalpeter verarbeitet werden. In Rjukan werden neun Turbinen an Stelle der bisherigen Drehstromgeneratoren mit Gleichstrom-Doppelgeneratoren von 12 000 kW für 2 × 12 000 A bei 500 V ausgerüstet. Der Strom wird von den Generatoren unmittelbar der Wasserstoffabrik zugeleitet, welche in sieben Stockwerken mit Elektrolyseuren nach Pechkranz den Wasserstoff gewinnen, so daß eine Leistung von insgesamt 108 000 kW dafür zur Verfügung steht. Für die Elektrolyseure waren allein zur Vernickelung der Anoden über 30 000 kg Reinnickel zu verwenden, so daß hierfür mangels derart leistungsfähiger Anlagen eigens solche Anlagen in Oslo und bei Notodden errichtet werden mußten. Die Gleichstrommaschinen, in deren Lieferung sich die AEG, SSW, Oerlikon und Asea teilten, werden unter Beibehaltung der Turbinendrehzahl an Stelle der Drehstromgeneratoren gesetzt.

In Vemork wurde eine Wasserdestillieranlage und eine Turbo-Kompressorenanlage zur Förderung des Gases nach Rjukan erstellt. Die Kompressoren sind mit Wasserturbinen unmittelbar gekuppelt. Die Gase werden durch drei Rohrleitungen von je 350 mm Dmr. und 4,5 km Länge nach Rjukan befördert, die Rohrleitungen sind auf Eisenmasten verlegt.

Die Umbauarbeiten, welche etwa 80 Mill norw. Kr beanspruchen werden, sind mit einem Aufgebot von 2500 Mann in vollem Gange und sollen in diesem Sommer beendet sein. Zugleich wird eine weitere Wasserkraftanlage in Telemarken am Tyjin mit einer Leistung von 120 000 PS unter 100 m Gefälle ausgebaut.

Durch diese Umstellung kann die norwegische Stickstoffindustrie mit dem gleichen Kraftaufwand wie bisher etwa die 6fache Menge Stickstoff gegenüber dem Lichtbogenverfahren und die 1½fache Menge Stickstoff gegenüber dem Karbidverfahren erzeugen, wird also ihre Gesamtproduktion auf das 2- bis 3fache des bisherigen zu steigern vermögen, ohne daß Kohle wie beim Karbidverfahren einzuführen ist.

Diese großzügige Umstellung der bekannt billigen norwegischen Wasserkräfte auf ein wirtschaftlicheres Verfahren ist auch auf unsere Verhältnisse nicht ohne Interesse. Der energiewirtschaftliche Vergleich der verschiedenen Stickstofferzeugungs-Verfahren ergibt, alles auf die aus der entsprechenden Kohlenmenge gewinnbaren Kilowattstunden umgerechnet, etwa folgendes Bild:

Lichtbogenverfahren (Luftstickstoffverfahren)	60 000 kWh/t N
Carbidverfahren: 12 000 kWh + 5 t Kohle	18 000 „
Ammoniaksynthese ohne Kohle . . .	12 000 „
Haber-Bosch-Verfahren mit Kohle . .	7 000 „

Wenn auch letzteres Verfahren kraftwirtschaftlich den geringsten Arbeitsinhalt beansprucht, so ist doch zu bedenken, daß es wirtschaftlich notwendig ist, solche Produkte, bei welchem die Kohle durch Kraft und Luft ersetzbar ist, also durch keiner Substanzminderung ausgesetzte Naturvorräte, den Vorzug verdienen müssen zugunsten höherwertiger Ausnutzung jener erschöpflichen Naturvorräte für solche Erzeugnisse, zu welchen sie unersetzlich sind. So mag für die Zukunft wohl kraftwirtschaftlich der Weg vorgezeichnet sein:

Kohle zur Aufschließung für Gewinnung von Öl und gleichzeitig Gas mit Nebengewinnung von Ammoniak und anderen Stoffen;

Wasserkraft soweit möglich zur Deckung des Kraftbedarfes und zur Herstellung von Stickstoffverbindungen in möglichst ausgedehntem Maße.

Für die Stickstoffherstellung kann naturgemäß weder der eine noch der andere Weg als ausschließlich gelten, weil die Landwirtschaft in Anpassung an die jeweiligen Bodenverhältnisse verschiedener Stickstoffverbindungen bedarf und des Kalkstickstoffes nicht entbehren kann; immerhin wird ein verhältnismäßig geringer Teil des Gesamtstickstoffbedarfes auf die ausschließliche Notwendigkeit des Kalkstickstoffes entfallen. Nimmt man dazu noch die Vorfrachten für die Kohle und die Frachten von den heutigen auf wenige Punkte Mitteldeutschlands und der Rheingegend konzentrierten Stickstoff-Erzeugungsstellen zu dem über das ganze Reich verteilten Verbrauchsgebieten mit etwa 50 RM/t Reinstickstoff und zieht die Gefahren einer solchen Konzentration irgendwelcher Erzeugung lebenswichtiger Güter bei Streiks, Transportunterbrechung und dgl. in Betracht, so ergibt sich daraus weiter die wirtschaftliche und sicherheitliche Forderung einer gewissen Dezentralisation derart, daß insbesondere Verbrauchsgebiete, welche Wasserkraftstandorte sind, in Zukunft vor allem zur Stickstofferzeugung heranzuziehen wären, und daß die Braunkohle als ersetzbare Stickstoffquelle vorwiegend der Kraftversorgung im Ausgleich mit den Wasserkräften zu dienen hätte, wodurch auch die Lebensdauer ihrer Lagerstätten gegenüber dem bisherigen Raubbau um ein mehrfaches verlängert werden könnte. (Aubert, Teknisk Ukeblad 1928, H. 22, S. 218, u. H. 23, S. 228.) *Rdl.*

Briefmarke zum goldenen Jubiläum der Edison-Glühlampe. — Die V. S. Amerika feiern im laufenden Jahre das 50jährige Jubiläum der Edison Glühlampe und haben aus diesem Anlaß im Format der bisherigen 2 cents-Briefmarke eine neue 2 cents-Marke (Abb. 17) herausgegeben, in deren Mitte die erste von Edison konstruierte Glühlampe zu sehen ist. Darüber stehen die Worte „Edison's First Lamp" und unten „Electric Light's Golden Jubilee"; links und rechts oben in den Ecken sind die Jahre 1879 und 1929 angegeben. *of*



Abb. 17.

Vereinigung polizeilich zugelassener technischer Sachverständiger E. V. — Die vom Polizeipräsidium Berlin für die Prüfung und Begutachtung der Sicherheitsvorrichtungen und der elektrischen Anlagen in

Theatern, Lichtspielhäusern, Zirkussen und öffentlichen Versammlungsräumen anerkannten Sachverständigen haben sich unter dem Namen: Vereinigung polizeilich zugelassener technischer Sachverständiger E. V. zusammengeschlossen. Der Zweck des Zusammenschlusses soll sein, bei den alljährlich von der Bau- oder Theaterpolizei angeordneten Prüfungen möglichste Einheitlichkeit in der Beurteilung der Anlagen herbeizuführen, damit den Anlagenbesitzern nicht durch zu scharfe Auslegung der Vorschriften vermeidbare Unannehmlichkeiten und Kosten entstehen. Die Mitglieder der Vereinigung sind verpflichtet, sich bei ihren Prüfungen nur die öffentliche Sicherheit gegen Feuer- und Lebensgefahr vor Augen zu halten und sämtliche Vorschriften in diesem Sinne auszulegen.

of

Neue Normblätter des DNA. — Lokomotivbau: DIN LON 294 (DIN 259 gekürzt) Whitworth-Rohrgewinde, theoretische Werte. — Vornorm LON 294 Beiblatt, Gewindegrenzmaße der Werkstücke, Herstellungsgenauigkeit und Abnutzung der Lehren für Whitworth-Rohrgewinde DIN 259. — LON 204 Buchsen mit Bund. — LON 205 Steuerungsbuchsen mit Bund. — LON 6027 Haken.

Eisenbahnwesen: DIN 1578 Sprengringe für Radreifen.

Maschinenbau, allgemein: DIN 585 Blatt 3, Gewindestifte mit Innenvierkant und Ringschneide (Stellringschrauben), Metrisches Gewinde.

Bergbau: DIN BERG 50 Luftleitungen, Berieselungsleitungen, Schnellverbinder, Verschraubungen. — BERG 375 Einsteckenden für Bohrhämmer, Konstruktionsblatt. — BERG 376 Spitzeisen für Abbauhämmer. — Vornorm BERG 2473 Elektrische Grubenbahnen, 900 mm Spurweite, Zug- und Stoßvorrichtung, Kegelfeder.

Chemische Geräte: DIN DENOG 25 Kegelschliffe für Glasverbindungen.

Kraftfahrbau: DIN Vornorm KrK 100 Erläuterungen zu den Normen des Kraftfahrbaues für Schrauben und Muttern aus blank gezogenem Stahl. — Kr.W 137 Seitenring zu Flachbettfelgen nach DIN KrW 136 für Personenkraftwagen. — KrW 318 Sicherungspatronen für elektrische Anlagen in Kraftfahrzeugen, Anschlußmaße. — KrW 551 Lenkräder, Konstruktionsblatt. — KrW 860 Verschlußhaken für Wagenkasten. — KrW 861 Öse für Verschlußhaken. — KrW 863 Haken für Spannketten. — KrW 864 Verschlußhaken für Spannketten.

Straßenbahnwagenbau: DIN VDV 1 Technische Bedingungen für Radsätze und Radsatzteile.

Stoffe: DIN 1629 Nahtlose Flußstahlrohre, technische Lieferbedingungen.

Energiewirtschaft.

Die Elektrizitätswirtschaft der Schweiz im Jahre 1927. — Nach der Statistik des Verbands Schweizerischer Elektrizitätswerke betrug 1927 die Gesamterzeugung der öffentlichen Werke in der Schweiz 3,36 Mrd kWh (1925: 2,73), von denen 1620 Mill kWh auf Elektrizität für Licht, Kraft, Wärme im Haushalt, Gewerbe und Industrie, 190 Mill kWh auf Bahnbetriebe (ohne die Bundesbahnen), 530 Mill kWh auf Elektrochemie, -metallurgie (ohne industrielle Eigenerzeugung) und 1020 Mill kWh auf Stromausfuhr entfielen. Der hohe Stand der schweizerischen Elektrizitätsversorgung geht daraus hervor, daß von 3,95 Mill Einwohnern 3,85 im Bereich eines Verteilungsnetzes wohnen und die Erzeugung je Kopf der Bevölkerung 850 kWh (695), bezw. wenn man die exportierte Menge in Abzug bringt 610 kWh (530) betrug.

Die kürzlich vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein herausgegebene Statistik 1927 gibt wieder interessantes Zahlenmaterial über die Entwicklung[1]. In der Hauptsache werden die zur Gruppe A 1 zusammengefaßten 103 Primärwerke mit mehr als 500 kW Gesamtleistung oder mit einer eigenen Erzeugungsanlage von mehr als 300 kW behandelt, während die rd. 200 kleineren Primärwerke, die zusammen kaum 3 % der Gesamtenergie erzeugen, in dieser sog. kleinen Statistik nicht berücksichtigt sind. Unter den rd. 1000 Sekundärwerken gibt es 50 Verteilerwerke mit mehr als 500 kW Gesamtleistung (Kategorie B I) und 207 direkt versorgten Orten. 7 Werke davon (SBB, chem. u. metallurg. Industrie) verfügen jedoch auch über Eigenerzeugung und liefern einen Teil an Dritte ab (180 Mill kWh). Die folgende Übersicht gibt im Vergleich mit dem Erhebungsjahr 1925 wichtige Zahlen für die Primärwerke A I, die zusammen etwa 97 % produzierten:

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 1781.

		1927	1925
Anzahl der Elektrizitätswerke AI		103	104
„ „ Kraftwerke		192	191
direkt versorgte Ortschaften		3167	3044
verfügbare Primärkraft (ohne Akkumulatoren)	1000 kW	914,9	869,2
davon hydraulisch	„ „	855,2	807,5
kalorisch	„ „	59,7	61,7
verfügbare Fremdleistung	„ „	555,5	466,4
Erzeugung einschl. der von 7 Sekundärwerken mit Stromabgabe an Dritte	Mill kWh	3333,9	2702,0
davon im Sommer	„ „	1706,2	1364,0
„ im Winter	„ „	1627,7	1338,0
Produktionsmöglichkeit dieser 199 Werke		4150,4	3814,6
davon im Sommer	„ „	2285,4	2110,5
„ im Winter	„ „	1865,0	1704,1
Ausnutzung der mögl. Arbeit im Sommer	%	74,8	65,0
im Winter	%	87,4	78,5

Von den 103 Unternehmen waren 46 staatlich oder kommunal, 35 reine Privatgesellschaften und 22 gemischtwirtschaftlich. Bei einer Gesamtzahl von 192 Primärkraftwerken verwenden 93 (84) hydraulische, 7 (7) nur kalorische, 92 (100) beide Arten von Motoren. Von 720 (730) Generatoren — 1,21 Mill kVA Gesamtleistung (1,15) — mit einer mittleren Leistung von 1685 kVA (1570) dienten 79 (97) der Gleichstromerzeugung und 641 (635) der Gewinnung von Wechselstrom; von letzteren waren 580 (561) Drehstromgeneratoren mit durchschnittlich 1930 (1890) kVA. Fast sämtliche Werke wenden 50 Hz an. Die Spannung für Beleuchtung und Haushaltapparate schwankt bei Gleichstrom zwischen 110 und 235 V, bei Wechselstrom zwischen 110 und 260 V.

Das Anlagekapital der 103 A I-Unternehmen betrug 683,9 (640,4) Mill Fr; in 166 vor 1917 erbauten Kraftwerken waren 361,5 Mill Fr, in 26 seit 1927 entstandenen Werken 316,6 Mill Fr investiert. Je verfügbares Kilowatt betrugen die Anlagekosten bei Wasserkraftwerken ohne Akkumulierung vor 1917 770 Fr, seit 1917 800 Fr, mit Akkumulierung 535 bzw. 860 und bei kalorischen Werken 835 bzw. 550 Fr.

Die Stranglänge der Hochspannungsfreileitungen erreichte bei den A I- und B I-Werken zusammen 14 270 (13 810) km, die der Niederspannungsfreileitungen 19 970 (18 640) km, die Grabenlänge der Kabelleitungen für Hochspannung 1190 (1087) km, für Niederspannung 2466 (2240) km. Die Anzahl der bei beiden Werkskategorien installierten Zähler stellte sich auf 923 500 (815 500). Von 978 430 Abonnenten waren 779 615 (689 600) Zähler- und 198 815 (206 400) Pauschalabonnements. Der Gesamtanschlußwert aller Elektrizitätswerke wird mit 2,10 Mill kW (1,86) angegeben, so daß sich unter Berücksichtigung der genannten Erzeugungsziffern eine mittlere Benutzungsdauer von 1600 h (1470) ergibt. Von dem Anschlußwert entfielen auf etwa 205 000 Motoren 638 000 kW, auf 10,35 Mill Lampen 372 000 kW, auf 827 000 Wärmeapparate 681 000 kW, auf industrielle Großabnehmer 306 500 kW und auf Bahnen 104 500 kW. Dr. C. Albrecht.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein des Bergischen Landes, Elberfeld. 5. IX. 1929, abds. 7¼ h, Gymnasium Elberfeld, Kölner Straße: Lichtbilder- u. Experimentalvortrag Dr. Hammers, „Faraday als Pfadfinder der Elektrotechnik“.

The Institute of Metals, London. Außer dem auf S. 1249 angekündigten Hauptvortrag finden noch Vorträge statt, von denen wir die folgenden herausgreifen: Dr N. F. Budgen, „Luftbläschen in Gußstücken aus Aluminiumlegierung“. A. Glynne Lobley, „Die Verlängerung von 80 : 20 Nickelchromlegierung bei hohen Temperaturen“. Dr. phil. G. Masing, „Metallograph. Forschungsmethoden“. Dipl.-Ing. M. Tama, „Neue Verfahren zum Schmelzen nichteisenhaltiger Metalle in el. Hochöfen“. Dr. W. H. J. Vernon und L. Whitby, „Die Kupferverrostung und Oberflächenpatinaentwicklung an der freien Luft“. Dr.-Ing. A. v. Zeerleder u. P. Bourgfois, „Einwirk. der in oberird. el. Übertragungskabeln erreichten Temperatur“.



PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnung. — Dipl.-Ing. Max Greiner, der langjährige Assistent des Prof. Kloß, T. H. Berlin, ist einer Berufung durch die japanische Regierung gefolgt und hat an der japanischen Hochschule in Port Arthur den Lehrstuhl für „Elektrotechnik" übernommen.

Jubiläum. — Am 31. VIII. begeht Geheimrat Dr.-Ing. E. h. Philipp Rosenthal als Gründer und Generaldirektor der Porzellanfabrik Ph. Rosenthal & Co. A. G. sein 50jähriges Berufsjubiläum. Das Werk, 1879 als kleine Porzellanmalerei gegründet, wurde ständig erweitert und 1897 zur Aktiengesellschaft ausgestaltet, dem heutigen in der ganzen Welt bekannten Philipp-Rosenthal-Porzellan-Konzern, der sich mit der Herstellung von Gebrauchsporzellanen aller Art, Luxus- und Kunstporzellanen, elektrotechnischen und chemisch-technischen Spezialporzellanen befaßt. Der Jubilar widmete seine Kraft aber nicht nur dem Aufbau seines Unternehmens sondern auch den Wirtschaftsinteressen der Allgemeinheit als Präsidialmitglied des Reichsverbands der Deutschen Industrie, als Förderer des Exportwesens und Reorganisator der alten Leipziger Messe. Seine Ideen haben den Erfolg der Leipziger Messe wesentlich mit begründet.



Philipp Rosenthal.

LITERATUR.

Besprechungen.

Galvanische Elemente. Von Prof. Dr.-Ing. A. Güntherschulze. (Bd. 48 der „Monographien über angew. Elektrochemie". Von Prof. V. Engelhardt.) Mit 44 Textabb., zahlr. Tab., VIII u. 184 S. in 8°. Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale). 1928. Preis geh. 13 RM, geb. 14,80 RM.

Ein neues zeitgemäßes Buch über galvanische Elemente zu schreiben, ist ohne Zweifel ein nützliches Unterfangen, da die bisherigen Werke über diesen Gegenstand heute zum größten Teil als vollkommen veraltet und durch die praktische Entwicklung dieser Spezialindustrie weit überholt zu bezeichnen sind. Leider kann dies Verdienst dem vorliegenden Buch nicht zugesprochen werden, da es von sehr ungleichem Wert ist und besonders in den der Fabrikation gewidmeten Teilen manche Unrichtigkeiten enthält. Die gründliche, vielleicht zu gründliche theoretische Einleitung ist interessant und enthält in einzelnen Teilen sehr nützliche Betrachtungen, so über die chemischen Depolarisatoren, die Höchstspannung, die man praktisch mit einem Element erzeugen kann, das Kap. 26 und folgende, in denen über allerlei Störungen in dem Betriebe der galvanischen Elemente, Lokalaktionen, Konzentrationsketten berichtet wird. Auch Abschn. 67 u. f., den mit Luftsauerstoff als Depolarisator arbeitenden Elementen gewidmet, wobei insbesondere das Féry- und Carbonelement aufgeführt sind, müssen als sehr zweckmäßig anerkannt werden. Diesen Vorzügen des in manchen Teilen frisch und flott geschriebenen Buches stehen leider zahlreiche und wesentliche Mängel, unrichtige Angaben und Druckfehler gegenüber, die seinen praktischen Wert ganz erheblich beeinträchtigen. Wenn bei den Anodenbatterien gesagt ist, da es sich hier um Lieferung von Strömen von nur 10 mA handele, spiele der Materialverbrauch kaum eine Rolle, so ist demgegenüber doch bekannt, daß die kostspielige periodische Erneuerung der Anodenbatterie mit zu den größten praktischen Bedenken gehört, die man gegen den Batteriebetrieb bei Radioempfängern mit Recht anführt. Auch der folgende Satz, man habe insbesondere der Billigkeit wegen Elementetypen vorgeschlagen und auch zur Verwendung gebracht, die beispielsweise mit Eisen als Lösungselektrode arbeiten, steht mit der Praxis in glattem Widerspruch, indem Anodenbatterien mit Eisen als Lösungselektrode vollkommen unbekannt sind, hierfür vielmehr ausschließlich — von den Anodenakkumulatoren abgesehen — Anodenbatterien aus gewöhnlichen Taschenelementen mit Zink als Lösungselektrode benutzt werden. Die Behauptung, künstlicher Graphit, dem die Fettigkeit fehlt, sei deshalb ganz ungeeignet für den Elementebau, obwohl er gut leite, steht mit den Tatsachen in Widerspruch.

Die den Schluß des Buches bildende und den halben Raum einnehmende Zusammenstellung der verschiedenen Patente über galvanische Elemente kann für manche Zwecke nützlich sein. Wenn dagegen der erste Satz dieses Abschnittes C besagt, im folgenden seien die zur Zeit noch gültigen Patente über galvanische Elemente zusammengestellt, so muß dies als ein recht bedenklicher Fehler bezeichnet werden, da in Wirklichkeit die meisten der in dieser Zusammenstellung enthaltenen Patente beim Erscheinen des Buches bereits erloschen waren. Für eine eventuelle Neuauflage des Buches kann nur dringend empfohlen werden, es gründlichst zu überarbeiten und durchzusehen, vor allem in den der praktischen Elementetechnik gewidmeten Teilen.

R. Ziegenberg.

Principles of radio communication. Von Prof. J. H. Morecroft unter Mitarb. v. A. Pinto und Prof. A. Curry. 2. Aufl. mit zahlr. Textabb., XIV u. 1001 S. in 8°. Verlag von John Wiley & Sons, Inc., New York 1927. Preis geb. 34/6 sh.

Die Radiotechnik ist im letzten Jahrzehnt ein sehr beachtliches Teilgebiet der Elektrotechnik geworden und verlangt für die Fabrikation von Radioapparaten, für den Betrieb der Radiostationen und für die Weiterentwicklung eine große Zahl entsprechend vorgebildeter Ingenieure. Das Buch von John H. Morecroft welches unter Mitarbeit von A. Pinto und W. A. Curry jetzt in zweiter Auflage vorliegt, hat sich zum Ziel gesetzt, die Grundlagen einem angehenden Radioingenieur zu vermitteln. Dieses ist ihm auch in weitgehendem Maße gelungen. Der Umfang des Buches deckt sich ungefähr mit der „Drahtlosen Telegraphie" von Zenneck und Rukop, der Inhalt nicht, weil das Buch einmal ganz vom modernen Standpunkt aus geschrieben ist, dann auch, weil es in vielem nicht so weitgehende Kenntnisse wie das Buch von Zenneck-Rukop vermittelt und weil es andere Teilgebiete stärker bevorzugt und hier richtig lehrbuchartig die Dinge darstellt. Charakteristisch für die ganze Einstellung der Verfasser ist z.B. schon der Anfang, sie beginnen hier mit den Elektronen. Die Elektronentheorie ist auch weiterhin der Leitfaden für die Darstellung. Dies ist für ein modernes Buch eigentlich selbstverständlich, aber es ist sehr interessant, wie folgerichtig dieser Standpunkt überall durchgeführt ist. Zur Veranschaulichung der einzelnen Gesetzmäßigkeiten sind in großem Ausmaße graphische Darstellungen benutzt, die sich an bestimmte Versuchsbedingungen anschließend unter Angabe aller für die Beurteilung der Messung nötigen Zahlen auch zahlenmäßig das Charakteristische der Zusammenhänge herausheben. Der Gesamtstoff ist in zehn Kapitel unterteilt: Grundlegende Gedanken und Gesetze; Widerstand, Induktivität, Kapazität und Abschirmung; Gesetze der Schwingungskreise; Hauptgesichtspunkte für den Radioverkehr; Funkentelegraphie; Vakuumröhren und ihre Wirkungsweise; Telegraphie mit ungedämpften Wellen; Radiotelephonie; Antennen und Strahlung; Verstärker.

Für den Stoff selbst ist zu bemerken, daß er die Arbeiten etwa bis 1926 berücksichtigt, neuere Arbeiten fehlen, so daß man z. B. über die Erzeugung kurzer Wellen recht wenig aus dem Buch erfährt. Aber dieses Schicksal, daß es in Kürze auf besonders aktuellen Teilgebieten rasch veraltet, wird jedes moderne Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie teilen müssen. Das Buch ist im übrigen leicht verständlich geschrieben, so daß es das Einarbeiten nicht erschwert. Jeder angehende Schwachstrom-

techniker wird das Buch mit Nutzen gebrauchen können, ebenso jeder Lehrer, da er in den zahlenmäßigen Gesetzen gute Anhaltspunkte für den Unterricht findet. Ein ausführliches Sachverzeichnis erlaubt auch eine Benutzung als Handbuch. E. Lübcke.

AEF. Verhandlungen des Ausschusses für Einheiten und Formelgrößen in den Jahren 1907 bis 1927. Herausgegeben im Auftrage des AEF von J. Wallot. 49 S. in 4°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 5 RM.

Die Ergebnisse einer zwanzigjährigen Arbeit sind in dem vorliegenden Heft zusammengefaßt. Im Jahre 1907 haben zehn wissenschaftliche und Ingenieurvereine Deutschlands, Österreichs und der Schweiz sich in dem Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen zusammengeschlossen, nachdem bereits 1901 der Elektrotechnische Verein einen Unterausschuß für einheitliche Bezeichnungen eingesetzt hatte. Die Zahl der Vereine ist inzwischen auf 19 angewachsen. Diese breite Grundlage hat der Arbeit des AEF das nötige Gewicht verliehen. Wenn man heute die Liste der Formel- und Einheitszeichen überblickt, so sieht man, daß fast alle der vorgeschlagenen Zeichen jetzt allgemein gebräuchlich sind. Es ist wohl der schönste Dank, den die mühevolle Arbeit der Mitglieder des AEF finden konnte, daß man sich kaum noch den Zustand vorstellen kann, daß früher jeder Autor seine eigene Bezeichnung durchführte, und daß nur noch wenige Eigenbrötler eigensinnig an einer abweichenden Formelsprache festhalten. Jeder aber, der ältere Literatur durcharbeiten muß, weiß, welche Mühe ihm erst das Einarbeiten in die Bezeichnungsweise des Verfassers bereitet und welche Wendung zum Besseren eingetreten ist, seitdem der AEF seine Tätigkeit aufgenommen hat. Daß diese Tätigkeit so wirkungsvoll geworden ist, verdankt der AEF allerdings auch seiner Arbeitsweise. Jeder Entwurf eines Unterausschusses wird zunächst zur öffentlichen Diskussion gestellt. Jeder vorgebrachte Einwurf wird beantwortet, der Entwurf nach Eingang aller Einsprüche einer neuen Bearbeitung unterzogen, nötigenfalls noch einmal zur Diskussion gestellt und erst dann abgeschlossen und als Vorstandsvorlage veröffentlicht, wenn keine neuen und beachtenswerten Einwände mehr erhoben werden. Durch diese Heranziehung aller Fachkreise zur Mitarbeit hat der AEF mit Erfolg die Gefahr vermieden, daß seine Beschlüsse zur Kenntnis genommen werden und daß dann doch alles beim alten bleibt. Verhältnismäßig leicht war die Arbeit, wenn es sich um neue Begriffe handelte. Wie rasch hat sich etwa das Megohm eingebürgert. Wie schwer bei alteingewurzelten Begriffen eine Einheitlichkeit zu erzielen ist, zeigt z. B. der Abschnitt über Masse und Gewicht, der noch immer nicht endgültig verabschiedet werden konnte, und der Abschnitt über Dichte und spezifisches Gewicht, der noch nicht über das Stadium des Entwurfes hinausgekommen ist. Während die erste Ausgabe der Verhandlungen des AEF eine ausführliche Darstellung der Entwicklung der einzelnen Listen, Sätze und Entwürfe mit allem Hin und Her der zum Teil Jahre lang währenden Beratungen brachte, ist die neue Ausgabe wesentlich kürzer und soll mehr den Bedürfnissen derer entgegenkommen, die sich über die Beschlüsse des AEF und die Überlegungen, die ihnen zugrunde liegen, rasch und bequem unterrichten wollen. Außer drei Listen über Formelzeichen, Einheitszeichen und mathematische Zeichen enthalten die Verhandlungen 13 endgültig angenommene Sätze über mechanisches Wärmeäquivalent, Leitfähigkeit und Leitwert, Temperaturbezeichnungen, Einheit der Leistung, Spannung, Potential, Potentialdifferenz und elektromotorische Kraft, Durchflutung und Strombelag, Normaltemperatur, Feld und Fluß, Masse und Gewicht, Vektorzeichen, Drehung, Schraubung, Winkel, rechts- und linkswendiges Koordinatensystem, Valenzladung, Gehalt von Lösungen. Den Abschluß bilden sechs noch zur Diskussion stehende Entwürfe über Wechselstromgrößen, Arbeit und Energie, magnetischen Schwund, Dichte und Wichte, Richtleistung, Schreibweise physikalischer Gleichungen. Von den bis jetzt festgestellten Formel- und Einheitszeichen hat der AEF Wandtafeln herstellen lassen, die in keinem Hörsaal fehlen sollten. W. Bauer.

Die Bestimmung der Dauerfestigkeit der knetbaren, veredelbaren Leichtmetalllegierungen. Von Dr.-Ing. R. Wagner. (Berichte a. d. Inst. f. Mechan. Technologie u. Materialkunde d. T. H. zu Berlin, H. 1. Herausg. v. Prof. Dr.-Ing. P. Riebensahm.) Mit 56 Textabb., IV u. 64 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 6 RM.

Während die Zusammenhänge zwischen der Dauerfestigkeit und dem übrigen Verhalten einiger viel verwendeter Stähle ziemlich weitgehend aufgeklärt sind, trifft das bisher für die vergüteten Aluminiumlegierungen vom Typus des Duralumins nicht zu. Bei der steigenden Bedeutung dieser Legierungen als Konstruktionsmaterialien bestand hier deshalb eine schon lange empfundene Lücke, die ihre Ursache übrigens nicht allein in einem Mangel an Untersuchungen hat. Vielmehr zeigten die bisher an Aluminiumlegierungen durchgeführten Arbeiten über Dauerfestigkeit abnorme Erscheinungen, die in das vom Stahl her vertraute Schema durchaus nicht hineinpassen wollten, so daß man dem ohnehin sehr verwickelten Gebiet gegenüber ratlos gegenüberstand. Hier konnte nur eine umfangreiche grundlegende Untersuchung einen Fortschritt bringen; eine solche Untersuchung liegt in der Arbeit von R. Wagner vor.

Es hat sich zunächst gezeigt, daß die sogenannten Abkürzungsverfahren zur Bestimmung der Dauerfestigkeit, die darin bestehen, daß an Stelle der langwierigen Bestimmung der Schwingungs- oder Schlagzahl bis zum Bruch Beobachtungen über die Temperatursteigerung oder die Arbeitsaufnahme Rückschlüsse auf die Dauerfestigkeit gestatten sollen, versagen. Es sei bemerkt, daß ihr Wert auch für die Stähle umstritten ist. — Beim Stahl wird die Dauerfestigkeit zuweilen definiert durch die Spannung, bei der $7 \cdot 10^6$ Lastwechsel bis zum Bruch ausgehalten werden; es wird behauptet, daß unterhalb dieser Grenzspannung das Material beliebig viele Lastwechsel aushält. Diese auch für die Stähle von den meisten Forschern verlassene Annahme gilt für die Al-Legierungen nicht, wie Wagner zeigt. Die auf Grund eines Versuches mit einer bestimmten Lastwechselzahl bestimmte „Dauerfestigkeit" hat also nur die Bedeutung einer konventionellen Vergleichszahl. In der Zahlentafel sind die auf Grund von Versuchen mit $225 \cdot 10^6$ Schwingungszahlen bestimmten Dauerfestigkeiten der verschiedenen untersuchten Legierungen zusammengestellt. Der Einfluß der Vergütung auf die Schwingungsdauerfestigkeit ist nur gering, sehr groß dahingegen, wie Wagner zeigt, auf die Dauerfestigkeit bei Schlagbelastung.

Zahlentafel 1. Dauerfestigkeiten und Festigkeitszahlen von vergütbaren Leichtmetallegierungen.

Material	Bemerkungen	$\sigma_{E\,0,001}$ kg/mm²	σ_B kg/mm²	δ %	σ_{st} kg/mm²	σ_D kg/mm
Duralumin 681 B .	ausgeglüht	11	26	8,5	21,8	10
„ 681 B .	veredelt	16,7	47,5	15,1	38,5	11—12
„ 681 B .	nachverdichtet	ca. 18	52,3	12,25	62,5	10
„ 681 A .	ausgeglüht	10,5	26	10	17,25	10
„ 681 A .	veredelt	17	42,7	19,5	34,8	12
„	nachverdichtet	18,3	45	12,5	36,2	11
Lautal	ausgeglüht	3,82	19,5	19,7	7,45	9
„	veredelt	9,02	32,5	21	19,5	10
„	nachverdichtet	9,5	35,5	23	26,6	11
Elektron V, . . .		5,3	35,6	4	20	15
„ V, W . .		12,2	36,1	5,6	26,8	15
„ A 5 . . .		4,75	30,7	10,7	18,6	13
„ Z 1 . . .		4,8	25,3	17,1	13,5	11
„	Pleuelringe, geschmiedet	6,5	30	11	17,5	11
Skleron	unvergütet	26	52	13	38	11
Silumin, gegossen .	d = 13 mm	3,2	19	7,5		4
„ . . .	d = 16 mm	3,2	17,5	3,7		4

$\sigma_{E\,0,001}$ Elastizitätsgrenze
σ_B Zerreißfestigkeit
δ Dehnung
σ_{st} Dauerstandfestigkeit
σ_D Schwingungsfestigkeit

Auf weitere Feststellungen von Wagner und auf die Zusammenhänge mit anderen Festigkeitseigenschaften kann hier nicht eingegangen werden. Es sei nur erwähnt, daß die Abhängigkeit der Schwingungszahl von der Last bei verschiedenen Legierungen eine verschiedene und bei den vergüteten Legierungen anormal ist.

Bei der großen Kompliziertheit des Gegenstandes kann auch die Arbeit von Wagner nur einen Anfang bedeuten, und es ist zu hoffen, daß seine Versuche bald weiter ausgedehnt und fortgesetzt werden. Sie enthalten eine Fülle von tatsächlichen Feststellungen, die einer weiteren Untersuchung bedürfen. Es ist verständlich, daß eines der Hauptergebnisse von Wagner eine Mahnung zur Vorsicht bei der Beurteilung der gemessenen Dauerfestigkeiten ist.

Die sehr viel Tatsachenmaterial bringende Schrift von Wagner wird bei der Bedeutung des Gegenstandes für jeden, der zur Frage der Verwendung von vergütbaren Al-Legierungen in Konstruktionen Stellung nehmen muß, einen unentbehrlichen Ratgeber bilden.

G. Masing.

Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln. Aufgestellt und herausg. v. Verein dt. Eisenhüttenleute u. d. Dt. Verb. f. d. Materialprüf. d. Technik. 5. Aufl. mit 92 S. in 8°. Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf 1928. Preis geb. 5 RM.

Die kurze Zeit zwischen dem Erscheinen der 1. und 5. Auflage zeigt, daß die kleine Schrift einem Bedürfnis der Praxis entspricht. Ungeachtet dessen können noch Verbesserungen angebracht werden, die teils der Beseitigung von Unklarheiten dienen, teils dem Käufer und Verbraucher die Entscheidung bei der Auswahl erleichtern: Bei Nr. 19 Lagerschmieröl wäre eine kleine Hilfstabelle oder Nomogramm von Nutzen, das eine engere Wahl unter den Ölen in dem nicht kleinen Intervall von 2,5 ... 8 E/50 ° gestattet. Die Fußnote 2 erfüllt diesen Zweck nur sehr unvollkommen. In Nr. 17 ist die Viskosität für langsam laufende Wellen zu 2,5 ... 4,5 E, für rasch laufende zu 3,5 ... 8 E angegeben, was wohl auf einem Irrtum beruht. Bei Nr. 4 Luftkompressorenöl für Arbeitsdruck unter 20 at ist der Flammpunkt im allgemeinen als über 200 ° C angegeben, während Fußnote 1 für Arbeitsdrucke unter 6 at einen Flammpunkt von 180 ° C als ausreichend erachtet. Nun sind aber die Arbeitstemperaturen beispielsweise bei einem zweistufigen Kompressor für 16 ... 20 at sicher nicht höher, als bei einem einstufigen von 5 ... 5,5 at. Fußnote 1 ist daher irreführend. Bei Dampfzylinderölen Nr. 6 und 7 wäre zu bemerken, daß die heute gebräuchliche Angabe der Viskosität in Engler bei 100 ° C gar nichts besagt, sondern es müßte der Verlauf der absoluten Zähigkeit bis in die Nachbarschaft des Flammpunktes angegeben werden, da bei diesen Temperaturen Veränderungen der molekularen Struktur nicht ausgeschlossen sind, die sich scharf in der Zähigkeit η ausprägen. Bei den Toleranzen bzw. der Viskosität war man nicht kleinlich: Die Bedingung bei 20 ° C bis 10 E Spielraum ± 1 E ergäbe z. B. eine Schwankung von $3\,E \pm 1\,E = 2\,E \ldots 4\,E$ oder von $v = 0{,}118$ bis 0,293 nach Tabelle S. 72 entsprechend dem Verhältnis $\frac{0{,}293}{0{,}018} = 2{,}49$. Diese Zahlen spiegeln deutlich die Unzulänglichkeit der bisherigen Viskositätsbestimmungen wider, trotz der gegenteiligen Behauptung S. 73, Z. 11 v. o. Die Bemerkung auf S. 71 unten über das Vogel-Ossag-Viskosimeter ist dahin zu ergänzen, daß als Hilfseinrichtung ein Manostat für einen Druck von 600 mm W.-S. heranzuziehen ist, andernfalls ergibt der Apparat die kinematische Viskosität.

Die Anlage des Buches, die Einteilung und übersichtliche Anordnung des Stoffes läßt nichts zu wünschen übrig. Die Einzelheiten verlangen bei einer Neuauflage, die wohl bald zu erwarten ist, eine Revision.

Es ist dann zu hoffen, daß die in der jetzigen Fassung schon für den Ölvertrieb und -verbrauch nützliche Schrift voll und ganz dem ihr zugedachten Zweck entspricht.

Georg Duffing.

Konstruktionselemente der feinmechanischen Technik (Atlas). Herausg. v. Verein „Fachschule für feinmechanische Technik". 663 Kartonbl. in Sammelmappe in 2°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis 150 RM.

Der Atlas „Konstruktionselemente der feinmechanischen Technik" ist ein Werk, das in vorbildlicher Gemeinschaftsarbeit führender Firmen der feinmechanischen Industrie entstanden ist. Man empfand in diesen Firmen immer stärker das Fehlen einer Zusammenstellung der feinmechanischen Konstruktionselemente. Es fehlten sowohl Unterlagen zur Erleichterung der Arbeit in den Konstruktionsbureaus als auch solche für Unterrichtszwecke zur Ausbildung geeigneten Nachwuchses. Mit dem Ziel, die deutsche feinmechanische Industrie durch Heranbildung geeigneter Ingenieure und Techniker auf der besonderen Grundlage der auf Massenfertigung eingestellten feinmechanischen Technik zu fördern, wurden von den im Verein „Fachschule für feinmechanische Technik" zusammengeschlossenen Firmen die einzelnen Blätter bearbeitet. Nur aus der Praxis heraus konnte ein solches Werk entstehen. Man findet als Bearbeiter der Blätter u. a. die Firmen Siemens & Halske A. G., AEG, Osram G. m. b. H., C. Lorenz A. G., C. P. Goerz A. G., Ehrich & Graetz A. G., E. Zwietusch G. m. b. H., Dr. Paul Meyer A. G., H. Aron G. m. b. H., Mix & Genest A. G. Wenn man bedenkt, mit welch großen Opfern an Mühe, Zeit und Geld selbst kleinste konstruktive Fortschritte meist erkauft werden müssen, so ist es um so mehr anzuerkennen, daß man bei der Zusammenstellung des Atlas kleinliche Bedenken fallen gelassen und die oft teuer erkauften Erfahrungen der Öffentlichkeit zugänglich gemacht hat. Hieran ist zugleich der Wert des Buches zu ermessen.

Nach dem Atlas sind die Elemente eingeteilt in nicht lösbare Verbindungen, lösbare Verbindungen, Lagerungen und Geradführungen, Triebmittel, Geschwindigkeitsregler und besondere Konstruktionselemente. Da es, wie im Vorwort erwähnt wird, darauf ankam, schnelle Arbeit zu leisten, mußte jeder fertiggestellte Abschnitt sofort gedruckt werden, wodurch natürlich die streng systematische Bearbeitung erschwert wurde. Infolge der übersichtlichen Anordnung wird aber der Konstrukteur trotzdem schnell das finden, was er sucht. Obgleich viele Firmen an dem Werk gearbeitet haben, fällt die gleichmäßige Ueberarbeitung des Ganzen in bezug auf Einteilung, Text und Bilder durch eine Stelle angenehm auf. Diese lag in den Händen des Obmanns des Ausschusses für Konstruktionselemente, Herrn Direktor O. Richter von der Siemens & Halske A. G.

Für gewisse Zwecke (beispielsweise zum Aushängen der Blätter in Zeichensälen) wäre es von Vorteil, wenn die einzelnen Blätter des Atlas auch einseitig gedruckt geliefert würden.

Kniehahn.

Graphisches Rechnen. Beispielsamml. u. Richtlinien f. Anfertigung u. prakt. Ausgestaltung von Rechentafeln. (RKW-Veröff. 23.) Im Auftr. d. Aussch. f. graph. Rechenverf. beim AWF bearb. v. Studienr. H. Schwerdt unt. Mitarb. v. Dr.-Ing. W. Gütschow, Dr. I. Runge, Ing. F. Wolf. Mit 71 Abb. u. 144 S. in gr. 8°. Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis kart. 2,75 RM.

Die vorliegende RKW-Veröffentlichung hat die Aufgabe, als Unterrichtsgrundlage für Schulen und Kurse zu dienen. Der Lehrer findet vielfältige Anregung und gut durchgearbeitete Aufgaben. Der Schüler festigt mit ihrer Hilfe sein Wissen, das ihm der Unterricht vermittelt. Bei übersichtlicher Stoffgliederung werden in graphischer Hinsicht allgemeine Formeln in zahlreichen, den verschiedensten Gebieten entnommenen Beispielen bildlich und textlich eingehend behandelt, wobei sie nach Funktionsleitern, Netztafeln, Leitertafeln und Sondertafeln getrennt betrachtet werden. Auf Grund der wichtigen und daher in einem Sonderabschnitt ausführlich gehaltenen Richtlinien über die Herstellung bzw. Ausgestaltung von Rechentafeln und dem Übersichtschema der dargestellten Formeln fällt es leicht, verlangte Spezialfälle zweckentsprechend graphisch darzustellen. Die in einem Sonderkapitel gegebene knappe Theorie über projektive Verzerrungen und Dualität geben vorteilhaft tieferen Einblick in das Abhängigkeitsverhältnis der Tafelarten untereinander. Leser, die umfassendere Kenntnisse sammeln wollen, finden in dem Literaturverzeichnis wertvolle Hinweise. Bei der nächsten Auflage erscheint es wünschenswert, Einheitlichkeit in der Verwendung der allgemeinen Buchstaben zu wahren. Der Preis von nur 2,75 RM ist mit Rücksicht auf die durch die reichhaltige quantitative und gute qualitative Ausstattung bedingten hohen Herstellungskosten niedrig. Die technisch wissenschaftliche Lehrmittelzentrale, Berlin NW 7, Dorotheenstr. 37, verdient besonders hervorgehoben zu werden, da sie die Lehrer durch Lieferung von geeigneten Diapositiven tatkräftig unterstützen will. Der Kursusleiter kann für seine Vorträge auf Grund der in dem Lehrbuch enthaltenen Abbildungen die von ihm gewünschten TWL-Glasbilder bei der Zentrale anfordern.

R. Helbing.

Neue Zeitschriften.

Russisch-deutsche Nachrichten aus Wissenschaft u. Technik. H. 1. Herausg. v. d. Deutsch-Russischen Gesellschaft „Kultur u. Technik". Verlag: Wissenschaftlich-Technische Zentralstelle des Obersten Volkswirtschaftsrats, Moskau. Zu beziehen durch Ing. A. Trettler, Berlin, Kurfürstenstr. 114. Einzelpreis: 1,50 Rubel, Jahrespreis (10 Hefte): 15 Rubel.

[Die Deutsch-Russische Gesellschaft „Kultur und Technik" hat sich mit Herausgabe der neuen monatlich erscheinenden Zeitschrift die Aufgabe gestellt, Aufsätze wissenschaftlich-technischen Inhalts aus der Feder bewährter Fachmänner des einen Landes dem andern Lande zugänglich zu machen. Das vorliegende erste Heft der russischen Ausgabe enthält Beiträge deutscher Autoren in russischer Sprache. Geplant ist auch eine deutsche Ausgabe, worin russische Fachleute zu Worte kommen.]



GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Ergebnisse österreichischer Elektrizitätsgesellschaften[1]. — Die wirtschaftlichen Behinderungen, unter denen die österreichische Industrie seit Jahren leidet, haben, wie die A. E. G.-Union Elektrizitäts-Gesellschaft, Wien, in ihrem Bericht für 1928 sagt, auch insofern auf die Starkstromindustrie gewirkt, als in der industriellen Investitionstätigkeit eine gewisse Zurückhaltung zu beobachten war. Dabei sind die sozialen Lasten weiter gestiegen, die Steuern nicht vermindert worden. Trotzdem konnte die Gesellschaft Umsatz und Ertrag gegenüber dem Vorjahr verbessern. Mit Arbeiten für die Österreichischen Bundesbahnen, sowohl was Fahrleitungsanlagen als auch Lokomotiven betrifft, sowie für andere Traktionsunternehmungen war sie stark beschäftigt. Der rege Ausbau der heimischen Wasserkräfte hat merklich nachgelassen, doch hofft der Vorstand, daß durch das beschlossene neue Elektrizitätsförderungsgesetz und durch die im Rahmen des in Verhandlung stehenden neuen Elektrizitätsgesetzes in Aussicht genommene Regelung der Stromausfuhr die Ausnutzung der Wasserkräfte eine der gesamten Elektrizitätsindustrie zugute kommende Belebung erfahren werde. Im übrigen verzeichnet der Bericht Lieferungen für die Vorarlberger Illwerke A. G., die Tiroler Wasserkraftwerke A. G. und für die Wiener Städtischen Elektrizitätswerke. Die befruchtende Wirkung der Erschließung der Wasserkräfte und der Rationalisierung der allgemeinen Kraftversorgung im Wege leistungsfähiger Leitungsnetze zeigt sich auch in allmählicher Umstellung der Industrie von der Eigenversorgung auf Strombezug aus letzteren. Der Umfang der Lieferungen von Erdstromlöschspulen, Selektivrelais usw. war befriedigend. Im Industriegeschäft haben besonders die Papierfabriken umfangreiche Bestellungen auf Wasserkraftgeneratoren, Transformatoren, Papiermaschinen- und Kalanderantriebe sowie auf Motoren für Hilfsmaschinen erteilt. Auf dem Gebiet der elektrischen Dampf- und Warmwassererzeugung und der industriellen Elektrobeheizung war die Gesellschaft durch Aufträge gut beschäftigt. Die Abteilungen für Hebezeuge, Werkzeugmaschinenantriebe, Schiffsausrüstungen und elektrische Schweißanlagen konnten ihre Umsätze gegen 1927 abermals steigern, und der Abteilung für Feuerungsanlagen sind infolge günstiger Weiterentwicklung des Kaskadenrostes für die Verwertung minderwertiger Kohlen Bestellungen zugeflossen. Durch Vermehrung der Werbetätigkeit ließ sich im Verkaufsgeschäft mit Verbrauchern und Wiederverkäufern der Umsatz erweitern. Der Bruttogewinn betrug 4 317 710 S (4 264 491 i. V.), der Reingewinn 550 107 S (459 166 i. V.). Hieraus wurden auf 7,2 Mill S Aktienkapital 7 % Dividende verteilt (6 % i. V.).

Die „Elin" A.G. für elektrische Industrie, Wien, bezeichnet das Geschäftsjahr 1928 als i. a. befriedigend, da im Gewerbe, in der Landwirtschaft und im Haushalt ein steigender Bedarf an Motoren und sonstigen elektrotechnischen Erzeugnissen festgestellt werden konnte. Den durch die Pause in der Elektrisierung der Bahnen zu gewärtigenden Ausfall hofft die Gesellschaft im Auslandgeschäft hereinbringen zu können, wo es ihr gelang, durch die Weiterentwicklung der Organisationen und durch Spezialerzeugnisse sehr stark an Ausdehnung zu gewinnen. Im allgemeinen sei, so heißt es in dem Jahresbericht, zu sagen, daß die Elektrisierung in allen Ländern Fortschritte mache und einen Bedarf an elektrischen Erzeugnissen hervorrufe. Dem ständen aber der immer drückender werdende Geldmangel gegenüber, der gerade in den hauptsächlichsten Absatzgebieten der „Elin", nämlich in Mittel-, Süd- und Osteuropa, Investitionen verhindere, wenn der Lieferant nicht selbst die Finanzierung in die Hand nehme. Die Betriebstätten in Weiz und Wien waren befriedigend beschäftigt. Auf dem Gebiet der Gleichstrom-Lichtbogenschweißung mit Dynamos, System Rosenberg, auf dem die Entwicklung zunächst zu einer Reihe neuer Bauarten von Schweißautomaten geführt hat, wurden nennenswerte geschäftliche Erfolge und Fortschritte erzielt, die auch auf einen großen Teil des übrigen Fabrikationsprogramms befruchtend wirkten. Die Motoren und Generatoren der Normalfabrikation von etwa 100 kW aufwärts bis zu den größten Leistungen sind einer Umkonstruktion unterzogen worden und werden nunmehr unter Verwendung der Lichtbogenschweißung aus schmiedbarem Stahl gebaut, wodurch sich eine weitere Qualitätsverbesserung, Gewichtsersparnis und Verbilligung ergibt. Infolge erhöhten Umsatzes an Meßwandlern konnten diese in Serienfabrikation genommen werden. Die im Vorjahr begonnene Herstellung von Kontrollern hat eine erfreuliche Umsatzsteigerung von Kranausrüstungen gebracht. Das Bureau für Großkraftanlagen für die Gemeinde Wien, die Bundesbahnen usw. gut beschäftigt, vermochte eine Reihe neuer, beachtlicher Bestellungen zu buchen, u. a. auf die vollständige Stromversorgung der Insel Zante und auf eine Dieselzentrale sowie das gesamte Versorgungsnetz der Stadt Panderma am Marmara-Meer. Die Bahnabteilung war ebenfalls mit Arbeiten für die Bundesbahnen, die Wiener Lokalbahnen usw. erheblich in Anspruch genommen. Gut zu tun hatten ferner die inländischen Verkaufsorganisationen. Das Auslandgeschäft erweiterte sich namentlich in der zweiten Hälfte des Berichtsjahres stark, so auf dem Balkan, in Polen, obwohl hier die hohen Zölle namhafte Teile des Fabrikationsprogramms vom Import ausschließen, in der Tschechoslowakei und in Deutschland, wo die Gesellschaft neue Vertretungen in Berlin und Breslau errichtet und die bisherige für Bayern und Württemberg in die „Elin" Deutsche Gesellschaft für elektrische Industrie m. b. H., München, umgewandelt hat. In Italien ist das Geschäft allerdings zurückgegangen, und in den Weststaaten bewegte es sich durchschnittlich im Umfang des Vorjahres. In Sowjetrußland war es stationär, in Ägypten, Syrien und Palästina befriedigend. Einen besonderen Aufschwung zeigte der Export nach Indien, Siam und Ostasien. In Mittel- und Südamerika hat sich das laufende Geschäft organisch entwickelt, als neue Absatzgebiete werden Kolumbien, Ekuador und Uruguay genannt. Die Arbeit der Elektrizitätswerke charakterisiert der Vorstand als i. a. zufriedenstellend. Die Berichterstatterin erzielte 1928 an Erträgnissen 6 668 615 S (5 598 082 i. V.) und als Reingewinn mit Vortrag 1 060 643 S (703 202 i. V.). Hieraus konnten wieder 10 % Dividende auf nunmehr 8,750 Mill S Aktienkapital ausgeschüttet werden.

Der Vorstand der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke, Wien, weist in seinem Rechenschaftsbericht von 1928 auf die Bedeutung des Investitionsprogramms des Bundes für die österreichische Industrie hin, dessen ungeschmälerte Fortsetzung indessen von der Aufnahme der seit langem geplanten Auslandanleihe abhänge. Die zoll- und handelspolitischen Vertragsverhandlungen hätten der Elektroindustrie keine Vorteile im Export gebracht, der aber angesichts der Leistungsfähigkeit der Anlagen und der verhältnismäßig geringen Konsumkraft des Inlandes unbedingt der Erweiterung bedürfe. Durch die bekannten Belastungen, wie Steuern usw., seien die Bestrebungen der Gesellschaft, die Gestehungskosten durch Rationalisierungsmaßnahmen herabzudrücken, stets vereitelt worden. Nach seiner Schätzung dürfte die österreichische Elektroindustrie nur die relativ kleine Quote von 30 bis 40 % ihrer Erzeugung ausführen, ein ungesunder Zustand, der sich nur beheben lasse, wenn durch eine angemessene Steuer- und Sozialpolitik die Möglichkeit geboten werde, mit der Auslandskonkurrenz besser als bisher Schritt zu halten. Die Abteilung für Industrieanlagen hat zufriedenstellend gearbeitet, die industrielle Verwertung der Elektrowärme macht Fortschritte. Auch die Beschäftigung der Abteilung Zentralen befriedigte; hier werden im Bericht größere Aufträge verschiedener Elektrizitätswerke erwähnt. Die Abteilung Bahnen war weiter an der Fertigstellung der Elektrisierung der Bundesbahnen beteiligt. In der Abteilung für Kleinfabrikate ließ sich der Umsatz in Kleinmotoren, Installationsmaterial und elektrischem Hausgerät steigern. Durch verschiedene Tarifmaßnahmen der öffentlichen Elektrizitätswerke gewinnt die elektrische Arbeit auch im Haushalt erhöhte Verwendung, was sich besonders im Absatz von Elektrowärmeapparaten ausdrückt. Gut zu tun hatte auch das Kabelwerk. Der Auslandabsatz konnte trotz des scharfen Wettbewerbs der internationalen Konkurrenz gesteigert werden. Größere Aufträge übernahm die Gesellschaft auf Grund der Ausfallhaftung der Gemeinde Wien für Rußland. Die Zahl der Angestellten und Arbeiter betrug am Ende des Berichtsjahres 6157 (5233 i. V.), die der im Geschäftsbereich der Berichterstatterin tätigen Siemens-Firmen 8185 (6966 i. V.). Ende April 1929 wurden im gesamten Arbeitsgebiet 8286 Arbeitnehmer beschäftigt, davon 6321 in Österreich. Als Rohgewinn weist die Gesellschaft 14 150 572 S (11 660 914 i. V.), als Reingewinn 2 622 907 Schilling (1 972 442 i. V.) aus; die Dividende betrug wieder 6 % auf nunmehr 35 Mill S Aktienkapital.

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1172.

Berichtigung.

Am Schluß des Referats „Dielektrische Verluste in ölgetränktem Papier" ist auf S. 1028 der ETZ 1929 infolge eines Druckfehlers der Quelle die Bandzahl der Quelle unrichtig angegeben; es muß heißen: The Electric Journ. Bd. 25, S. 187. — Im Aufsatz „Gußgekapselte Verteilungen in Vertikal- und Horizontalanordnung", ETZ 1929, S. 1120, soll die zur Überschrift gehörige Fußnote lauten: * S. a. Probst, ETZ 1928, S. 1285 sowie . . . .

Abschluß des Heftes: 25. August 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ETZ

50. JAHRGANG

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

...HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
(...285–1316) 5. SEPTEMBER 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang — Berlin, 5. September 1929 — Heft 36

Anforderungen an Reihen-, Prüf- und Verbindungsklemmen vom Standpunkt des Betriebes.

Von Obering. H. Dützmann, Karlsruhe i. B.

Übersicht. Es werden leitende Gesichtspunkte für die Schaltung und Konstruktion von Reihenklemmen aufgestellt. Im Anschluß hieran werden neue Reihenklemmen der Badischen Landeselektrizitätsversorgung A. G., Karlsruhe i. B., beschrieben, welche an Hand dieser Richtlinien ausgearbeitet wurden.

Die Reihenklemme für Meß-, Signal- und Betätigungsleitungen ist aus der Verbindungsklemme entstanden, deren Verwendung in ihrer einfachsten Form wohl bereits mit dem Bau der ersten elektrischen Anlagen zusammenfällt. Ihrer weiteren Durchbildung wurde jedoch bei der stürmischen Entwicklung der Elektrotechnik in der Folgezeit nur wenig Beachtung geschenkt. Selbst bis in die neueste Zeit kann man vielfach, besonders im Auslande, die Beobachtung machen, daß solche aus den Anfängen der Elektrotechnik übernommene Klemmen noch in kaum veränderter Form auch in neuzeitlichen Anlagen zur Verwendung kommen. Dieser Zustand ist wohl darauf zurückzuführen, daß seitens der Industrie mangels richtiger Erkenntnis der Betriebsnotwendigkeiten den berechtigten Anregungen und Forderungen der Elektrizitätswerke leider nur allzu wenig Beachtung geschenkt, zumindest doch nur zögernd Rechnung getragen wurde. Wenn deshalb auf Grund längerer Betriebserfahrungen Anregungen und Vorschläge zur Vervollkommnung dieser Klemmen gemacht werden, dürfte dies von seiten der Elektrizitätswerke zweifellos begrüßt werden.

Allerdings lassen in neuerer Zeit diesbezügliche Veröffentlichungen erfreulicherweise erkennen, daß besonders in Deutschland eine Reihe beachtenswerter Verbesserungen vorgeschlagen und zum Teil auch durchgeführt wurden[1]. Aber gerade die Verschiedenartigkeit dieser neuen Lösungen zeigt deutlich, daß hinsichtlich der Forderungen des Betriebes noch lange keine einheitliche Auffassung besteht. Nachstehend soll auf Grund von Betriebserfahrungen des Badenwerkes versucht werden, eine Reihe leitender Gesichtspunkte bezüglich der Anforderungen an die schaltungstechnische und konstruktive Durchbildung solcher Reihenklemmen aufzustellen.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die zwecks Eichung und Prüfung von Instrumenten, Relais, Wandlern sowie zur Leitungskontrolle notwendige Lösung der Leitungen von den Klemmen sehr oft ernste Betriebsstörungen zur Folge hat. Dies ist zurückzuführen einerseits auf die hierbei vorkommenden Fehlschaltungen, anderseits auf Leitungsbrüche der bereits bei der Abisolierung vielfach angekerbten Drähte und auf Wackelkontakte, hervorgerufen durch Zermürbung der Leitungen beim häufigen Anziehen der Befestigungsschrauben. Auch Meßfehler durch hohe Übergangswiderstände sind öfter auf obige Zustände zurückzuführen. Sicher ist die Zahl der Betriebsstörungen, welche durch vorgenannte Zustände entstehen, sehr viel größer als im allgemeinen angenommen wird. Man denke nur daran, wieviel Unheil und Ärger ein Wackelkontakt verursachen kann, der sich vielleicht gerade nur durch den Schaltstoß eines Ölschalters vorübergehend dadurch bemerkbar macht, daß er beispielsweise Selektivrelais eines benachbarten Ölschalters zum Ansprechen bringt. So wird eine große Anzahl sogenannter unaufgeklärter Störungsfälle auf Konto mangelhafter Leitungsanschlüsse zu buchen sein. Die häufige Loslösung der Leitungen von den Klemmen und Instrumenten hat zudem zur Folge, daß die beim Bau der Anlagen mit großer Sorgfalt verlegten Drähte sehr oft schon nach wenigen Jahren in ungeordnetem, recht unansehnlichem Zustand vorzufinden sind.

Abb. 1. Klemmen für Stromwandler- und Meßleitungen.

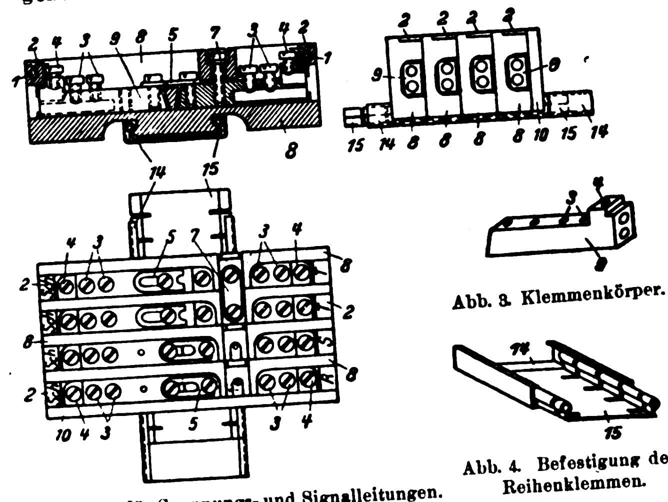


Abb. 2. Klemmen für Spannungs- und Signalleitungen.

Abb. 3. Klemmenkörper.

Abb. 4. Befestigung der Reihenklemmen.

Die Beseitigung solcher auf unvollkommene Ausbildung des Reihenklemmenmaterials zurückzuführende Mängel und Betriebsstörungen muß notwendigerweise wichtigste Aufgabe jedes Betriebsleiters sein, will er den guten Ruf seines Werkes nicht untergraben.

Als grundsätzliche Forderung ist hiernach aufzustellen:

Betriebsmäßig verlegte Leitungen dürfen zwecks Vornahme von Prüfungen und Kontrollmessungen irgendwelcher Art weder an den zu prüfenden Instr

[1] Schramm, Reihenklemmen, Elektro-Journ. 1926, H. 20. Klefisch, Sigma-Reihen-Aufsteckklemmen, BBC-Mitt. 1924, H. 3/4. P. Bräuer, Reihenklemmen in Schaltanlagen, Siemens-Z. 1927, S. 637. Hamm, Hilfsleitungen in Schaltanlagen, BBC-Nachr. 1928, S. 107. F. Rüegg, Prüfklemmen für Zähleranlagen, Bull. SEV Bd. 20, H. 5.

menten oder Wandlern noch an den Reihenklemmen gelöst werden.

An die Ausbildung und Anordnung der Reihenklemmen sind hiernach folgende schaltungstechnische Bedingungen zu stellen:

a) Es muß die Möglichkeit bestehen, sämtliche an den Instrumenten, Relais, Wandlern usw. vorzunehmenden Meß-, Eich- und Prüfmaßnahmen sowie die Kontrolle der Leitungen auf den Isolationszustand an den Reihenklemmen selbst durchzuführen.

b) Jedes Instrument bzw. System eines Instrumentes muß ohne Beeinträchtigung des Betriebszustandes der übrigen Instrumente an den R-Klemmen abschaltbar sein.

Dies bedingt:
daß alle Leitungen der Instrumente an getrennte Klemmen zu führen, daß ferner direkte Verbindungen zwischen den Instrumenten zu vermeiden sind. Dies ist auch schon vom Standpunkte der Übersichtlichkeit zu rechtfertigen.

c) Stromwandlerkreise müssen so angeordnet sein, daß jede Phase unabhängig von der andern, unmittelbar und ohne Unterbrechung kurz geschlossen werden kann.

Dies bedingt:
daß die zu einem System gehörigen Leitungen an benachbarte Klemmen zu führen sind.

d) Strom- und Spannungsklemmengruppen sollen durch Ausführung, Lage und Bezeichnung eindeutig voneinander unterschieden werden können.

Zweckmäßig ist ferner, zur Erzielung einer guten Übersichtlichkeit und zur Vermeidung von Leitungskreuzungen die zum Schaltfeld (zu den Instrumenten) führenden Leitungen getrennt von denen vom Schaltfeld (zu den Wandlern bzw. zu ferneren Schaltgruppen) wegführenden Leitungen zu halten, indem dieselben an gegenüberliegende Klemmenseiten angeschlossen werden.

Zur Wahrung größerer Einheitlichkeit der Anlagen und Beschränkung der Lagerhaltung ist die Normalisierung der Schaltungen und des Klemmenmaterials anzustreben.

Diese allgemeinen schaltungstechnischen Forderungen sind bezüglich der Ausbildung des Klemmenmaterials noch durch eine Reihe konstruktiver Gesichtspunkte zu ergänzen:

1. Feste Eingliederung aller bei Vornahme von Prüfungen erforderlichen Hilfsmittel, wie Brücken, Laschen usw., in die Klemmen zur Vermeidung der Verwendung unsicherer provisorischer Hilfsmittel.
2. Leichte Feststellbarkeit des jeweiligen Schaltzustandes bei Eich- und Prüfarbeiten durch Vermeidung verdecktliegender Überbrückungs- und Trennstellen an den Klemmen.
3. Einheitliche, unverwechselbare Bezeichnungen sämtlicher Zu- und Ableitungen an den Klemmen, möglichst unter Verzicht auf nochmalige Bezeichnung an den Leitungen, da diese grundsätzlich nicht mehr gelöst werden sollen.
4. Befestigungsmöglichkeit jeder betriebsmäßig verlegten Leitung mittels zwei kräftigen Befestigungsschrauben.
5. Einfache, in jeder Lage sichere Befestigungsart und leichte Auswechselbarkeit der einzelnen Klemmen ohne Lagenänderung der Nachbarklemmen.
6. Unmittelbare Einführungsmöglichkeit von Leitungen bis 16 mm² Querschnitt.
7. Sicherung kleiner Übergangswiderstände an den Klemmen unter Vermeidung der Einschaltung von Schraubengewinde in den Stromweg bei Stromwandlerklemmen.
8. Verriegelung der Unterbrechungselemente an Stromwandlerklemmen zur Vermeidung irrtümlicher Öffnung der Sekundärkreise der Wandler.
9. Schutz gegen zufällige Überbrückung benachbarter spannungführender Teile bei Spannungsklemmen.
10. Einfache Zusammenschlußmöglichkeit mehrerer Spannungs- und Signalleitungsklemmen zu Gruppen unter Wahrung der Abtrenngelegenheit der einzelnen Klemmen ohne Beeinflussung der übrigen Klemmen der Gruppe.
11. Möglichste Beschränkung der Klemmenzahl bei Durchführung bestimmter Schaltungen unter voller Wahrung aller Prüfmöglichkeiten.
12. Kräftige Ausbildung des Klemmenmaterials und möglichste Vereinheitlichung und Normung desselben.

Da die auf dem Markt befindlichen Klemmen diesen Richtlinien durchweg nicht genügten, sah sich das Badenwerk durch mancherlei Betriebserfahrungen veranlaßt, selbst an die Durchbildung geeigneter Klemmen zu gehen, welche den aufgestellten Bedingungen nach Möglichkeit gerecht werden sollten. Dieses auf Grund längerer, sorgfältiger Entwicklungsarbeit durchgebildete Klemmensystem[2] soll nachfolgend beschrieben werden.

Es ergab sich als zweckmäßigste Lösung die Durchbildung gesonderter Strom- und Spannungsklemmen, wie dies bereits bei mehreren bekannten Systemen zu finden ist, da beide Arten von Klemmen verschiedene Aufgaben zu erfüllen haben. Als gemeinsamer wichtiger Gesichtspunkt sei hervorgehoben, daß sowohl die Strom- als auch die Spannungs- oder Signalklemmen eine Unterbrechungsmöglichkeit in jeder Leitung an der Klemme aufweisen, welche entsprechend der Forderung a) für die Prüfung von Isolationsfehlern an den Apparaten oder den Leitungen unumgänglich notwendig ist, wenn die Lösung betriebsmäßig verlegter Leitungen vermieden werden soll.

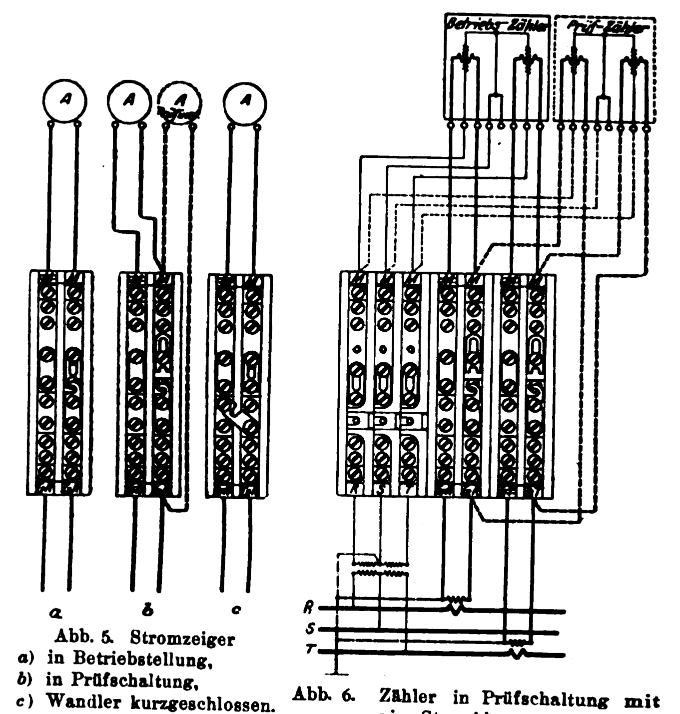


Abb. 5. Stromzeiger
a) in Betriebstellung,
b) in Prüfschaltung,
c) Wandler kurzgeschlossen.

Abb. 6. Zähler in Prüfschaltung mit vier Stromklemmen.

Die Abmessungen der Strom- und Spannungsklemmen sind gleich groß gewählt, was sich aus verschiedenen Gründen als zweckmäßig erwies, und konnten trotz der Vielseitigkeit der Schaltungen in den von neueren Klemmentypen bekannten Grenzen gehalten werden.

Zur Vermeidung von Bezeichnungen an den Zuleitungen wurden die Steatitkörper an beiden Enden mit schwalbenschwanzartigen Schlitzen (Abb. 1 u. 2, Pos. *1*) versehen, welche auf der Vorderseite die Bezeichnungsschilder (*2*) in stets übersichtlicher und zugänglicher Weise aufnehmen. Letztere können nur unter gleichzeitiger Entfernung der Klemmen herausgenommen werden.

Die beiden Leitungseinführungen der Klemmen sind tüllenförmig ausgebildet, so daß die Verwendung besonderer Aufstecktüllen, wie solche bisher allgemein angewendet werden, sich erübrigt. Unter Berücksichtigung des Fortfalles besonderer Leitungsbezeichnungen und Aufstecktüllen ist der Platzbedarf der neuen Klemme auch in der Höhe nicht größer als bei den bisher bekannten Klemmenausführungen.

Zur Aufnahme der metallischen Klemmkörper für die Strom- und Spannungsklemme ist nur je ein Steatitmodell (8 u. 11) als Klemmenträger notwendig. Die jeweils hälftig geteilten Klemmkörper (9) der Strom- und Spannungsklemmen sind unter sich vollkommen gleich, so daß, dank der vollständig symmetrischen Ausbildung dieser Klemmenteile, grundsätzlich für beide Klemmenarten nur ein einziges Klemmenkörpermodell nach Abb. 3 zur Verwendung kommt.

Die Bohrungen der Klemmenkörper sind zum Anschluß von Leitungen bis zu 16 mm² ausreichend. Für die Befestigung aller betriebsmäßig verlegten Leitungen sind forderungsgemäß je zwei kräftige Druckschrauben (*3*) vorgesehen.

² DRP. angem. und DRGM.

Sofern noch Wert darauf gelegt wird, die Leitungsenden gegen etwaiges Abwürgen zu schützen, sind besondere Druckfedern durchgebildet, welche jeweils von den Enden in die Klemmenkörper eingeführt werden und sich hier durch zweckentsprechende Ausbildung ohne zusätzliche Befestigung halten. Nachdem jedoch die Leitungen an den Klemmen grundsätzlich nicht mehr gelöst werden sollen, wird diese Maßnahme nicht mehr für unbedingt erforderlich gehalten.

Zwecks Anschluß von Prüf- und Kontrollinstrumenten sind an beiden Enden jeder Klemme Prüfanschlüsse mit je einer Druckschraube (*4*) für einen Leitungsdurchmesser bis zu 16 mm² angeordnet.

Die Befestigungsweise der Reihenklemmen ist, wie aus Abb. 4 ersichtlich, in außerordentlich einfacher und zuverlässiger Weise derart gelöst, daß die Klemmen in jeder Lage absolut sicher und gleichmäßig an der Trägerschiene befestigt sind und ohne Verschiebung der Nachbarklemmen jede für sich entfernt werden kann. Sowohl die Träger (*14*) wie die Federleisten (*15*) werden in größeren Längen hergestellt und nach jeweiligem Bedarf abgeschnitten.

Der Aufbau der Stromklemme ist aus der Abb. 1 deutlich erkennbar. Als wesentliche Neuerung wird auf die an den Klemmen vorhandene Kombination eines Unterbrechungsschiebers (*5*) und eines Kurzschlußbügels (*6*) hingewiesen, die so angeordnet sind, daß die Unterbrechung der Klemme durch den Schieber nur erfolgen kann, wenn der Kurzschlußbügel die betreffende Stromwandlerphase überbrückt hat. Hierdurch werden zwangsläufig die Gefahren, welche bei der Öffnung von sekundären Stromwandlerkreisen auftreten, verhütet. Weiterhin ist auf die geschlossene Form jeder Stromsystemgruppe Wert gelegt worden, die zur Übersichtlichkeit des Klemmenbildes wesentlich beiträgt.

Durch die Vereinigung der Überbrückungs- und Trennmöglichkeit an den Klemmen wurde es möglich, die Zahl der für die Durchführung bestimmter Schaltungen benötigten Stromklemmen gegenüber bisher bekannten Systemen wesentlich zu reduzieren. Z. B. werden, wie die Abb. 5 und 6 zeigen, zum Anschluß eines Instrumentes mit einem Stromsystem (Strommesser) nur 2 Klemmen, für den Anschluß eines solchen mit 2 Stromsystemen (Zähler) nur 4 Klemmen benötigt, während bei bekannten Klemmenausführungen unter gleichen Bedingungen (siehe a ... c) mindestens 3 bzw. 6 ... 8 Klemmen erforderlich sind.

Glaubt man auf die Forderung c verzichten zu können, so läßt sich die Zahl der erforderlichen Stromklemmen bei zwei Stromsystemen sogar noch auf 3 Klemmen vermindern, wie dieses in Abb. 7 und 7a dargestellt ist. Um diese Reduzierung durchzuführen, wäre allerdings ein weiteres Steatitmodell als Mittelklemme (12) erforderlich. Grundsätzlich muß jedoch die Schaltung nach Abb. 6 als die bei weitem übersichtlichere und vollständigere empfohlen werden.

Bei den Spannungs- oder Signalleitungsklemmen, Abb. 2, ist der Aufbau in ähnlicher Weise wie bei den Stromklemmen durchgeführt, jedoch treten an Stelle der Kurzschlußbügel Verbindungslaschen (*7*), welche es gestatten, eine Reihe benachbarter Klemmen zusammenzuschließen, um eine gemeinsame Zuführung auf mehrere parallele Abzweigungen zu verteilen. Wie bei den Stromklemmen kann auch hier jede einzelne zu den Instrumenten führende Leitung durch Öffnung des Unterbrechungsschiebers (*5*) zwecks Prüfung und Isolationskontrolle von der gemeinsamen Zuleitung abgetrennt werden.

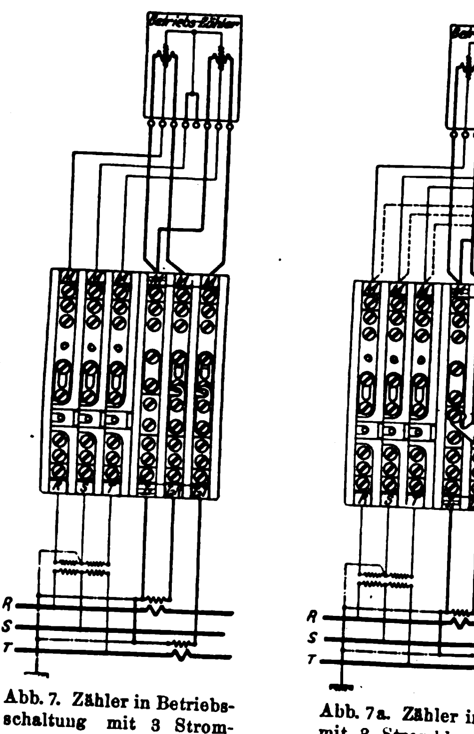
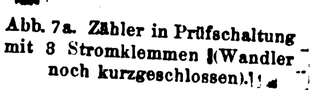


Abb. 7. Zähler in Betriebsschaltung mit 3 Stromklemmen.


Abb. 7a. Zähler in Prüfschaltung mit 3 Stromklemmen (Wandler noch kurzgeschlossen).

Es ist besonders hervorzuheben, daß es somit nach gründlicher Durchbildung der Klemme gelungen ist, diese trotz der Mannigfaltigkeit der an derselben vorzunehmenden Schaltungen aus einer geringen Zahl von Aufbauteilen herzustellen, welche entsprechend der Forderung nach Punkt 1 auch bei Vornahme von Prüfungen an der Klemme verbleiben. Hierdurch ist die Lagerhaltung für die Klemme auf den denkbar kleinsten Umfang beschränkt.

Die vorstehenden Ausführungen dürften erkennen lassen, daß es bei sorgfältiger Durcharbeitung des in Frage kommenden Gebietes möglich ist, den berechtigten Forderungen des Betriebes weitgehend gerecht zu werden.

Die Frage der Normung von Schaltungen, deren Erörterung in diesem Zusammenhange zu weit führen würde, soll einer weiteren Abhandlung vorbehalten bleiben.

Neue Formeln für die Hauptabmessungen eines Transformators.

Von Dipl.-Ing. H. Bucher, Dröbak, Norwegen.

Übersicht. Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist, zu zeigen, wie man auf möglichst einfachem Wege die Hauptabmessungen des billigsten Transformators vorausbestimmt. Unter dem billigsten Transformator wird der Transformator verstanden, der die geringsten Materialkosten aufweist. Für die verschiedenen Transformatortypen werden besondere Formelreihen aufgestellt. Beim Dreiphasentransformator wird ferner der Einfluß der Zickzackschaltung auf die Größe der Hauptabmessungen untersucht.

Um die Hauptabmessungen eines Transformators festzulegen, hat die technische Literatur verschiedene Wege angegeben. Die älteren Verfasser (z. B. Arnold u. a.) geben für die verschiedenen Typen verschiedene „Konstanten" an, mit deren Hilfe die Aufgabe gelöst wird. Später sind andere, vollkommenere Methoden veröffentlicht worden[1]. Von den genannten scheint die Korndörfersche Methode die einfachste und übersichtlichste zu sein. Noch

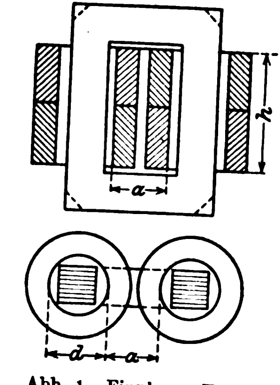
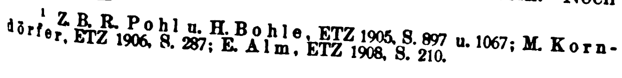


Abb. 1. Einphasen-Kerntransformator mit runden Spulen.

vorteilhafter in bezug auf Einfachheit und Übersichtlichkeit scheint mir jedoch die Methode von K. Pichelmayer[2], allerdings nicht in der ursprünglichen Form. Durch eine etwas ungeschickte Behandlung des mathematischen Problems kommt Pichelmayer auf eine Gleichung 6. Grades, die durch Probieren gelöst werden muß, es darf wohl vorausgesetzt werden, daß eine Methode, welche mit solchen schwerfälligen Gleichungen arbeitet, der Praxis kaum gerecht wird.

Bei näherer Betrachtung zeigt sich jedoch, daß die ge-


[1] Z. B. R. Pohl u. H. Bohle, ETZ 1905, S. 897 u. 1067; M. Korndörfer, ETZ 1906, S. 287; E. Alm, ETZ 1908, S. 210.


[2] K. Pichelmayer, Dynamobau, S. 547 ... 553. Verlag S. Hirzel, Leipzig.

nannte Methode durch richtige mathematische Behandlung eine Reihe sehr einfacher und übersichtlicher Formeln ergibt, mit deren Hilfe man schnell die günstigsten Abmessungen des Transformators findet. Da diese Formeln nicht bekannt zu sein scheinen — selbst in neueren Lehrbüchern findet man, daß fortwährend mit willkürlich angenommenen „Konstanten" irgendeiner Art gearbeitet wird, z. B. $\beta = \frac{\text{Eisengewicht}}{\text{Kupfergewicht}}$, $\chi = \frac{\text{Fensterhöhe}}{\text{Fensterbreite}}$ u. dgl. m., was natürlich der Rechnung einen ganz unnötigen Zwang auferlegt —, möchte ich im folgenden dieselben entwickeln.

Es werden folgende Bezeichnungen benutzt:

B maximale Induktion eines Kernes (in Gauß),
S Stromdichte (A/mm²),
ν Periodenzahl,
e_2 sekundäre Phasenspannung (V),
i_2 „ Phasenstrom (A),
N_2 „ Leistung (VA),
w_1 primäre Windungszahl,
q_1 Kupferquerschnitt, primär (mm²),
w_2 Windungszahl, sekundär,
q_2 Kupferquerschnitt, sekundär (mm²),
d, a, h Hauptabmessungen des Transformators in cm (vgl. Abb. 1),
c_{Fe} Eisenfüllfaktor,
c_{Cu} Kupferfüllfaktor,
G_{Fe} aktives Eisengewicht (kg),
G_{Cu} aktives Kupfergewicht (kg),
γ_{Fe} spez. Gewicht des Eisens,
γ_{Cu} „ „ „ Kupfers,
v_{Fe} Eisenverlust (W/kg),
v_{Cu} Kupferverlust ($v_{Cu} = 2{,}6\ S^2$, [W/kg]),
$V_{Fe} = v_{Fe}\,G_{Fe}$ totale Eisenverluste (W),
$V_{Cu} = v_{Cu}\,G_{Cu}$ „ Kupferverluste (W),
$V = V_{Fe} + V_{Cu}$ „ Verluste im Transformator (W),
T Verluste in Prozent der zugeführten Leistung,
T_j jährliche Verluste in Prozent der zugeführten Arbeit,
p_{Fe} Einheitspreis des aktiven Eisens (RM/kg),
p_{Cu} „ „ „ Kupfers „
$P_{Fe} = p_{Fe}\,G_{Fe}$ Totalpreis des aktiven Eisens,
$P_{Cu} = p_{Cu}\,G_{Cu}$ „ „ „ Kupfers,
$P = P_{Fe} + P_{Cu}$ „ „ „ Materials.

A. Berechnung eines Einphasen-Kerntransformators mit runden Spulen.

Man wird aus Abb. 1 die Richtigkeit der folgenden Ausdrücke für die sekundäre Spannung bzw. die sekundären Amperewindungen leicht einsehen:

$$e_2 = 4{,}44\,\frac{\pi d^2}{4}\,c_{Fe}\,B\,\nu\,w_2 \,.\, 10^{-8} \text{ Volt}$$

$$w_2\,i_2 = \frac{1}{2}\,a\,h\,c_{Cu}\,S \,.\, 100 \text{ Amperewindungen.}$$

Bezeichnet man das Verhältnis $\frac{a}{d} = y$ und ersetzt a durch $y\,d$, so bekommt man:

$$N_2 = e_2\,i_2 = (1{,}75 \,.\, 10^{-6}\,y\,c_{Fe}\,c_{Cu}\,\nu\,B\,S)\,d^3 h = K\,d^3 h,$$

wo

$$K = 1{,}75 \,.\, 10^{-6}\,y\,c_{Fe}\,c_{Cu}\,\nu\,B\,S. \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Der Bequemlichkeit halber führen wir die Abkürzung

$$\alpha = \frac{N_2}{K} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

ein, woraus weiter folgt $h = \frac{\alpha}{d^3}$ [vgl. (5)]. Mit ziemlicher Annäherung hat man:

$$G_{Fe} = \frac{\pi d^2}{4}\,c_{Fe}\,\gamma_{Fe}\,(2\,a + 2\,h + 4\,d) \,.\, 10^{-3} \quad [\text{kg}]$$

$$= \frac{\pi}{2}\,c_{Fe}\,\gamma_{Fe}\left[(y+2)\,d^3 + \frac{\alpha}{d}\right] .\, 10^{-3}$$

$$G_{Cu} = \pi\left(d + \frac{a}{2}\right) a\,h\,c_{Cu}\,\gamma_{Cu} \,.\, 10^{-3} \quad [\text{kg}]$$

$$= \frac{\pi}{2}\,(y + 2)\,\frac{\alpha}{d}\,y\,c_{Cu}\,\gamma_{Cu} \,.\, 10^{-3}.$$

Der Totalpreis beträgt folglich:

$$P = p_{Fe}\,G_{Fe} + p_{Cu}\,G_{Cu}$$

$$= \frac{\pi}{2000}\,p_{Fe}\,c_{Fe}\,\gamma_{Fe}\left[(y+2)\,d^3 + \frac{\alpha}{d}\right] + \frac{\pi}{2000}\,p_{Cu}\,c_{Cu}\,\gamma_{Cu}\,(y+2)\,y\,\frac{\alpha}{d}.$$

Ein relatives Preisminimum für willkürliches y und gegebene Beanspruchungen B und S wird gefunden aus

$$\frac{\partial P}{\partial d} = \frac{\pi}{2000}\,p_{Fe}\,c_{Fe}\,\gamma_{Fe}\left[(3\,y+6)\,d^2 - \frac{\alpha}{d^2}\right] - \frac{\pi}{2000}\,p_{Cu}\,c_{Cu}\,\gamma_{Cu}\,(y+2)\,y\,\frac{\alpha}{d^2} = 0$$

oder

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\,c_{Cu}\,\gamma_{Cu}}{p_{Fe}\,c_{Fe}\,\gamma_{Fe}}\,y\,(y+2)\right]\frac{\alpha}{3\,y+6} \quad \ldots \quad (3)$$

$$a = y\,d \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

$$h = \frac{\alpha}{d^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Hierdurch sind die Hauptabmessungen des billigsten Transformators alle durch einfache Formeln bestimmt. Wie oben erwähnt, bekommt man ein relatives Preisminimum — nämlich Minimum für die willkürlich gewählte Verhältniszahl $y = \frac{a}{d}$. Ein absolutes Minimum erhält man durch Wiederholung dieser Rechnung für mehrere Werte von y. Die Erfahrung lehrt, daß y etwa zwischen den Werten 1,2 ... 0,4 variiert.

Bei dieser Methode werden also nur Werte für die magnetische und elektrische Beanspruchung (B und S) angenommen. Es ist klar, daß der Transformator um so billiger wird, je größer B und S gewählt werden. Man wähle daher diese Beanspruchungen so groß wie möglich mit Rücksicht auf die Abkühlungsverhältnisse und die übrigen Forderungen, die an den Transformator gestellt sind. Brauchbare, der Erfahrung entsprechende Mittelwerte für die Induktion B und die Stromdichte S brauchen hier nicht angeführt zu werden. Es kann z. B. auf A. Linker, Elektromaschinenbau, S. 59, verwiesen werden. Der Eisenfüllfaktor kann mit Hilfe der Abb. 2 geschätzt werden.

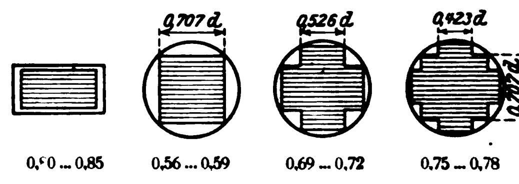


Abb. 2. Eisenfüllfaktoren.

Bei größeren Eisenquerschnitten muß man der besseren Kühlung wegen mit Luftschlitzen rechnen. Durchschnittlich wird ein solcher von 1 cm Breite auf je 5 ... 10 cm Breite des Eisenpakets angeordnet. Je schlechter die Abkühlungsverhältnisse sind, um so mehr Kühlschlitze; daher benötigen die Trockentransformatoren mehr und größere Schlitze als Öltransformatoren. Kühlschlitze erniedrigen die oben angeführten Eisenfüllfaktoren um 10 ... 20 %. Der Kupferfüllfaktor c_{Cu} ist von Spannung und Transformatorgröße abhängig. Sein ungefährer Wert kann den beigefügten Kurven (Abb. 3) entnommen werden.

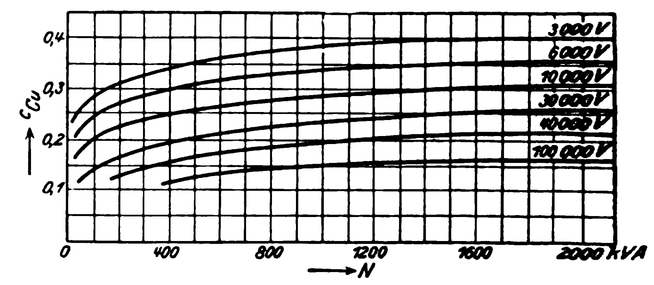


Abb. 3. Kupferfüllfaktoren.

Falls die Ecken des Transformatorjoches abgeschrägt sind, läßt sich G_{Fe} mit besserer Annäherung aus

$$G_{Fe} = \frac{\pi d^2}{4}\,c_{Fe}\,\gamma_{Fe}\,(2\,a + 2\,h + 3{,}5\,d) \,.\, 10^{-3}$$

berechnen. Hierdurch ändert sich nur Formel (3), die jetzt lautet:

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\, y\,(y+2)\right] \frac{\alpha}{3\,y + 5{,}25} \quad (3\text{a})$$

Die Formelreihe für einen Einphasen-Kerntransformator mit runden Spulen lautet also in der für die Berechnung bequemsten Reihenfolge:

$$K = 1{,}75 \,.\, 10^{-6}\, y\, c_{Fe}\, c_{Cu}\, \nu\, B\, S \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{N_2}{K} \quad (2)$$

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\, y\,(y+2)\right] \frac{\alpha}{3\,y + 5{,}25} \quad (3)$$

(abgeschrägte Ecken)

bzw.

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\, y\,(y+2)\right] \frac{\alpha}{3\,y + 6} \quad (3\text{a})$$

(scharfe Ecken)

$$a = y\, d \quad (4)$$

$$h = \frac{\alpha}{d^3} \quad (5)$$

$$G_{Fe} = \frac{\pi\, d^2}{4}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (2\,a + 2\,h + 3{,}5\,d) \,.\, 10^{-3} \quad (6)$$

(abgeschrägte Ecken)

bzw.

$$G_{Fe} = \frac{\pi\, d^2}{4}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (2\,a + 2\,h + 4\,d) \,.\, 10^{-3} \quad (6\text{a})$$

(scharfe Ecken)

$$G_{Cu} = \pi \left(d + \frac{a}{2}\right) a\, h\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu} \,.\, 10^{-3} \quad (7)$$

B. Formelreihe für einen Einphasen-Kerntransformator mit rechteckigen Spulen.

Diese Reihe wird in gleicher Weise wie unter A. berechnet. Daher wird hier nur das Resultat angegeben:

$$K = 2{,}22 \,.\, 10^{-6}\, y\, z\, c_{Fe}\, c_{Cu}\, \nu\, B\, S \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{N_2}{K} \quad (2)$$

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\, y\, \frac{4 + 4\,z + \pi\, y}{4\,z}\right] \frac{\alpha}{3\,y + 5{,}25} \quad (3)$$

(abgeschrägte Ecken)

bzw.

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\, y\, \frac{4 + 4\,z + \pi\, y}{4\,z}\right] \frac{\alpha}{3\,y + 6} \quad (3\text{a})$$

(scharfe Ecken)

$$a = y\, d \quad (4)$$

$$h = \frac{\alpha}{d^3} \quad (5)$$

$$f = z\, d \quad (6)$$

$$G_{Fe} = f\, d\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (2\,a + 2\,h + 3{,}5\,d) \,.\, 10^{-3} \quad (7)$$

(abgeschrägte Ecken)

bzw.

$$G_{Fe} = f\, d\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (2\,a + 2\,h + 4\,d) \,.\, 10^{-3} \quad (7\text{a})$$

(scharfe Ecken)

$$G_{Cu} = \left(2\,d + 2\,f + \pi\,\frac{a}{2}\right) a\, h\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu} \,.\, 10^{-3} \quad (8)$$

Hier bezeichnet z (vgl. Abb. 4) das Verhältnis $\frac{f}{d}$, das gewöhnlich $z \approx 2$ gewählt wird.

C. Formelreihe für einen Dreiphasen-Kerntransformator mit runden Spulen.

Wie oben findet man (vgl. Abb. 5):

$$K = 2{,}62 \,.\, 10^{-6}\, y\, c_{Fe}\, c_{Cu}\, \nu\, B\, S \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{N_2}{K} \quad (2)$$

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\, y\,(y+2)\right] \frac{\alpha}{4\,y + 5{,}5} \quad (3)$$

(abgeschrägte Ecken)

bzw.

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\, y\,(y+2)\right] \frac{\alpha}{4\,y + 6} \quad (3\text{a})$$

(scharfe Ecken)

$$a = y\, d \quad (4)$$

$$h = \frac{\alpha}{d^3} \quad (5)$$

$$G_{Fe} = \frac{\pi\, d^2}{4}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (4\,a + 3\,h + 5{,}5\,d) \,.\, 10^{-3} \quad (6)$$

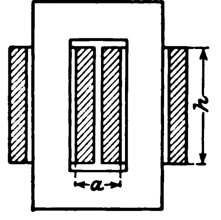
(abgeschrägte Ecken)

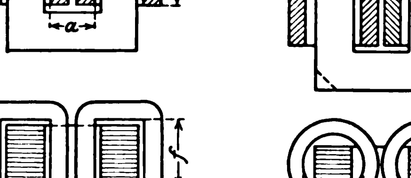
bzw.

$$G_{Fe} = \frac{\pi\, d^2}{4}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (4\,a + 3\,h + 6\,d) \,.\, 10^{-3} \quad (6\text{a})$$

(scharfe Ecken)

$$G_{Cu} = \frac{3}{2}\, \pi \left(d + \frac{a}{2}\right) a\, h\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu} \,.\, 10^{-3} \quad (7)$$





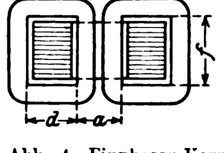
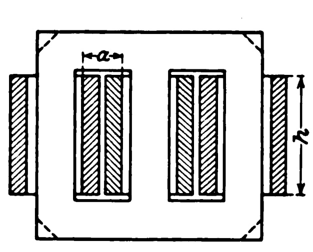


Abb. 4. Einphasen-Kerntransformator mit eckigen Spulen.



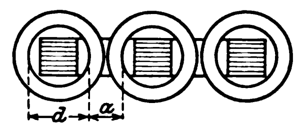


Abb. 5. Dreiphasen-Kerntransformator mit runden Spulen.

D. Formelreihe für einen Dreiphasen-Kerntransformator mit rechteckigen Spulen.

Man findet (vgl. Abb. 6):

$$K = 3{,}33 \,.\, 10^{-6}\, y\, z\, c_{Fe}\, c_{Cu}\, \nu\, B\, S \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{N_2}{K} \quad (2)$$

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\, y\, \frac{4 + 4\,z + \pi\, y}{4\,z}\right] \frac{\alpha}{4\,y + 5{,}5} \quad (3)$$

(abgeschrägte Ecken)

bzw.

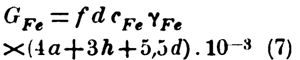
$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\, y\, \frac{4 + 4\,z + \pi\, y}{4\,z}\right] \frac{\alpha}{4\,y + 6} \quad (3\text{a})$$

(scharfe Ecken)

$$a = y\, d \quad (4)$$

$$h = \frac{\alpha}{d^3} \quad (5)$$

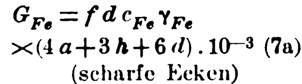
$$f = z\, d, \text{ wo } z \approx 2 \quad (6)$$



$$G_{Fe} = f\, d\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe} \times (4\,a + 3\,h + 5{,}5\,d) \,.\, 10^{-3} \quad (7)$$

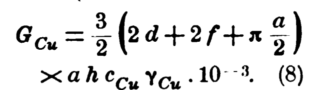
(abgeschrägte Ecken)

bzw.



$$G_{Fe} = f\, d\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe} \times (4\,a + 3\,h + 6\,d) \,.\, 10^{-3} \quad (7\text{a})$$

(scharfe Ecken)



$$G_{Cu} = \frac{3}{2}\left(2\,d + 2\,f + \pi\,\frac{a}{2}\right) \times a\, h\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu} \,.\, 10^{-3} \quad (8)$$

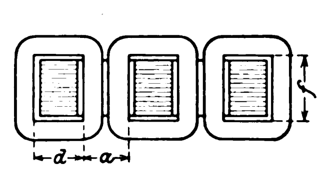


Abb. 6. Dreiphasen-Kerntransformator mit eckigen Spulen.

E. Formelreihe für einen Einphasen-Manteltransformator.

Man findet (vgl. Abb. 7):

$$K = 2{,}22 \,.\, 10^{-6}\, y\, z\, c_{Fe}\, c_{Cu}\, \nu\, B\, S \quad (1)$$

$$a = \frac{N_2}{K} \quad (2)$$

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\; y\; \frac{2 + 2z + \pi y}{2z}\right] \frac{\alpha}{3y + 2{,}625} \qquad (3)$$

(abgeschrägte Ecken)

bzw.

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\; y\; \frac{2 + 2z + \pi y}{2z}\right] \frac{\alpha}{3y + 3} \qquad (3a)$$

(scharfe Ecken)

$$a = y\, d \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

$$h = \frac{\alpha}{d^3} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

$$f = z\, d, \quad \text{wo } z \approx 2 \ldots 2{,}5 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

$$G_{Fe} = \frac{f\,d}{2}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (4a + 4h + 3{,}5\, d) \,.\, 10^{-3} \quad . \; . \quad (7)$$

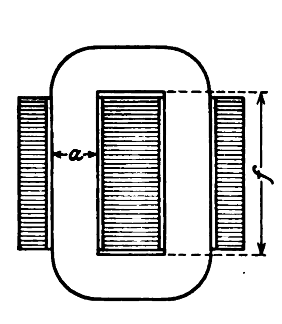
(abgeschrägte Ecken)

bzw.

$$G_{Fe} = \frac{f\,d}{2}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (4a + 4h + 4d) \,.\, 10^{-3} \quad . \; . \quad (7a)$$

(scharfe Ecken)

$$G_{Cu} = (2d + 2f + \pi\alpha) \times a\, h\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu} \,.\, 10^{-3}. \quad (8)$$



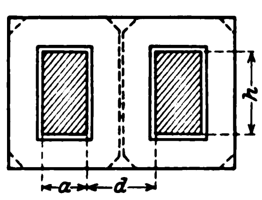
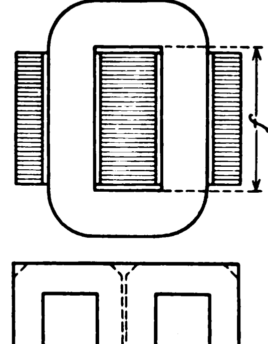


Abb. 7. Einphasen-Manteltransformator.



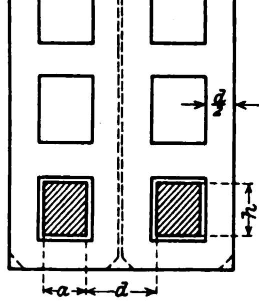


Abb. 8. Dreiphasen-Manteltransformator.

F. Formelreihe für einen Dreiphasen-Manteltransformator.

Man findet (vgl. Abb. 8):

$$K = 6{,}66 \,.\, 10^{-6}\, y\, z\, c_{Fe}\, c_{Cu}\, \nu\, B\, S \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{N_2}{K} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\; y\; \frac{2 + 2z + \pi y}{2z}\right] \frac{\alpha}{2y + 2{,}87} \qquad (3)$$

(abgeschrägte Ecken)

bzw.

$$d^4 = \left[1 + \frac{p_{Cu}\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu}}{p_{Fe}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}}\; y\; \frac{2 + 2z + \pi y}{2z}\right] \frac{\alpha}{2y + 3} \qquad (3a)$$

(scharfe Ecken)

$$a = y\, d \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

$$h = \frac{\alpha}{d^3} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

$$f = z\, d, \quad \text{wo } z \approx 2 \ldots 2{,}5 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

$$G_{Fe} = \frac{f\,d}{2}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (8a + 12h + 11{,}5\, d) \,.\, 10^{-3} \quad . \; . \quad (7)$$

(abgeschrägte Ecken)

bzw.

$$G_{Fe} = \frac{f\,d}{2}\, c_{Fe}\, \gamma_{Fe}\, (8a + 12h + 12d) \,.\, 10^{-3} \quad . \; . \quad (7a)$$

(scharfe Ecken)

$$G_{Cu} = 3\,(2d + 2f + \pi\alpha)\, a\, h\, c_{Cu}\, \gamma_{Cu} \,.\, 10^{-3}. \quad . \; . \; . \quad (8)$$

Die obigen Formeln gelten **nicht für Zickzackschaltung**. Es ist aber leicht zu übersehen, welche Änderungen eine Zickzackschaltung herbeiführt. Für die gewöhnlichen Stern- und Dreieckschaltungen gilt:

$$w_1 q_1 + w_2 q_2 = \frac{1}{2}\, a\, h\, c_{Cu} \,.\, 100,$$

wo

$$w_1 q_1 \approx w_2 q_2,$$

für die Zickzackschaltung dagegen:

$$w_1 q_1 + 1{,}15\, w_2 q_2 = \frac{1}{2}\, a\, h\, c_{Cu} \,.\, 100,$$

wo

$$w_1 q_1 \approx w_2 q_2.$$

Also für Stern- und Dreieckschaltung:

$$w_2 i_2 = \frac{1}{4}\, a\, h\, c_{Cu}\, S \,.\, 100$$

und für Zickzackschaltung:

$$w_2 i_2 = \frac{1}{4{,}3}\, a\, h\, c_{Cu}\, S \,.\, 100.$$

Hieraus folgt, wie man leicht einsieht, als einzige Änderung in den obigen Formelreihen, daß die Konstante in K kleiner wird (rd. 7 %). Man bekommt also:

für Kerntransformatoren mit runden Spulen	$2{,}62 \cdot 0{,}93 = 2{,}43$
für Kerntransformatoren mit rechteckigen Spulen	$3{,}33 \cdot 0{,}93 = 3{,}1$
für Manteltransformatoren	$6{,}66 \cdot 0{,}93 = 6{,}19$

Hierdurch wird α größer, gleichermaßen d, a und h sowie die Gewichte der aktiven Materialien.

Um die Brauchbarkeit der Methode zu zeigen, sollen hier zwei Beispiele durchgerechnet werden. Bei der Berechnung der Tabellen ist nur der Rechenschieber benutzt worden.

Beispiel 1. Die Hauptabmessungen eines Einphasen-Kerntransformators mit natürlicher Luftkühlung (Trockentransformator) sollen bestimmt werden. Es seien folgende Daten gegeben:

Leistung	N_2	=	**100 000 VA**
Spannung, primär	e_1	=	**10 000 V**
„ sekundär	e_2	=	**300 V**
Periodenzahl	ν	=	**50 Hz**
Einheitspreis des Eisens	p_{Fe}	=	**1 RM/kg**
„ „ Kupfers	p_{Cu}	=	**4 RM/kg.**

Der Transformator sei für Kraftzwecke bestimmt. Als Beanspruchungen wählen wir $B = 10\,000$ und $S = 1{,}25$ A/mm². Es wird legiertes Blech, Stärke $\delta = 0{,}5$ mm, vorausgesetzt. Aus einer Kurve für legiertes Blech (Arnold Bd. 2, S. 65) entnehmen wir für $B = 10\,000$, $v_{Fe} = 1{,}8$ W/kg. Bei der gewählten Stromdichte wird $v_{Cu} = 2{,}6 \cdot 1{,}25^2 = 4{,}05$ W/kg. Der Eisenfüllfaktor wird bei abgestuftem Querschnitt mit zwei Luftschlitzen auf $c_{Fe} = 0{,}63$ geschätzt. Den Kupferfüllfaktor entnimmt man der Kurve $c_{Cu} = 0{,}22$.

Wir führen den Transformator mit abgeschrägten Ecken und runden Spulen aus und finden laut Formelreihe A:

y =	1	0,9	0,8	0,7	0,	0, 5	0,4
K =	0,152	0,1865	0,1218	0,1061	0,091	0,076	0,061
α =	659 000	733 000	825 000	942 000	1 100 000	1 320 000	1 640 000
d^4 =	460 000	474 000	492 000	514 000	543 000	631 000	644 000
d^2 =	678	689	702	716	737	79	802
d =	26,1	26,3	26,5	26,8	27,1	28,	[illegible],6
a =	26,1	23,6	21,2	18,7	16,3	14,1	11,4
h =	37,2	40,6	44,3	49,2	55	59,2	71,3
$\frac{h}{a}$ =	1,4	1,7	2,1	2,6	3,4	4,2	6,3
G_{Fe} =	570	585	606	635	675	751	825
G_{Cu} =	232	223	213	203	193	180	171
β =	2,5	2,6	2,9	3,1	3,5	4,2	4,8
V_{Fe} =	1025	1055	1092	1145	1215	1352	1490
V_{Cu} =	940	905	865	822	783	730	695
V =	1965	1960	1957	1967	1998	2082	2185
$\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}$ =	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,9	2,1
P_{Fe} =	570	585	606	635	675	751	825
P_{Cu} =	928	892	852	812	772	720	684
P =	1498	1477	1458	1447	1447	1471	1509
T =	1,93	1,92	1,92	1,93	1,96	2,04	2,14

Aus dieser Zahlentafel und noch deutlicher aus einer Hilfskurve $P = f(y)$ ersehen wir, daß das Preisminimum zwischen $y = 0{,}6$ und $y = 0{,}7$ liegt. Da der Wirkungsgrad günstiger ist bei $y = 0{,}7$, wird es zweckmäßiger sein, die

Reihe 4 zu wählen. Man sieht jedoch leicht, daß das Minimum sehr wenig ausgeprägt ist, so daß auch die Reihe 3 ($y = 0{,}8$) eine durchaus zweckentsprechende Ausführungsform ergeben würde.

Wir wollen die Reihe 4 ($y = 0{,}7$) als Ausführungsform wählen. Unsere Methode ermöglicht eine weitere Verbesserung, da wir ein günstigeres Verhältnis zwischen den Beanspruchungen B und S als das ursprünglich angenommene schätzen können. Das Verhältnis $\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}$ beträgt bei dem gewählten Transformator 1,4. Bekanntlich sollte dieses Verhältnis bei Krafttransformatoren möglichst gleich 1 sein, weil der Transformator dann seinen maximalen Wirkungsgrad bei Vollast bekommt. V_{Fe} sollte folglich etwas kleiner, V_{Cu} etwas größer gemacht werden. Wählen wir für B einen etwas kleineren Wert, für S einen etwas höheren, jedoch so, daß das Produkt konstant bleibt, so ändern sich weder Abmessungen, Gewicht noch Preis. Die Richtigkeit dieser Behauptung geht ohne weiteres aus der Formelreihe hervor.

Wählen wir schätzungsweise $B = 9400$, so folgt $S = 1{,}33$. Diesen Werten entsprechen: $v_{Fe} = 1{,}6$, $v_{Cu} = 2{,}6 \cdot 1{,}33^2 = 4{,}6$. Folgende Reihen werden hierdurch geändert:

V_{Fe} =	911	935	970	1018	1080	1200	1320
V_{Cu} =	1065	1026	980	935	888	828	786
V =	1976	1961	1950	1953	1968	2028	2106
$\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}$ =	0,86	0,91	0,99	1,09	1,22	1,45	1,68
T =	1,94	1,93	1,92	1,92	1,93	1,99	2,06

Die totalen Verluste sind, wie man der Tafel entnimmt, nicht nennenswert geändert, und da die Abmessungen auch ungeändert sind, dürften sich die Temperaturverhältnisse kaum wesentlich ändern. (Wegen der größeren Beanspruchung des Kupfers tritt allerdings eine etwas andere Temperaturverteilung zwischen Kupfer und Eisen auf.) Der Transformator hat jetzt offenbar das günstigste Verhältnis $\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}$. Dies ersieht man auch aus der Reihe T. (Vgl. hiermit die Berechnung desselben Transformators bei Pichelmayer, Dynamobau, S. 551 u. 563.)

Die vorhin entwickelten Formeln lassen sich auch bei der Berechnung von Lichttransformatoren verwerten. Hier liegt die Sache jedoch etwas anders. Der absolut billigste Transformator kann im allgemeinen nicht in Betracht kommen, weil derselbe den vorgeschriebenen Jahreswirkungsgrad nicht besitzt. Da die oben entwickelte Methode auch die relativ billigsten Typen liefert, ist es einleuchtend, daß die Reihe, welche den verlangten Jahreswirkungsgrad aufweist, auch gleichzeitig die billigste Lösung darstellt. Das folgende Beispiel wird dies näher erläutern:

Beispiel 2: Ein Dreiphasen-Kerntransformator mit runden Spulen und Ölkühlung soll berechnet werden. Folgende Daten sind gegeben:

Leistung	N_2	=	50 000 VA
Phasenspannung, primär	e_1	=	4 630 V
„ sekundär	e_2	=	110 V
Periodenzahl	ν	=	50 Hz
Schaltung			Stern—Stern

Der Transformator soll dem Lichtbetrieb dienen. Sein Jahreswirkungsgrad darf 90 % nicht unterschreiten; bei der Berechnung desselben soll eine tägliche Vollastperiode von $a = 3$ h, $\cos\varphi = 1$ zugrunde gelegt werden. p_{Cu} und p_{Fe} sollen dieselben Werte haben wie in dem vorigen Beispiel.

Wir setzen legiertes Blech, Stärke $\delta = 0{,}5$ mm, voraus und wählen als Beanspruchungen: $B = 12\,000$. $S = 2{,}2$ A/mm². Diesen Werten entsprechen $v_{Fe} = 2{,}42$ und $v_{Cu} = 12{,}5$. Der Eisenfüllfaktor wird auf $c_{Fe} = 0{,}65$ geschätzt, der Kupferfüllfaktor nach Kurve auf $c_{Cu} = 0{,}2$. Wir finden laut Formelreihe für Transformator mit abgeschrägten Ecken:

y =	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
K =	0,449	0,404	0,359	0,314	0,269	0,225	0,18
a =	111 500	124 000	139 200	159 400	186 000	222 000	278 000
d^4 =	61 000	63 600	66 300	70 300	75 000	81 700	92 100
d^2 =	247	252	258	265	274	286	303
d =	15,7	15,9	16,1	16,3	16,6	16,9	17,4
a =	15,7	14,3	12,9	11,4	9,9	8,5	7
h =	28,8	31	33,6	37,1	41	46,1	52,9
$\frac{h}{a}$ =	1,8	2,2	2,6	3,3	4,1	5,5	7,6
G_{Fe} =	231	238	247	259	277	301	339
G_{Cu} =	89,2	85,4	81,3	78,1	73,3	69	64,6
β =	2,6	2.8	3	3,3	3,8	4,4	5,2
V_{Fe} =	558	576	598	626	670	727	820
V_{Cu} =	1115	1067	1015	975	915	861	806
V =	1673	1643	1613	1601	1585	1588	1626
$\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}$ =	0,5	0,54	0,59	0,64	0,73	0,85	1,02
P_{Fe} =	231	238	247	259	277	301	339
P_{Cu} =	357	342	325	312	293	276	258
P =	588	580	572	571	570	577	597
T_j =	10	10,2	10,35	10,7	11,15	11,75	12,8
T =	3,24	3,18	3,12	3,10	3,07	3,08	3,14

Die jährlichen Verluste sind berechnet durch

$$T_j = \frac{v_{Cu}\, G_{Cu} + \frac{24}{3} v_{Fe}\, G_{Fe}}{N_2 + v_{Cu}\, G_{Cu} + \frac{24}{3} v_{Fe}\, G_{Fe}}.$$

Der billigste Transformator entspricht dem Verhältnis $y = 0{,}6$. Dieser hat aber zu geringen Jahreswirkungsgrad. Gehen wir in der Zahlentafel nach links, so sehen wir, daß der Totalpreis etwas ansteigt, gleichzeitig bessert sich der Jahreswirkungsgrad. Die Transformatortype, welche $y = 0{,}9$ entspricht, ist nur unwesentlich teurer, hat aber einen Jahreswirkungsgrad von rd. 89,8 %. Dieser Wert ist noch etwas zu niedrig. Wir können aber offenbar die Sache verbessern, wenn wir die Induktion B etwas kleiner wählen. Erhöhen wir gleichzeitig die Stromdichte S, so daß das Produkt BS konstant bleibt, werden weder Abmessungen, Gewicht noch Preis beeinflußt. Wir setzen schätzungsweise $B = 11\,500$, $S = 2{,}3$ A/mm², entsprechend $v_{Fe} = 2{,}25$, $v_{Cu} = 13{,}8$, und bekommen:

V_{Fe} =	520	536	555	583	622	677	762
V_{Cu} =	1230	1180	1120	1075	1010	952	891
V =	1750	1716	1675	1658	1632	1629	1653
$\frac{V_{Fe}}{V_{Cu}}$ =	0,42	0,45	0,5	0,54	0,61	0,71	0,85
T_j =	9,75	9,86	9,9	10,25	10,7	11,3	12,3
T =	3,38	3,32	3,24	3,21	3,16	3,15	3,20

Wählen wir als Ausführungsform die Reihe 2 ($y = 0{,}9$), so bekommen wir eine billige Type, die einen Jahreswirkungsgrad von rd. 90,1 % besitzt. Die totalen Verluste sind etwas größer geworden, jedoch nicht so wesentlich, daß die Temperaturverhältnisse viel bedenklicher werden als vorhin. Nun kann die genaue Durchrechnung erfolgen. Ergibt diese Rechnung, daß der Transformator den gestellten Anforderungen nicht entspricht, müssen die Beanspruchungen anders gewählt werden.

Bekanntlich werden die Joche der Transformatoren öfters verstärkt, so daß hier eine geringere Induktion herrscht als in den Kernen. Die obigen Formeln ließen sich mit leichter Mühe so umändern, daß diesem Umstande Rechnung getragen wurde. Hierauf soll aber nicht näher eingegangen werden.

Wie ersichtlich, sind die obigen Formeln unter der Voraussetzung gleicher Stromdichte primär und sekundär entwickelt. Wie bereits G. Kapp[3] nachgewiesen hat, ist diese Voraussetzung richtig bei Scheibenwicklung; bei Zylinderwicklung dagegen sollten die Stromdichten verschieden gewählt werden, u. zw. sollten dieselben im umgekehrten Verhältnisse der mittleren Windungslängen zu einander stehen. Wie man nun leicht einsehen wird, ist die Aufgabe in dieser Problemstellung unlösbar, da die Stromdichten von den noch unbekannten Abmessungen (mittleren Windungslängen) abhängig sind, und letztere wiederum erst nach Wahl der Stromdichten bestimmt werden können. Bei langgestreckten Transformatoren sind die mittleren Windungslängen primär und sekundär nun nicht sehr voneinander verschieden; anderseits haben wir gefunden, daß das Preisminimum nicht sehr scharf ausgeprägt ist. Es erscheint daher berechtigt, die einleitende Rechnung unter der Voraussetzung gleicher Stromdichte auszuführen ohne Rücksicht auf die Wicklungsart. Nach Festlegung der Hauptabmessungen in der bereits geschilderten Weise kann im Falle einer Zylinderwicklung die genaue Durchrechnung des Transformators unter Zugrundelegung verschiedener Stromdichten primär und sekundär ausgeführt werden, da die mittleren Windungslängen nunmehr ermittelt sind.

[3] G. Kapp, Transformatoren, S. 86. Verlag Julius Springer. Berlin 1900.

Die wichtigsten Werkstoffeigenschaften elektrotechnischen Porzellans*.

Die Sonderstellung, die das Porzellan unter den Isolierstoffen der Elektrotechnik einnimmt, verdankt es neben großer thermischer und mechanischer Festigkeit hauptsächlich seinem hohen elektrischen Isolationsvermögen sowie seiner unbedingten Wetterbeständigkeit. Porzellan ist den Angriffen der meisten chemischen Stoffe gegenüber in glasiertem und unglasiertem Zustande außerordentlich widerstandsfähig. Die stärksten Säuren und die bei elektrischen Entladungen entstehenden Stickoxyde und Ozon vermögen es ebensowenig anzugreifen wie Laugen bei gewöhnlicher Temperatur und Konzentration. Eine Verwitterung durch atmosphärische Einflüsse ist bei Porzellan im Gegensatz zu Glas selbst nach Jahrzehnten ausgeschlossen. Von den elektrischen Eigenschaften des Porzellans ist die Durchschlagfestigkeit für Hochspannungsisolatoren von überwiegender Bedeutung, während Oberflächen- und spezifischer (Durchgangs-) Widerstand für Niederspannungsporzellan wichtiger sind.

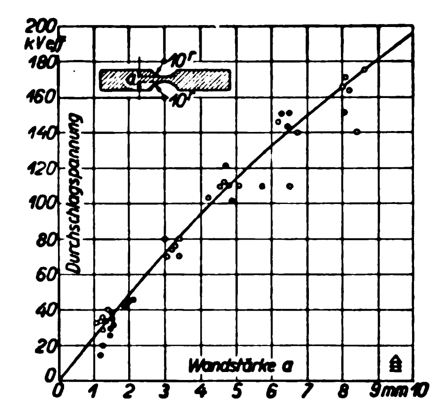


Abb. 1. Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Schichtdicke.

Die Durchschlagfestigkeit von Porzellan ist bei gewöhnlicher Temperatur von Elektrodenform und -größe sowie von der Scherbendicke abhängig. Um bei Prüfungen zuverlässige, d. h. nur von der Werkstoffbeschaffenheit abhängige Werte zu erhalten, ist es erforderlich, Durchschlagplatten der auf Abb. 1 gezeichneten Form oder ebene Platten mit verdickten Rändern zu verwenden, deren beide Seiten bis zu den Randwulsten mit einem leitenden Belag versehen werden[1]. Diese eignen sich gleichzeitig zur Messung der Dielektrizitätskonstante und des dielektrischen Verlustfaktors. Ebene Platten ohne Randverstärkung sind unbrauchbar, weil bei ihnen der Durchschlag stets am Rand der Belegung bei viel zu niedrigen Spannungen eintritt, wobei die Durchschlagspannung in starkem Maße von der Elektrodengröße und dem umgebenden Medium beeinflußt wird. Gegenüber der in Abb. 1 aufgeführten Durchschlagfestigkeit von normalem Porzellan (die Messungen liegen mehrere Jahre zurück) sind heute wesentliche Fortschritte zu verzeichnen. Die für Hochspannungsporzellan gebräuchlichen Porzellanmassen der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren G. m. b. H. besitzen für 2 mm starke Platten der in Abb. 1 dargestellten Form eine mittlere Durchschlagfestigkeit von 36 kV/mm (gegenüber 25 kV/mm nach Abb. 1), während Sondermassen sogar im Mittel Werte über 40 kV/mm aufweisen. Für normale Kappenisolatoren von 20 mm Scherbendicke im Kopf wird eine Durchschlagfestigkeit von 130 kV gewährleistet; die bei der Prüfung erreichten Werte betragen dagegen 180... 250 kV.

Die Durchschlagfestigkeit wird außer von der Zusammensetzung der Masse wesentlich von dem Dichtigkeitsgrad des Scherbens bestimmt und ist daher bei gleicher Masse der wahren Porosität umgekehrt proportional. Vorbedingung für hohe Durchschlagfestigkeit ist ein völlig dichter Scherben ohne Einschlüsse makroskopischer Luftblasen. Poröses Porzellan ist für Hochspannungszwecke völlig unbrauchbar. Die Glasur hat ihrer geringen Dicke wegen auf die Durchschlagfestigkeit gebräuchlicher Isolatoren keinen Einfluß. Von den tiefsten Temperaturen bis zu etwa 120° ist die Durchschlagfestigkeit von Porzellan praktisch unabhängig von der Temperatur. Für höhere Temperaturen fällt sie dagegen stark ab, wie Abb. 2 zeigt.

Die Dielektrizitätskonstante von Porzellan liegt bei 50 Hz zwischen 5,5 und 6,5. Bei 800 Hz ergab sie sich um etwa 2 % kleiner als bei 50 Hz[2].

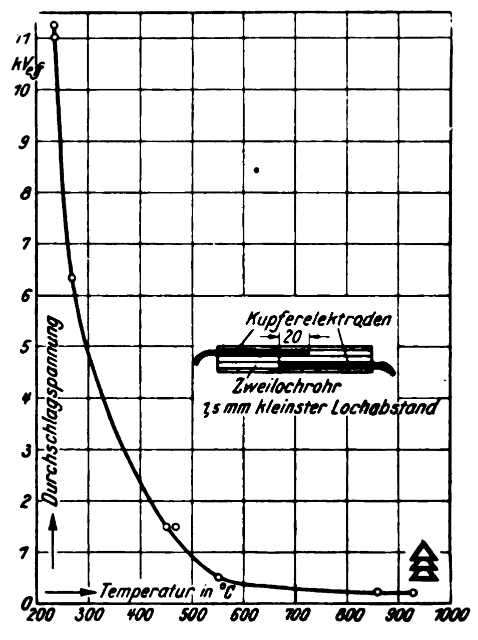


Abb. 2. Durchschlagsspannung von Porzellanrohren in Abhängigkeit von der Temperatur.

Der dielektrische Verlustfaktor sinkt ebenfalls mit zunehmender Frequenz. Er beträgt bei gewöhnlicher Temperatur

bei 50 Hz	0,015	bis 0,030
„ 800 „	0,010	„ 0,015
„ 10^5 „	0,0085	„ 0,0090.

Mit der Spannung steigt der Verlustfaktor etwas an, wird mit zunehmender Wandstärke geringer und zeigt starke Temperaturabhängigkeit (Abb. 3). Unmittelbar vor dem Durchschlag ist bei Porzellan ein Ansteigen der Verluste nicht zu beobachten. Der Durchschlag ist demnach bei gewöhnlicher Temperatur kein Wärmedurch-

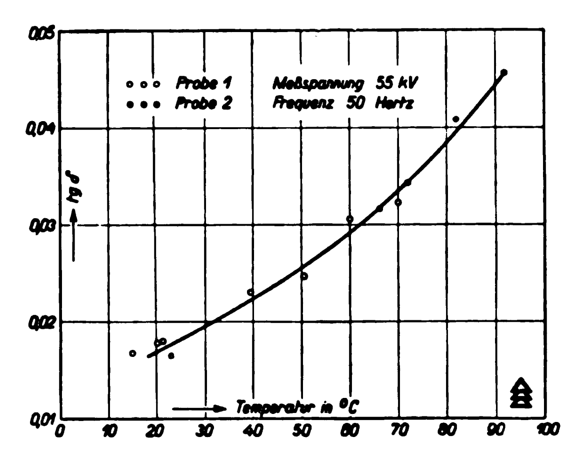


Abb. 3. Abhängigkeit des dielektrischen Verlustfaktors von der Temperatur.

* H. Handrek, Hescho-Mitt. 1928, H. 39, S. 1223.
[1] Vgl. die inzwischen erschienenen VDE-Leitsätze, ETZ 1929, S. 364.
[2] A. Burmester, Arch. El. 1924, H. 2, S. 146.

schlag, denn jede Temperaturerhöhung macht sich durch Vergrößerung des Verlustfaktors deutlich bemerkbar.

Der Oberflächenwiderstand ist keine Werkstoffeigenschaft, sondern hängt von der Oberflächenbeschaffenheit des Isolators und der Luftfeuchtigkeit ab (Abb. 4). Eine glatte Oberfläche, wie sie durch Glasierung erzeugt wird, ist insofern von Einfluß, als sie eine Verschmutzung des Isolators erschwert und seine Reinigung durch Regen erleichtert, außerdem durch Wasser wenig benetzbar ist. Doch spielt die Glasur für den Oberflächenwiderstand nicht allgemein die wichtige Rolle, die man ihr oft zuschreibt. Auch der unglasierte Isolator bewahrt sich im Laufe der Zeit einen hohen Oberflächenwiderstand.

der früher allein zugelassenen Druckfestigkeitsbeanspruchung des Porzellans, werden heute auch seine Zug- und Biegefestigkeit in großem Umfange praktisch verwertet (Vollkern[Motor]isolatoren, Stabisolatoren für elektrische Bahnen, Knüppelisolatoren für drahtlose Telegraphie).

Einen ausschlaggebenden Einfluß auf alle mechanischen Eigenschaften des Porzellans sowie auf seine Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel besitzt die Glasur. Geeignet glasierte Isolatoren können in flüssiges Blei von 400° eingetaucht oder punktförmig durch einen Lichtbogen soweit erhitzt werden, daß flüssige weißglühende Porzellanmasse herabtropft

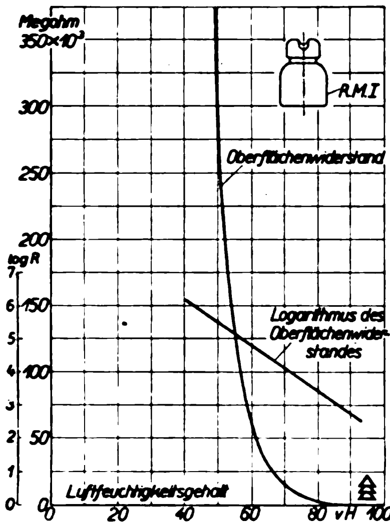


Abb. 4. Oberflächenwiderstand von Porzellan in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit (Reichspostmodell Nr. 1).

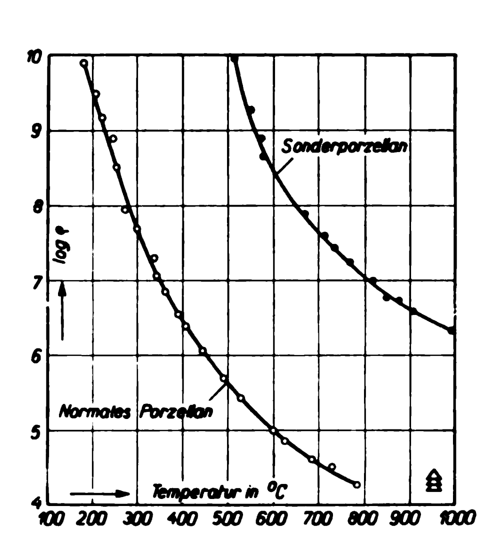


Abb. 5. Spezifischer Widerstand (Durchgangswiderstand) von Porzellan in Abhängigkeit von der Temperatur (ϱ in Ω cm).



Abb. 6. Schmelzen des Porzellans im Lichtbogen einer Bogenlampe.

Auch die Überschlagsspannung wird von der Oberflächenbeschaffenheit des Porzellans beeinflußt. Eine Verschmutzung der Oberfläche macht sich allerdings in trockenem Zustande verhältnismäßig wenig bemerkbar, bei Feuchtigkeit (Regen, Nebel, Tau) bewirkt sie dagegen eine starke Herabsetzung der Überschlagspannung.

(Abb. 6). Die Temperaturwechselbeständigkeit ist von Bedeutung bei der Befestigung von Metallarmaturen auf Porzellan mit Hilfe eines Bleiausgusses sowie bei etwaigen Überschlägen im Betrieb. Glimmentladungen, Funken und Lichtbogenüberschläge im Prüffeld greifen weder das Porzellan noch die Glasur an.

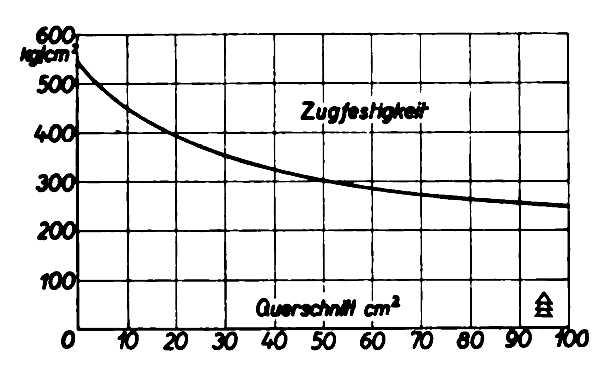


Abb. 7. Zugfestigkeit von gutem Hartporzellan mit hochwertiger Glasur in Abhängigkeit vom Querschnitt für glatte massive Versuchskörper.

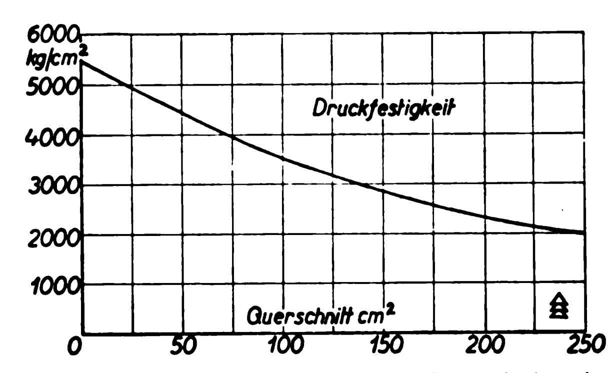


Abb. 8. Druckfestigkeit von gutem Hartporzellan mit hochwertiger Glasur in Abhängigkeit vom Querschnitt für glatte massive Versuchskörper.

Abb. 5 stellt den spezifischen Widerstand (Durchgangswiderstand) eines normalen und eines Sonderporzellans geringer Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur dar. Gegenüber dem Oberflächenwiderstand, der bei 30 % Luftfeuchtigkeit etwa $20 \ldots 40 \cdot 10^{12}$ Ωcm beträgt, ist der spezifische Widerstand mit $10^{14} \ldots 10^{15}$ Ωcm bei normaler Temperatur stets zu vernachlässigen.

Auch an die mechanischen und thermischen Eigenschaften des Werkstoffes werden hohe Anforderungen gestellt, besonders bei seiner Verwendung als Hochspannungs-Freileitungsisolator, wo das Porzellan gleichzeitig nicht nur elektrisch und mechanisch sondern auch durch Temperaturwechsel beansprucht wird. Neben

Alle mechanischen Festigkeitseigenschaften sind vom Querschnitt abhängig (Abb. 7 ... 10), ferner hat auch die Form des Stückes bestimmten Einfluß. Daher haben Isolatoren mit mehreren keramischen Schirmen geringere Zug- und Biegefestigkeit als entsprechende schirmlose Porzellanknüppel gleicher Schaftabmessungen. Ebenso besitzen rohrförmige Stützer und Durchführungen eine kleinere spezifische Biegefestigkeit als massive Körper gleichen Querschnitts. Mit zunehmendem Rohrdurchmesser sowie mit der Länge des Porzellankörpers nimmt die Festigkeit ab.

Eine allmähliche Gefügeverschlechterung durch elektrische und mechanische Dauerbeanspruchungen, die an

und für sich in zulässigen Grenzen verlaufen, ist bei hochwertigem Porzellan nicht nachweisbar. Auf der Strecke Gromo—Nembro (Italien) befinden sich z. B. seit über 21 Jahren Stützenisolatoren in ununterbrochenem Dauerbetrieb[3] mit einer für die betreffende Isolatorform nach unseren heutigen Anschauungen viel zu hohen Spannung, ohne daß sich Anstände ergeben haben. Dünnschliffe von diesen Isolatoren zeigen das gleiche Gefügebild wie von denjenigen Stücken, die während dieser Zeit in den Lagerräumen unbeansprucht gelegen haben.

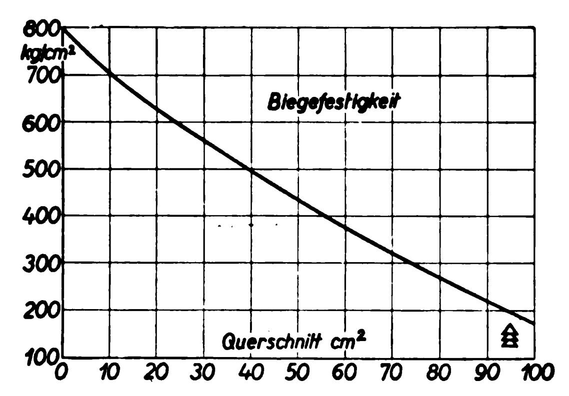


Abb. 9. Biegefestigkeit von gutem Hartporzellan mit hochwertiger Glasur in Abhängigkeit vom Querschnitt für glatte massive Versuchskörper.

Durch genaue Erhebungen an Stützenisolatoren in Schweden ist festgestellt worden, daß ein enger Zusammenhang zwischen den mechanischen Eigenschaften eines Isolators und seiner Betriebseignung und Lebensdauer besteht. Daraus muß geschlossen werden — und diese Auffassung wird heute wohl allgemein vertreten —, daß der Durchschlag eines Isolators im Betrieb meist auf vorausgehende Beschädigungen mechanischer Art zurückzuführen ist, während rein elektrische Ursachen (außer bei Blitzschlägen) zurücktreten.

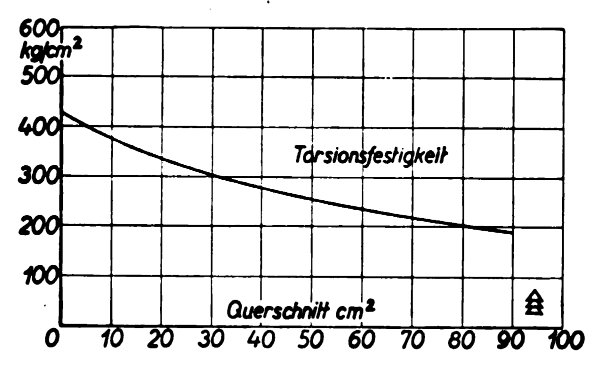


Abb. 10. Torsionsfestigkeit von gutem Hartporzellan mit hochwertiger Glasur in Abhängigkeit vom Querschnitt für glatte massive Versuchskörper.

Da sich in einer einzigen Porzellanmasse nicht alle wünschenswerten Werkstoffeigenschaften vereinigen lassen, so ist die Entwicklung der letzten Jahre durch die Verarbeitung mehrerer Massen nebeneinander und die Einführung von Massen für Sonderzwecke gekennzeichnet. Bei elektrotechnischem Porzellan sind hauptsächlich zwei Gruppen zu unterscheiden: Massen mit besonders hoher Durchschlagfestigkeit, bei denen, ihrem Verwendungszweck entsprechend, keine allzu hohen Ansprüche an die mechanische Festigkeit gestellt werden (z. B. für Durchführungen), und Massen, bei denen zugunsten einer hohen mechanischen Festigkeit die elektrischen Eigenschaften zurücktreten dürfen, da wegen der Dicke des bei ihnen zur Verwendung kommenden Scherbens die elektrische Beanspruchung nur gering ist (z. B. Vollkernisolatoren und massive Druckisolatoren für Funktürme). Hierdurch wird erreicht, daß diejenigen Eigenschaften, auf die es bei der praktischen Verwendung besonders ankommt, möglichst vollkommen herausgearbeitet werden können. Durch die Verwendung von Sondermassen lassen sich die oben angeführten elektrischen und mechanischen Festigkeitswerte noch ganz erheblich übertreffen.

[3] ETZ 1926, S. 235.

Um den hohen Stand der Elektro-Porzellanindustrie zu kennzeichnen, mögen noch einige Festigkeitsangaben gebräuchlicher Hochspannungsisolatoren folgen: Bei neuzeitlichen Kappen- und Vollkernisolatoren gewöhnlicher Ausführung wird bei einer garantierten Bruchfestigkeit von 6500 kg eine mittlere Bruchfestigkeit von 10 000 kg, für eine größere Ausführungsform sogar von über 20 000 kg erreicht. Ein Druckisolator für die Fundamentisolation von Antennenmasten besitzt bei 20 cm Durchmesser und 10 cm Höhe eine Bruchfestigkeit von 600 bis 700 t. Diese Zahlen werden anschaulich, wenn man überlegt, daß demnach ein einziger Kappen- oder Vollkernisolator ein bzw. zwei vollbeladene Eisenbahnwagen zu tragen imstande ist, und daß das Gewicht von zwei 210 m hohen Antennentürmen der Großstation Nauen von zusammen 500 t noch nicht hinreicht, um den erwähnten Druckisolator zum Bruch zu bringen. *Sb.*

Neue Regeln zur Bewertung von elektrischen Maschinen in Schweden.

Das schwedische Komitee Elektriska Standardiserings Kommissionens utskott för maskinnormer hat vor einiger Zeit eine neue Ausgabe[1] der bisherigen Maschinennormen vom Jahre 1920[2] entworfen, die einige Abweichungen gegenüber früher enthält, worauf hier kurz aufmerksam gemacht werden soll. So wurden die allgemeinen Bestimmungen ergänzt u. a. mit Angaben über den aussetzenden Betrieb von Bahnmotoren. Bezüglich Auswuchtung und mechanischer Festigkeit ist die Drehzahlsteigerung bei der Durchgangsprobe von Wasserturbogeneratoren von 80 auf 90 % erhöht worden. Zur Kontrolle der Festigkeit der Wicklungen wurde ferner eine besondere Kurzschlußprobe, unabhängig von den Überlastungsversuchen, vorgeschrieben. Im Abschnitt „Isolierfestigkeit" waren die schwedischen Normen seit 1920 strenger als irgendwelche andere Normen. Durch die in der Zwischenzeit eingetretene Verbesserung von Material und Arbeitsverfahren durften die Forderungen nachgelassen werden, zumal die IEC sich den schärferen schwedischen Bedingungen nicht anschließen will. Der Entwurf schlägt eine Ausgleichsformel zur Berechnung der Prüfspannung wie folgt vor:

$$E_{is} = 2\,E + 0{,}2\,P + 1000 \text{ [Volt]}$$

wo E die Betriebspannung in Volt und P die Maschinenleistung in kW bezeichnet. Für kleinere und mittlere Maschinen wird das mittlere Glied ohne Einfluß sein bzw. bei dessen Vernachlässigung stimmt der Ausdruck mit den IEC-Vorschriften überein. P wird mit höchstens 10 000 eingesetzt. Bei kleinen Maschinen bis einschließlich 1 kW gilt der Ausdruck

$$E_{is} = 2\,E + 500 \text{ [Volt]}$$

Für die Prüfspannung zwischen Lagen bzw. Windungen wird die Formel

$$E_{is} = 300 + 0{,}3\,E + 1{,}5\,P \text{ [Volt]}$$

jedoch höchstens $E_{is} = 300 + E$ [Volt] gegeben.

Die Bestimmung der Temperaturerhöhung durch Thermoelemente (nur bei Maschinen über 5000 kVA) oder Thermometer und Widerstandsmessung schließt sich den IEC-Bestimmungen nahe an. Maschinen ohne Kommutator sollen unmittelbar nach der Dauerbelastungsprobe einen Überstrom von 100 % während 1 min vertragen. Bestimmungen über Wirkungsgrad sind ausführlicher als früher behandelt worden. Die Sondervorschriften für die verschiedenen Maschinengattungen enthalten ebenfalls Neuerungen, die sich auf Toleranzen in Drehzahl, Verluste, Spannungsabfall, Schlupf usw. beziehen.

Die neuen Normen sollen nach dem Beschlusse des Schwedischen Technologenvereins zur sofortigen Einführung empfohlen werden, so daß die Hersteller von Maschinen zwecks Ausfuhr nach Schweden gut tun, wenn sie sich mit den Einzelheiten nach der Drucklegung der endgültigen Abfassung vertraut machen. *Hldn.*

[1] Tekn. Tidskr. Elektr. 1928, S. 185.
[2] ETZ 1920, S. 293.



Die Teiltagung der Weltkraftkonferenz in Barcelona vom 15. bis 23. Mai 1929.

Von Regierungsbaumeister a. D. **A. Przygode**, Berlin.

Das technische Programm für Barcelona lautete: „Vollständige Ausnutzung der Wasserläufe". Man hatte damit besonders den Interessen Spaniens Rechnung getragen, das wegen seiner trockenen Sommer bei der Verwertung der Wasserläufe gezwungen ist, von der Bewässerung auszugehen und hiermit eine Ausnutzung des Wassers zur Elektrizitätserzeugung zu verbinden. Die eine wie die andere Art der Verwertung ist für die Entwicklung des Königreichs, für seine Landwirtschaft wie Industrie von größter Bedeutung; z. Zt. soll es sich dabei um 2,5 Mill PS handeln. Wie auf der Tagung zu erkennen war, geht das Streben Spaniens dahin, die Ausnutzung seiner Wasserkräfte durch sehr große Regulierungsarbeiten wie durch die Anlage künstlicher Wasserbecken außergewöhnlichen Ausmaßes zu rationalisieren und dadurch ergiebiger zu gestalten. Besonders beschäftigt man sich mit dem Wassergebiet des Ebro, der in den ständig schneebedeckten Pyrenäen entspringt und infolgedessen über das ganze Jahr dauernden, wenn auch stark schwankenden Wasserabfluß hat. Für seine Regulierung besteht die Confederación Sindical Hidrografica del Ebro, deren technischer Direktor Manuel Lorenzo Pardo ist. Für die Tagung waren von diesem mehrere eingehende Berichte zu den Arbeiten und Projekten eingereicht worden. Mit der Ausführung letzterer wird man nicht nur eine Bewässerungsfläche schaffen, die der ganzen, heute in Spanien bestehenden etwa gleich ist, sondern auch die Installation von etwa 1 Mill PS ermöglichen, womit die heute bereits vorhandenen etwa verdoppelt würden. Diese Energie würde vornehmlich den besonders tätigen Gegenden um Bilbao und Barcelona zugeführt werden. Die Regierung hat vor kurzem ein Dekret erlassen, wonach ein großes Nationalverteilungsnetz gebildet werden soll.

Die Tagung hat auch starkes internationales Interesse gefunden: 32 Staaten haben sich an ihr beteiligt. Außer den Spaniern waren 73 Delegierte aus 27 Staaten erschienen, aus Deutschland sieben. Offizielle Delegierte des Deutschen Nationalen Komitees waren Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. de Thierry, Prof. Dr.-Ing. C. Matschoß, Ministerialrat Hoebel vom Reichsverkehrsministerium, Ob.-Reg.-Rat Dr. Bree vom Reichswirtschaftsministerium. Zur Aussprache lagen 96 Berichte aus 15 Staaten vor, 55 davon von spanischen Ingenieuren verfaßt. Außer der Eröffnungs- und Schlußsitzung erstreckte sich die Tagung auf fünf Sitzungen, entsprechend den fünf Gruppen: A. Allgemeine hydrologische Probleme (Berichterstatter D. Pedro M. Gonzalez Quijano); B. Technische Probleme der Ausnutzung (Berichterstatter D. Diego Mayoral); C. Ökonomische und finanzielle Probleme (Berichterstatter D. Manuel Lorenzo Pardo); D. Gesetzliche Probleme (Berichterstatter D. José Gascon y Marin); E. Hydraulische Werke und Unternehmungen, Schutz gegen Wasser (Berichterstatter D. Enrique Becerril).

In Gruppe A wurde in einem Beschluß der Wunsch zur Einsetzung einer Sonderkommission ausgesprochen, die sich mit dem Studium aller auf dies Gebiet beziehenden Fragen befassen und das Ergebnis ihrer Arbeit der Vollkonferenz in Berlin vorlegen soll. Das Studium erstreckt sich auf die topographischen und geologischen Verhältnisse eines Landes, von denen größtenteils die Bildung der Wasserläufe, ihre ausnutzbare Energie und die allgemeine Verteilung des Niederschlags abhängt. Hydrologische Kataster sind aufzustellen. Sehr wichtig ist die Bestimmung des Wasserabflusses. Gemäß einem auf der Teiltagung in Basel gefaßten Beschluß ist das Schweizer Komitee mit der Aufstellung eines Verzeichnisses hydraulischer Quellen aller Länder beschäftigt, und die hierfür in Vorschlag gebrachten Normen unterliegen z. Z. dem Studium anderer nationaler Komitees. Hierbei ist man vornehmlich von der Energieausnutzung ausgegangen, und es wurde angeregt, die Frage auch vom Standpunkt der landwirtschaftlichen Verwertung zu studieren. Diese würde eine volle Lösung finden, wenn es gelänge, den Verlauf der Zyklen der meteorologischen Phänomene, von denen die hydrologischen gewöhnlich nur eine Folge sind, zu ergründen. Ansätze sind hierzu bereits in Rußland hinsichtlich des Verhaltens des Dunajec und auch in Schweden gemacht worden. Von praktischer Bedeutung ist die Frage für den Abfluß der künstlichen Seen und für die Leistung der thermischen Zentralen, die hydroelektrischen Anlagen als Reserve dienen.

Eine große Zahl der Berichte zur Gruppe A befaßt sich mit der Auswertung der Wasserkräfte zur Elektrizitätserzeugung in den einzelnen Ländern. Aus Deutschland lag ein Bericht von Th. Freytag und H. Dreyer „Ausnutzung der Gewässer" vor. Dem spanischen Bericht von F. Casamajo ist zu entnehmen, daß man bei den großzügigen Regulierungsarbeiten am Ebro mit einer derartig starken Zunahme der Bevölkerung und des Verkehrs rechnet, daß sich eine Elektrisierung der Fernbahnen in diesem Gebiet erforderlich machen dürfte. Es kämen 2000 km normalspuriger Bahnen in Frage, die im Jahr 240 Mill kWh erfordern würden, wenn man mit der gegenwärtigen Fernleitungsspannung und einer Umformung auf Gleichstrom von 1500 V rechnet. Ein Bericht von W. T. Halcrow zu den Wasserkräften in Schottland empfiehlt ihren baldigen Ausbau, da jetzt bei den gestiegenen Kohlenpreisen die wirtschaftlichen Bedingungen für hydroelektrische Energie weit günstiger lägen als vor dem Kriege. Eine Kommission des Handelsministeriums habe die Wasserkräfte Schottlands im Jahre 1918 auf 194 965 kW eingeschätzt, was entschieden als Mindestzahl anzusehen sei. Die Ausbaukosten für ein installiertes Kilowatt werden zu 510 RM geschätzt. Ein Bericht von Kikutaro Otsubo „Die Wasserkräfte Nordjapans" weist darauf hin, daß sich die Ausnutzung der Wasserkraft im nördlichen Japan (Hokkaido) nur langsam entwickelt. Sie hat erst 100 000 kW erreicht, während sie für ganz Japan einschließlich der im Bau befindlichen Werke nahezu 3,5 Mill. kWh beträgt. Der schwedische Bericht von M. Serrander und R. Lindquist macht über die in den letzten Jahrzehnten im größeren Umfange angefangenen Seeregulierungen durch Hebung des Niederwassers der Gewässer, nachdem die unregulierten Wasserkräfte allmählich erschöpft sind, Mitteilung. Der Staat bereitet die Durchführung einer Regulierung des Väner- und des Vättersees vor, womit die Erzeugung elektrischer Arbeit wesentlich gesteigert werden kann. Auch durch private Unternehmungen sind eine große Zahl von Seeregulierungen zustande gekommen. Im Dalälven haben sich sämtliche Kraftwerksbesitzer hierzu zusammengeschlossen. Auch in dem Bericht von Dipl.-Ing. A. Harry „Die Ausnutzung der Wasserkräfte der Schweiz" zeigt sich, wie durch Regulierungen der Wasserführung erhebliche Vorteile in der Wasserkraftausnutzung gewonnen werden können. Die schweizerische Wasserwirtschaft ist in ihren natürlichen Verhältnissen durch starke Wasserführung im Hochsommer während der Schnee-, Gletscher- und Firnschmelze und durch geringe Wasserführung während der etwa 7 bis 8 Wintermonate gekennzeichnet. Es muß immer versucht werden, einen besseren Ausgleich der Wasserführung herbeizuführen, wozu die zahlreich vorhandenen größeren und kleineren Seen von wesentlicher Bedeutung sind, deren natürliche Retention durch zweckmäßige Regulierung verbessert werden kann. Ende 1928 waren in natürlichen Becken rd. 1,6 Mrd m^3 und in künstlichen Becken rd. 208 Mill m^3 Speicherraum vorhanden. Einzelne Werke (Wäggithal, Tremorgio) bedienen sich der Pumpenspeicherung, indem überschüssige Sommerenergie zur Speicherfüllung benutzt wird. Laufwerke werden mit Hochdruckakkumulierwerken zusammengeschlossen, was in Verbindung mit Energieexport, tarifpolitischen Maßnahmen usw. eine sehr gute Ausnutzung der Laufwerke ergibt, die z. B. in dem Jahr Oktober 1927 bis September 1928 beim Kraftwerk Eglisau 95,3 % und beim Kraftwerk Beznau sogar 98 % der technisch möglichen Arbeit betrug. Ende 1927 waren von der möglichen installierten Leistung aller Wasserkräfte mit etwa 8 Mill PS rd. 2,138 ausgebaut und 0,428 im Ausbau begriffen. Die Energieerzeugung betrug 1928 rd. 5,3 Mrd kWh, wovon 1,0334 Mrd exportiert wurden. Die installierte Leistung in Dampf- und Dieselanlagen macht nur etwa 5 % der gesamten installierten Leistung der Elektrizitätswerke aus. Der Verbrauch je Kopf der Bevölkerung stellte sich ohne Energieexport im Jahr 1928 auf rd. 1080 kWh. Die Benutzungsdauer für die gesamte Stromabgabe an Dritte erreichte 1927 für die wirklich erzeugte Höchstleistung 5400 h und für die verfügbare (ohne kalorische Anlagen) 3850 h. Man kann annehmen, daß die mittleren Gestehungskosten bei den schweizerischen Werken mit Energieabgabe an Dritte heute rd. 1,5 Rp/kWh betragen. Da nach Untersuchungen des Amtes für Wasserwirtschaft sich bei einer durchschnittlichen Benutzungsdauer von 500 h im Jahr die

Strombeschaffung in Dieselanlagen billiger stellt, sind in den letzten Jahren städtische Werke zur Deckung ihrer Belastungsspitzen immer mehr zu Dieselanlagen übergegangen.

Für Gruppe B hatte aus Deutschland O. Walch einen Bericht „Entwurf und Ausführung von Wasserkraftanlagen mit künstlichen Speicherbecken" eingesandt. Bezüglich der Einrichtungen eines Wasserkraftwerks wird darin besonders auf die mit Hochdruckpumpenanlagen ausgestatteten Wasserkreislauf-Stauweiher (Hochspeicher) eingegangen, die sich in den natürlichen Wasserlauf einbauen oder mit gewöhnlichen Stauweihern verbinden lassen, um zur Spitzendeckung zu dienen. In Deutschland sind solche Anlagen noch wenig entwickelt, während in Italien heute bereits 135 Stauseeanlagen bestehen. Im übrigen befaßt sich der Bericht mit dem Bau der Staumauern in Hinsicht auf Form, Material, Dränage usw. wie mit den Problemen der Druckstollen und den maschinellen Einrichtungen der Zentralen mit Hochdruckpumpwerken, wobei für letztere Höhen von 100 ... 300 m am geeignetsten erscheinen. Die Leistungen der Maschineneinheiten reichen von 20 000 ... 50 000 kW, die Nutzeffekte schwanken zwischen 55 ... 60 % und mehr. Neuerdings verwendet man derartige Anlagen mit Erfolg in den mit Dampf arbeitenden Überlandzentralen. Unter den spanischen Berichten verdient besonders die eingehende Arbeit zum Projekt und Bau der Talsperren von D. Diego Mayoral Beachtung. Über die Dnjeprkraftanlage bei Zaporoschje lag ein Bericht von A. W. Winter und P. P. Laupmann vor, nach deren Vorbild der Guadalquivir von Sevilla ab bis Cordoba unter gleichzeitiger Elektrizitätsgewinnung weiter schiffbar gemacht werden soll. Bei der russischen Anlage beträgt das Gefälle 38 m und die sekundlich abfließende Wassermenge 20 400 m³. Das Wehr ist 760 m lang mit einem Volumen von 0,7 Mill m³ Wasser, das Maschinenhaus für 10 Einheiten von je 80 000 PS angelegt. Die erzeugte elektrische Arbeit wird durch 110 und 220 kV-Hochspannungsleitungen zu den Eisenhütten, chemischen Werken und maschinellen Bewässerungsanlagen geleitet. Die Gesamtkosten des ersten Ausbaus (480 000 PS) beliefen sich auf 203 Mill Rbl.

Nach den Berichten kommt der Generalberichter zu dem Schluß, daß bei der Anlage großer Staumauern vollkommene Übereinstimmung darüber herrsche, daß eingehende Studien über die Beschaffenheit des Stauseegrundes, u. zw. vom geologischen, physikalischen und gegebenenfalls auch vom chemischen Standpunkt aus erforderlich seien. Hier müßten Theorie und Erfahrung zur einwandfreien Ausführung zusammenwirken. Der Anschluß einer Staumauer an das anliegende Terrain sei mit größter Sorgfalt auszuführen. Weitere Klärungen wären hinsichtlich der Sicherheit und Beanspruchung von Bauwerk und Material zu schaffen; hier werde sicher der Kongreß Zürich 1931 des neuen internationalen Verbandes für Materialprüfung fördernd wirken. Die gekrümmte Form der Staumauern im Grundriß erhalte den Vorzug. Strittig sei noch die wasserseitige Abdichtung der Mauern, die Frage des Wasserauftriebs und seiner Berücksichtigung. Die Wirksamkeit von Dränagen werde allgemein anerkannt. Der Anlage eines Druckstollens haben sorgfältige Versuche vorauszugehen. Die bisherigen Beobachtungs- und Prüfungsmethoden sind zu erweitern und auszudehnen. Erfahrungen mit Hebereinrichtungen wären allgemein bekanntzugeben. Jeder Stausee müsse gänzlich entleert werden können. Abschließend wird den Unternehmungen, Ingenieuren und Spezialisten eindringlich empfohlen, über beobachtete und bewußt bekannte Mängel in Bauwerken ihre reservierte Haltung und Verschwiegenheit aufzugeben, um so zweckmäßig der Allgemeinheit und dem Fortschritt zu dienen. Die Aussprache erstreckte sich vornehmlich auf die Wasserdichtigkeit der Staumauern und den Zweck der Dränagen, über den die Ansichten auseinandergingen. Auch hier wurde es für geeignet gehalten, daß sich eine Unterkommission mit der Zusammenstellung der wichtigsten Fragen befasse, die in den hydrotechnischen Instituten der verschiedenen Länder planmäßig geklärt und erforscht werden. Hruschka, Wien, machte noch Mitteilungen über Messungen, die zum ersten Male zur Ermittlung der Spannungen zwischen Rohr und umgebendem Material am Druckstollen des Achenseewerks von Dr. Mühlhofer ausgeführt worden sind und für die Höhe der Baukosten der Stollen Bedeutung haben.

Viel Interessantes brachte die Sitzung der Gruppe C zum Weltbedarf an Elektrizität. Es wurde in einem Beschluß festgestellt, daß selbst in Ländern, in denen die Verwendung elektrischer Arbeit sehr verbreitet ist, eine Sättigung des Bedarfs noch in weiter Ferne liege. Infolgedessen böten sich sehr große Aussichten für die Erzeugung. Die Landwirtschaft, welche gegenwärtig einen kleinen Teil der gesamten Elektrizitätsgewinnung verbrauche, biete größere Absatzmöglichkeiten. Aus Deutschland lag ein Bericht von Direktor A. Petri, Stettin, „Elektrizität in der Landwirtschaft" vor. Nach diesem wurden 1927 knapp 10 % = 1,2 Mrd kWh der in Deutschland von den öffentlichen Elektrizitätswerken erzeugten Energie durch die Landwirtschaft verbraucht. Aber 91 % der in Betrieb befindlichen Motoren sind elektrisch, deren Nennleistung in Höhe von 3,334 Mill PS über 83 % der gesamten in der Landwirtschaft verwendeten Maschinenleistung ausmacht. Gleichwohl ist mit einer wesentlichen Zunahme der Elektromotoren zu rechnen, da von den durch die Betriebszählung von 1925 erfaßten über 5 Mill ländlichen Betrieben mit einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von über 0,5 ha erst 12,6 % Elektromotoren verwenden und vielfach in den größeren Betrieben neben dem bisherigen Universalmotor kleinere Motoren für Arbeitsmaschinen beschafft werden. Auch die fortschreitende Elektrisierung der Dreschmaschine und der Milchzentrifuge in den kleineren Betrieben sowie die Mechanisierung der Transportarbeiten auf den Gütern fördern die Verbreitung des Elektromotors. Ferner steht im Vordergrund neuartiger Arbeitsmaschinen die elektrische Melkmaschine. Größte Bedeutung wird weiterhin die Verwendung der Elektrowärme für Wirtschafts- und Haushaltungszwecke gewinnen. Hier sind besonders der elektrische Viehfutter- und Kartoffeldämpfer und der Heißwasserspeicher anzuführen. Die elektrische Küche mit meist selbsttätig ausschaltenden Sparkochgeräten ist erst in der Einführung begriffen. Ein weiteres großes Anwendungsgebiet für den elektrischen Heizstrom wird die Elektrisierung der Molkereien bilden, nachdem es sich praktisch erwiesen hat, daß man den gesamten Wärmebedarf einer Molkerei elektrisch decken kann. Durch Ausnutzung aller dieser Möglichkeiten dürfte sich der jetzt erst 27 kWh/ha landwirtschaftlich genutzter Fläche betragende Jahresstromverbrauch auf 75 ... 100 kWh im Laufe der nächsten 10 Jahre erhöhen lassen.

Über die mit Erfolg durchgeführten Versuche mit künstlicher elektrischer Pflanzenbelichtung bei der Gemeindeverwaltung der Stadt Wien berichtete Ing. O. Herbatschek. Durch dies grundlegend neue Verfahren werden das Wachstum und die Blütenbildung der Pflanzen gefördert und ermöglicht, daß nördliche Länder während der Wintermonate nicht mehr auf die Einfuhr ausländischer Pflanzen angewiesen sind. Derselbe Verfasser hatte auch einen Bericht über die elektrische Beheizung von Gartenbeeten, besonders bei deren Verwendung als Treib- und Überwinterungsbeete, eingereicht. Die elektrische Trockenspeicherheizung ist nicht nur als Ersatz der bisher gebräuchlichen Dungerwärmung zu dienen berufen, sondern läßt darüber hinaus, bei Vermeidung bedeutender Mängel jener, Anwendungsmöglichkeiten zu, die eine intensivere und rationellere Gestaltung des Gartenbaubetriebes für die Zukunft erwarten lassen. Nach dem Bericht von Faaborg-Andersen zur „Entwicklung der Elektrisierung der dänischen Landwirtschaft" verbraucht diese jetzt 15 % der gesamten erzeugten elektrischen Arbeit. O. Ganguillet, Schweiz, weist in seinem Bericht „Die Elektrizität in der Landwirtschaft der Schweiz" auf die große Verbreitung dieser in der Schweiz hin, die mit der in Norwegen zu vergleichen ist. 99 % der schweizerischen Bevölkerung benutzen die Elektrizität zur häuslichen Beleuchtung. Der Verbrauch an elektrischer Arbeit für die Landwirtschaft beträgt gegenwärtig 640 Mill kWh im Jahr, und es ist dabei i. a. zu beobachten, daß sie in industriellen Zentren weit mehr Verwendung findet als in rein landwirtschaftlichen. Interessant war der Bericht von T. M. Kissel über „die Entwicklung der Elektrizität in Neuseeland". Dort habe sich in den letzten sieben Jahren der Verbrauch an Elektrizität nahezu verdoppelt, so daß das Land heute den sechsten Platz unter den Elektrizität konsumierenden Ländern einnähme. Auf den Kopf der Bevölkerung entfielen heute 310 kWh jährlich. Vielfach, wie in Waikoto, seien reichlich Wasserkräfte zur Erzeugung von Elektrizität vorhanden. In den spanischen Berichten beschäftigte man sich vornehmlich mit der Anlage von Speichern im Flußlauf oder seitlich von Kanälen, wobei, wie im Flußgebiet des Ebro, an den Bau sog. Überspeicher gedacht ist, die mehrere Hundert Mill. m³ Wasser halten und gestatten, über große Zeitperioden Wasser aufzuspeichern, das entsprechend den Bedürfnissen der Landwirtschaft zur Bewässerung dient, aber auch gleichzeitig zur Stromerzeugung benutzt wird. In dieser wassertechnischen Zusammenarbeit und in der Abgabe elektrischer Arbeit an Industrie und Landwirtschaft sieht man die unumgängliche Grundlage zur vollständigen Ausnutzung des Wassers eines Beckens. In

der Aussprache wurde u. a. auch die Frage des Preises elektrischer Energie für die Landwirtschaft gestreift und allgemein anerkannt, daß man letzterer hierin entgegenkommen müsse. Günstig wäre es immer, wenn bereits ein großes industrielles Leitungsnetz vorhanden sei, aus dem auch die Landwirtschaft versorgt werde. In dieser Beziehung wurde auf die Verhältnisse in der Schweiz und in Bayern hingewiesen.

Der Gruppe D lagen sechs Berichte vor, von denen nur der des Dr. Cerny, Tschechoslowakei, „Entwurf einer internationalen Norm für die Anträge auf Konzession oder Bewilligung im Wasserrecht" und der von C. Masso, Spanien, „Erwägungen zum Austausch elektrischer Energie zwischen angrenzenden Ländern" zur Sprache kamen. Der erstere bildete einen Vorbericht zu einer Studie, mit deren Ausarbeitung Dr. Cerny vom Vorsitzenden des Exekutivkomitees der Weltkraftkonferenz Dunlop auf Grund eines Baseler Beschlusses beauftragt ist. Der Verfasser hat die in 13 Ländern geltenden wasserrechtlichen Gesetze und Vorschriften zusammengestellt und gefunden, daß sie alle auf den gleichen Grundlagen beruhen, so daß sich eine Norm für wasserrechtliche Gesuche schaffen lasse. Der Bericht wurde an das Exekutivkomitee abgegeben, um darüber in Berlin weiter zu verhandeln. Der Bericht Massos endigte mit dem Vorschlag einer Resolution, daß die elektrische Energie frei ausgeführt werden könne, die Einfuhr aber nur mit einer Abgabe in bestimmter Höhe belastet werden dürfe. Zu einer Annahme dieser Entschließung kam es nicht, weil sie im Gegensatz zu der s. Z. in Basel gefaßten stand.

In der Gruppe E interessierte man sich besonders für die Versuche in Wasserbaulaboratorien und setzte fest, daß der Versuch an Modellen in das Studium hydraulischer Fragen aufzunehmen sei. Deutscherseits lag ein Bericht von Dr.-Ing. R. Winkel „Der Wert der Wasserbauversuche" vor. Aus der Aussprache ist besonders die Mitteilung von Direktor Krieger zu erwähnen, daß in Verbindung mit dem Walchenseewerk eine große Versuchsanstalt gebaut werde, die es gestatte, bei Versuchen mit 25 m^3/s Wasserabfluß zu arbeiten[1].

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 1385; 1928, S. 1724.

Aus dem englischen Turbogeneratorenbau.

Von Dr. **Robert Pohl**, Berlin.

Übersicht. Es wird über den Hauptinhalt zweier kürzlich in London gehaltener Vorträge berichtet und zu den wichtigeren Neuerungen, welche die Lüftung, die Zusatzverluste, die mechanische Durchbildung des Rotors und die Erhöhung der Betriebspannung bis auf 33 000 V betreffen, Stellung genommen.

Von dem Institution of Electrical Engineers in England wurde vor kurzem der Versuch unternommen, durch Zusammenfassung mehrerer in das gleiche Gebiet fallender Vorträge an einem Abend einen Überblick über den Stand der Technik des betreffenden Arbeitsgebietes zu geben, der dann durch die mündlichen Beiträge der Fachgenossen noch erweitert werden sollte. Sicherlich hat diese Neuerung Vorteile, aber die gewünschte Aussprache wird aus Zeitmangel in den Hintergrund treten, und gerade die fruchtbare Erörterung, gestützt auf den Interessenten vorher zugestellte Manuskriptdrucke der Vorträge, pflegte den Sitzungen des Institution of Electrical Engineers ihr Gepräge und ihren besonderen Wert zu verleihen. So ist es besonders zu beklagen, daß die beiden Vorträge über Neuerungen im Bau von Turbogeneratoren, welche im März d. J. in London gehalten wurden, so wenig ausgiebig erörtert worden sind. Dies um so mehr, als beide Vorträge neben vielem Interessanten auch manche anfechtbaren Anschauungen vertraten. Da ein Hauptzweck von Veranstaltungen dieser Art die Förderung des Fachgebietes durch die ergänzenden und kritischen Beiträge anderer Fachgenossen ist, so wird es dem Verfasser gewiß nicht verübelt werden, wenn er nachfolgend nicht nur berichtend sondern auch kritisch zu diesen Vorträgen Stellung nimmt.

Während sich C. A. Parsons, der Vater des Turbinenbaues, und sein Mitarbeiter Rosen ausschließlich mit der Frage der Steigerung der Generatorspannungen, vorläufig auf 33 000 V, zwecks Vermeidung der Transformatoren beschäftigten, worauf später zurückgekommen werden soll, beschreibt J. A. Kuyser eine Reihe von Neuerungen und Erfahrungen aus der Praxis der Metropolitan Vickers Co. Das erste Kapitel ist das der Belüftung der Maschinen. Hier wird zunächst auf die bekannte Tatsache hingewiesen, daß die reine Axiallüftung der Statoren mittels kreisrunder Löcher im Blechrücken und Luftkanäle am Nutengrund nur für eine begrenzte Maschinengröße anwendbar ist, ferner aber wird gesagt, daß sie auch eine ganz beträchtliche Steigerung der Eisenverluste mit sich bringt. Es wird mitgeteilt, daß 6250 kVA-Maschinen ähnlichen Entwurfes in ihren Eisenverlusten von 70 auf 130 kW in die Höhe gingen, wenn statt der radialen Lüftung zur Axiallüftung übergegangen wurde.

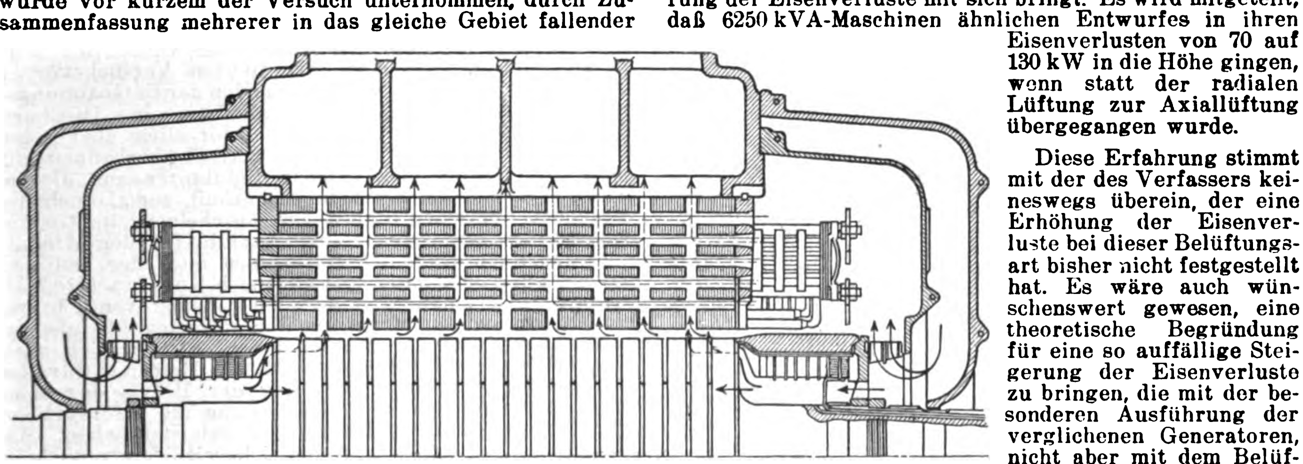


Abb. 1. Vereinigte radiale und axiale Belüftung.

Diese Erfahrung stimmt mit der des Verfassers keineswegs überein, der eine Erhöhung der Eisenverluste bei dieser Belüftungsart bisher nicht festgestellt hat. Es wäre auch wünschenswert gewesen, eine theoretische Begründung für eine so auffällige Steigerung der Eisenverluste zu bringen, die mit der besonderen Ausführung der verglichenen Generatoren, nicht aber mit dem Belüftungssystem als solchem zusammenhängen muß.

Für größere Maschinen wird die aus früheren Veröffentlichungen bekannte Vereinigung von axialen mit radialen Kühlwegen, wie sie durch Abb. 1 dargestellt ist, verwendet. Dabei kommt aber meist außer den am Rotor angebrachten Ventilatoren noch ein getrennt angetriebener Ventilator zur Anwendung, insbesondere bei sehr langen Maschinen, bei denen die Zusatzbelüftung nur den

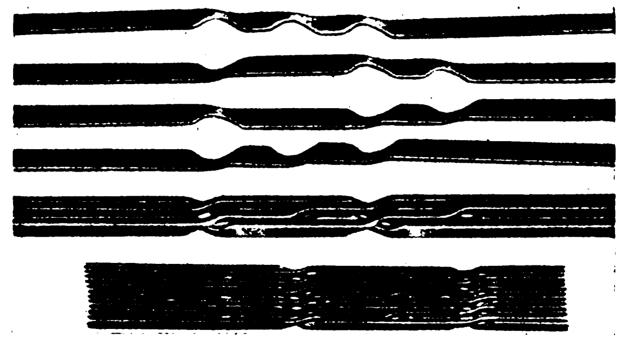


Abb. 2. Kuyser-Leiter.

mittleren Teil der gesamten Länge mit Luft versorgt, während die Seiten von den Stirnbelüftern her gekühlt werden. Die Feststellung ist interessant, daß die englischen Generatoren großer Leistung fast stets mit getrennt angetriebenen Ventilatoren ausgerüstet werden, während auf dem Kontinent im Interesse der Betriebsicherheit meist auf die ausschließliche Verwendung der Eigenlüftung bestanden wird. Daß die Rotorventilatoren wegen ihrer hohen Drehzahl und des beengten Eintrittsquerschnittes einen sehr schlechten Wirkungsgrad haben, verglichen mit den langsamer laufenden Ventilatoren für getrennten Antrieb, ist häufig hervorgehoben worden. Kuyser führt hierzu nun aus, daß die beste Lösung vom Standpunkte des Wirkungsgrades eine Vereinigung von getrennt angetriebenen und Rotor-Ventilatoren sei, wobei die letzteren nur für eine kleine Luftmenge entworfen werden, während der Außenventilator die für Vollast erforderliche Zusatzluft liefert. Ist der Generator nur teilweise belastet, so bleibt der Zusatzventilator außer Betrieb und seine Verluste werden gespart. Interessant ist übrigens, daß Kuyser den Wirkungsgrad der direkt gekuppelten Ventilatoren wesentlich höher bewertet, als bisher allgemein angenommen wurde. Er stützt diese Ansicht auf die Überlegung, daß ein nicht mit Ventilatoren versehener Rotor an seinen Stirnflächen auf jeden Fall erhebliche Luftreibungsverluste erzeugen wird, die von den Verlusten der direkt gekuppelten Belüfter abgesetzt werden müssen. So bestimmt er den Wirkungsgrad eines Ventilators mit 3000 U/min, für 180 mm WS und rd. 55 m³/min zu 56 %.

Im Anschluß an eine Beschreibung älterer und neuerer Konstruktionen verdrillter Leiter zur Verminderung der Wirbelstromverluste im Statorkupfer, die den Lesern der ETZ bekannt sind, beschreibt Kuyser einen von ihm selbst entwickelten Kunststab (Abb. 2), bei dem durch Ausklinkungen jeweils zwei Leiter ihre Lage vertauschen, derart, daß sie entweder nach Abb. 3 alle Höhenlagen der Nut durchlaufen oder nach Abb. 4 nur in der Mitte des Leiters symmetrisch zur Stabachse versetzt sind. Es sollte hierbei nicht unerwähnt bleiben, daß die letztere Anordnung keine vollständige Verschränkung darstellt sondern in ihrer Wirkung bezüglich der Wirbelstromverluste einem am Nutengrunde liegenden Massivleiter von der halben Höhe des Kunststabes gleichkommt.

Im weiteren Teil seines Vortrages behandelt Kuyser den Verlauf des Streuflusses im Wickelkopf von Turbogeneratoren auf Grund eigener experimenteller Untersuchungen, kommt dabei aber zu dem gleichen Ergebnis, das in deutschen Arbeiten bereits vor längerer Zeit festgelegt worden ist[1]. Es wäre wohl angebracht gewesen, auf diese älteren Arbeiten hinzuweisen. Bemerkenswert sind noch die Messungen der Temperatur des gleichen Generators bei der gleichen Strombelastung des Stators, wenn der Induktor einmal unerregt ist, das zweite Mal übererregt und schließlich im Kurzschluß läuft. Vergleicht man die Erwärmungen für die gleiche Statorstromstärke von 800 A, so ersieht man, daß beispielsweise das Endpaket im ersteren Falle 70, im zweiten 23, im dritten 46 ° warm wurde. Daß die Erwärmung der Stirnflächen und die Stirnraumverluste bei Messung im Kurzschluß höher ausfallen als bei Messung mit normaler Belastung, ist bekannt. Verfasser hat in der angezogenen Veröffentlichung bereits die Erklärung hierfür gegeben, daß nämlich bei Messung mit vollem Felde die Eisenwege des Streufeldes, insbesondere die Rotorkappe, durch das Vorhandensein des Nutzflusses und des Rotorstreuflusses bereits zum Teil gesättigt sind, so daß der magnetische Widerstand für den Stirnstreufluß bei stark erregter Maschine bedeutend größer ausfällt als im Kurzschluß oder gar bei unerregtem Rotor, das Stirnstreufeld also entsprechend schwächer.

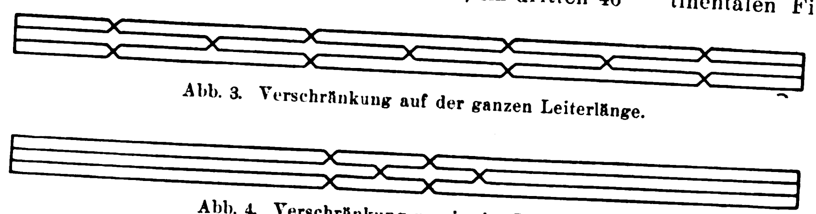


Abb. 3. Verschränkung auf der ganzen Leiterlänge.

Abb. 4. Verschränkung nur in der Leitermitte.

Unter den gezeigten Statorwicklungen fällt auch eine Ausführungsform der in Amerika beliebten Zweischicht-Kegelwicklung auf, deren Vor- und Nachteile im Vergleich mit der in Deutschland meist angewandten Stabbügelwicklung vom Verfasser erörtert wurden[2]. Kuyser betont, daß man auch diese Wicklung, wenn es sich um große Einheiten handelt, außerordentlich sorgfältig verankern muß, um Kurzschlußfestigkeit zu erreichen. Abb. 5 zeigt diese Maschine und läßt nicht nur die schwere Befestigung des Kegels sondern auch die Abstützung der aus den Nuten herauskommenden geraden Enden der Stäbe erkennen. Ein wichtiger Vorteil dieser Wicklung, daß sie nämlich bei den kleineren Ausführungen eine beträchtliche Verkürzung dieser geraden Stabenden ermöglicht und damit eine Erniedrigung der Streufeldverluste, kommt infolge dieser notwendigen Abstützung zum Teil in Fortfall, während die schlechtere Zugänglichkeit gegenüber der Stabbügelwicklung nicht zu verkennen ist.

Bei der Besprechung der Rotorfragen scheint Kuyser für die englischen Ausführungen eine größere Sicherheit in Anspruch nehmen zu wollen, als er sie den „kontinentalen", d. h. an erster Stelle den deutschen Turbogeneratoren zuschreibt. Diese Anschauungen beruhen jedoch auf einer mangelnden Kenntnis der neuzeitlichen deutschen Konstruktionen und Werkstoffe. So betont er bei der Behandlung des für die Rotorkörper verwendeten Stahlmaterials die Verwendung lediglich geglühten Nickelstahles in England gegenüber dem in Deutschland üblichen Chromnickelstahl. Der erstere hat zwar nur eine Streckgrenze von rd. 37 kg/mm² bei einer Dehnung von 24 % und einer Einschnürung von 30 %, während der Chromnickelstahl eine Streckgrenze von rd. 50 kg/mm², eine Dehnung von 20 % und eine Einschnürung von 40 % hat, dafür sei aber der Chromnickelstahl mit von der Vergütung herrührenden inneren Spannungen unbekannter Größe behaftet, die zu den schwersten Enttäuschungen führen können. Er berichtet von starken Verbiegungen der Zähne eines Versuchsinduktors nach dem Einfräsen der Nuten und weist auf das Zerplatzen von Induktorkörpern hin, das auf dem Kontinent eingetreten ist. An dieser Darstellung ist insofern etwas Richtiges, als in den ersten Jahren der Verwendung großer Chromnickelstahlwellen eine ungeeignete Legierung und eine zu hohe Vergütung in Anwendung kamen. Diese Periode gehört aber dank den Fortschritten der Stahlwerke der Vergangenheit an. Bei dem dargestellten Versuchskörper scheint aber auch mit dem Einschneiden der Entspannungsnuten unrichtig vorgegangen worden zu sein. Die hohe Festigkeit des Chromnickelstahles, vor allem aber seine hohe Kerbzähigkeit, von welcher Kuyser überhaupt nicht spricht, verleihen neuzeitlichen Induktoren aus diesem Material eine besonders hohe Sicherheit, zumal auch die führenden deutschen Stahlwerke, anscheinend im Gegensatz zu den englischen, eine Garantie für den Ausfall nicht nur der tangentialen sondern auch der radialen Proben übernehmen. Ebenso, wie sich Kuyser schließlich von der Zweckmäßigkeit der Verwendung von Chromnickelstahl und unmagnetischen Stahlsorten für die Induktorkappen hat überzeugen lassen, wird er sich nach einiger Zeit auch bei der Wahl des Materials für die Induktorkörper größter Leistung der Praxis der kontinentalen Firmen anschließen, welche die erforderliche Entwicklungsarbeit geleistet haben. Bis dahin muß er sich mit sehr niedrigen Sicherheitsfaktoren begnügen, so mit einem Faktor 2, bezogen auf die Streckgrenze, für die Beanspruchung an der Bohrung und von 2¼ für die höchste Zugbeanspruchung im Zahn. Wenn man bedenkt, daß sich diese Werte auf die normale Drehzahl beziehen, daß eine Schleuderung mit mindestens dem 1,25fachen der letzteren, also mit der 1,56fachen Beanspruchung vorgenommen wird, so verbleibt eine so geringe Sicherheit gegen Unregelmäßigkeiten des Materials und ungleiche Lastverteilung, daß man sich damit auf die Dauer nicht begnügen kann.

Bezüglich der mechanischen Sicherheit der Turboinduktoren sollte man den Standpunkt einnehmen, daß sie unter allen Umständen höher liegen muß als die des Turbinenrotors, damit bei einem Durchgehen der letzteren zuerst ein Schaufelbruch eintritt, wobei die Turbine zum Stillstand kommt, nicht aber zunächst der Induktor Schaden nimmt. Denn dabei werden nicht nur ungleich größere Zerstörungen angerichtet sondern auch die weitergehende Drehzahlsteigerung und schließliche Havarie der Turbine nicht aufgehalten. Wie wichtig diese Verteilung der Sicherheitsfaktoren ist, wurde vor längerer Zeit durch ein markantes Vorkommnis in einem Großkraftwerk erwiesen. Auch bei einem Vergleich der Sicherheitsfaktoren für die

[1] S. Pohl. Das Stirnstreufeld der Turbogeneratoren und die Stirnraumverluste. AEG-Mitt. 1926, S. 605; Köhler, Siemens-Z. 1926, S. 326.

[2] Z. V. d. I. Bd. 72, S. 1007.

Induktorkappen bzw. Bandagen kommt man zu dem gleichen Ergebnis, daß die für die beschriebenen Generatoren als hinreichend angesehenen Sicherheitsfaktoren nicht etwa höher sondern niedriger liegen als die hier üblichen. Bei den unmagnetischen Kappen begnügt er sich mit einem Sicherheitsfaktor, bezogen auf die Streckgrenze von 2,8, der an sich nur dann ausreichen würde, wenn dabei nicht nur die Zug- sondern auch die Biegungsbeanspruchung in der Kappe berücksichtigt wäre. Kuyser macht selbst darauf aufmerksam, daß ein Vergleich von Sicherheitsfaktoren nur auf der Basis gleicher Berechnungsmethoden für die Beanspruchung Sinn hat, gibt aber dann die von ihm benutzte

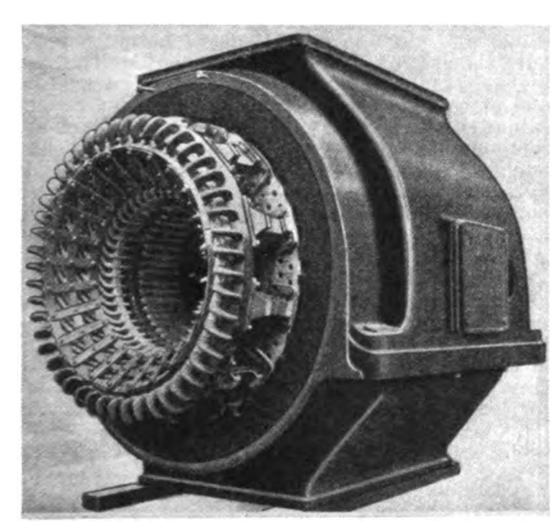


Abb. 5. Zweischicht-Kegelwicklung.

Berechnungsart für die Kappenbeanspruchung nicht bekannt. Aus dem Zusammenhang geht aber hervor, daß die von der ungleichmäßigen Verteilung des Kupfers unter der Kappe herrührende Biegungsbeanspruchung, welche die Kappe oval zu ziehen sucht, nicht berücksichtigt ist. Wendet man die von Prof. Schwerin entwickelte Berechnungsart[3] auf die üblichen Wickelkopfanordnungen an, so erkennt man, daß die Biegung eine Erhöhung der Beanspruchung gegenüber der reinen Zugbeanspruchung um 40 ... 80 %, unter Umständen noch wesentlich mehr, ausmacht. Der Sicherheitsfaktor von 2,8 bei normaler Drehzahl ist in Wirklichkeit also ein solcher von etwa 1,5 ... 2. Man erkennt, daß die Kappe bei der Schleuderprobe unter Umständen an ihrem höchstbeanspruchten Teil, nämlich dem inneren Rande, die Streckgrenze erreicht oder überschreitet, wenn auch nur örtlich.

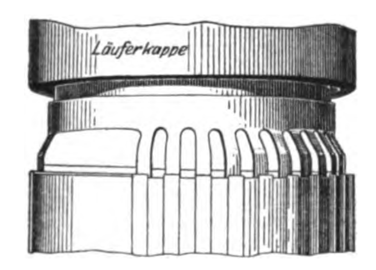


Abb. 6. Rotor-Dämpferkäfig.

Eine interessante konstruktive Neuerung in der Ausführung der Induktorkappen geht auf mehrfach beobachtete Defekte an deren innerem Rande zurück. Das beobachtete Ausbrechen von Stücken aus der Kappe an diesen Stellen wurde zuerst auf die Wirkung von Dämpferströmen zurückgeführt, welche den Kappenrand stark erhitzten und so eine Materialverschlechterung bewirkten. Es wurde daher ein verbesserter Dämpferkäfig geschaffen, wie ihn Abb. 6 zeigt. Ein massiver kupferner Ring mit in die Nuten eingreifenden Fingern wird beiderseits unter die Kappe gelegt. Die Finger schließen sich mit in den Nuten liegenden Kupferstreifen zu einem vollständigen Dämpferkäfig. Die elektrische Verbindung zwischen Streifen und Finger geschieht nicht durch Lötung, sondern lediglich durch den Fliehkraftdruck des Nutenkupfers, wobei die Nutenverschlußkeile aus Bronze für die Stromleitung mit herangezogen werden. Diese elektrische Verbesserung bewirkte jedoch keine Beseitigung des ursprünglichen Übels. Erst eine genauere mechanische Kontrolle führte auf die wahre Schadensursache. Sie bestand in einem Hämmern des inneren Kappenrandes auf ihren Sitz, hervorgerufen durch die wechselnde Durchbiegung der Welle bei jeder Umdrehung und den Umstand, daß sich die Kappe mit ihrem — lagerseitigen — Außenrande auf den Endring stützte, der Innenrand sich also relativ zum Induktorkörper zu bewegen suchte. Zur Beseitigung dieser Relativbewegung wurde die Konstruktion nach Abb. 7 abgeändert. Hier sitzt der Endring nicht mehr unmittelbar auf der Welle sondern auf einer vom Rotorkörper ausgehenden Buchse. Zwischen Endring und Welle bleibt Spiel. Die praktischen Erfahrungen haben die Richtigkeit dieser Überlegung erwiesen. Allerdings kann man Schäden der beobachteten Art auch durch einen guten Schrumpfsitz des Innenrandes auf dem Rotorkörper vermeiden, unter derartiger Bemessung der Kappe, daß ein Verziehen an diesem Rande durch Überbeanspruchung ausgeschlossen ist.

[3] Vortrag im V. d. I., erscheint als Sonderheft.

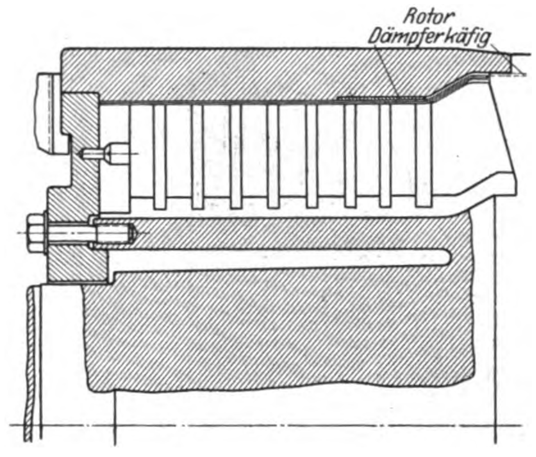


Abb. 7. Elastisch gestützte Rotorkappe.

Die von Parsons und Rosen wieder aufgegriffene Frage des Baues großer Generatoren unmittelbar für die Übertragungsspannung von 33, 66 und 110 kV ist sicherlich jetzt aktueller als sie es vor 25 Jahren zur Zeit des Baues von 30 kV-Maschinen durch Ganz & Co. war. Denn mit der außerordentlichen Steigerung in der Größe der Generatoreinheiten wird die Beherrschung der Ströme bei den jetzt üblichen Generatorspannungen von 6000 ... 12 000 ... 18 000 V zu einer neuen, wenn auch auf verschiedene Weise überwindbaren Schwierigkeit. Hierzu kommen die inzwischen gemachten Fortschritte der Isoliertechnik. Daß man durch Beseitigung der Transformatoren die Anlagekosten verringern könnte, erscheint zunächst einleuchtend. Aber die Verteuerung der Generatoren verschlingt die Ersparnis an Transformatoren zum größten Teil wieder. Am wichtigsten erscheint Parsons daher in diesem Zusammenhange die durch Kapitalisierung der ersparten Transformatorverluste erreichbare Kapitalersparnis, d. h. nicht die Verminderung der Anlage- sondern der Betriebskosten. Hierbei scheint er jedoch außer acht zu lassen, daß ein Generator für 33 kV sowohl größere Eisenverluste als auch erhöhte Kupfer- und Zusatzverluste besitzt, verglichen etwa mit einer 12 kV-Maschine, zumal die Reaktanz der Transformatoren gewollt oder ungewollt in die viel weiter ausladenden Wickelköpfe der Höchstspannungsmaschine gelegt werden muß. Somit werden auch die Transformatorverluste nur teilweise gespart.

Die rechnerisch erzielbare Verminderung der Anlagekosten ist auch nach Parsons' Berechnung gegenüber den Gesamtkosten des Kraftwerkes außerordentlich klein, von der Größenordnung ¾ %. Angesichts dieses Umstandes ist die Frage der Betriebsicherheit des Höchstspannungsgenerators von ausschlaggebender Bedeutung. Man muß es als unökonomisch ablehnen, die ganze Stromerzeugungskette vom Kohlenbunker bis zum abgehenden Kabel zu schwächen, um an dem Gliede Generator/Transformator eine geringfügige Kostenersparnis zu bewirken. Denn wenn die bisherige Sicherheit des Betriebes über Transformatoren nicht in vollem Maße erhalten bleibt, so bedeutet dies grundsätzlich auch die Notwendigkeit größerer Reserven und damit sofort eine bedeutende Erhöhung statt einer Verminderung der Anlagekosten. Von diesem Gesichtspunkte aus ist also die von Parsons entwickelte neue Konstruktion eines für die Brimsdown-Zentrale in London gebauten 33 kV-Generators zu beurteilen. Er hat eine Leistung von 25 000 kVA bei $\cos \varphi = 0{,}8$ und 3000 U/min, die natürlich noch ohne Schwierigkeit bei 6000 oder 12000 V erzeugt werden kann. Die Konstruktion bringt insofern eine interessante Neuerung, als die Form der Nuten kreisrund und die Anordnung der Leiter in denselben eine konzentrische ist. Abb. 8 zeigt im rechtsseitigen Schnitt die

Nutenanordnung und Form, in der linksseitigen Ansicht des Kopfes die Verlegung der Bügel. Jeder kreisrunde Teil der Nuten enthält drei nach Art der Dreileiterkabel konzentrisch angeordnete Leiter, welche vor Einführung in die Nut zu einem kabelartigen Gebilde, jedoch mit Glimmerisolation, aufgebaut sind. Wir unterscheiden das Zentrum, den inneren und den äußeren Ring. Zwecks möglichster Ersparnis an Isolationsdicke bilden die Leiter des äußeren Ringes das dem Nullpunkt zunächst liegende Drittel jeder Phase; es folgen dann sämtliche Leiter des inneren Ringes und schließlich die Zentrumleiter, welche also die Phasenenden bilden und dem Eisen gegenüber das höchste Betriebspotential besitzen. Die Zentrumleiter haben demnach die dreifache Isolationsdicke gegen Eisen wie die Außenringe. Während nach den internationalen und neuen deutschen Normen die Prüfspannung für die ganze

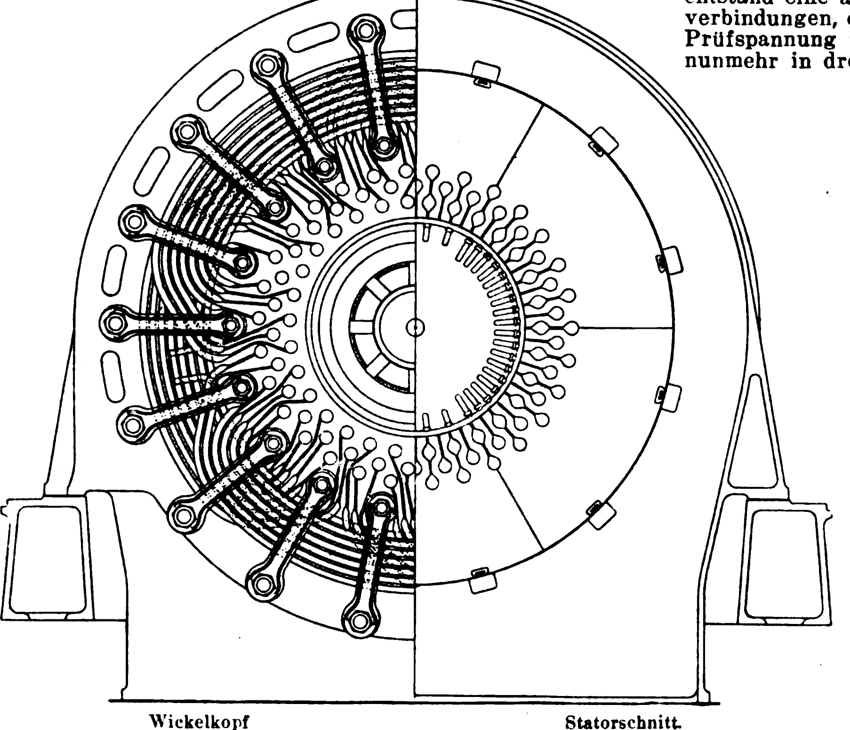


Abb. 8. Höchstspannungsgenerator. 31 250 kVA, 33 000 V.

Wicklung gegen Eisen gleich $2E + 3000$, also hier 69 kV sein sollte, wurde sie für die vorliegende Maschine wie folgt abgestuft:

Zentrum . .	67 kV
innerer Ring . .	45 „
äußerer Ring . .	23 „

Es fragt sich, ob dies angesichts der gewählten Anordnung zulässig ist. Da der Generator ohne Transformator auf das Netz arbeiten soll, so muß unbedingt mit der Möglichkeit eines Netzerdschlusses, also eines Klemmenerdschlusses des Generators, gerechnet werden. Da ferner eine dauernde direkte Erdung des Nullpunktes ausscheidet, so wird der Wicklungsnullpunkt bei jedem Netzerdschluß die Phasenspannung annehmen und die ersten Leiter des äußeren Ringes, welche $^1/_3$ der Phasenwicklungslänge vom Nullpunkt entfernt sind, sogar das 1,2fache der Phasenspannung, d. h. $\frac{33}{1,73} \cdot 1,2 =$ rd. 23 kV. Die Prüfspannung für den äußeren Ring enthält also schon keinerlei Sicherheit gegen betriebsmäßig vorkommende Spannungen mehr. Irrig wäre aber auch die Annahme, daß Überspannungen in den dem Nullpunkt benachbarten Wicklungsteilen nicht auftreten können. Gerade am Nullpunkt tritt die volle Reflexion einziehender Überspannungswellen ein. Man kann sich also mit der Abstufung der Isolationsdicke und der Prüfspannungen keineswegs einverstanden erklären. Noch viel schlimmer wäre die Gefahr einer solchen Spannungsüberhöhung in der Nähe des Nullpunktes, wenn man, wie Parsons es vorschlägt, für 66- und 100 kV-Netze 33 kV-Generatoren mit Autotransformatoren verwenden wollte.

Ferner ist zu berücksichtigen, daß die Wärmeabfuhr von den Zentralleitern durch die dreifache Isolation hindurch beträchtlich schlechter ist als vom äußeren Ring. Es wäre demnach bei der Temperaturmessung die Zunahme der einzelnen Wicklungszweige getrennt festzustellen, um eine Gewähr für die Einhaltung zulässiger Temperaturen auch im Zentrum zu besitzen. Zahlenangaben hierüber sind aber nicht gemacht. Auch bezüglich der Ausführung der Wickelköpfe, welche für die Sicherheit solcher Höchstspannungs-Turbogeneratoren vielleicht von ausschlaggebender Bedeutung sind, lassen sich ernste Bedenken nicht unterdrücken. Abb. 9 zeigt die grundsätzliche Anordnung der Köpfe. Man erkennt, daß die konzentrische Anordnung der Leiter nicht mit gleichbleibender Isolierung im Kopf fortgesetzt, sondern die bei Mittelspannungsmaschinen übliche Bügelanordnung beibehalten worden ist, sicherlich, weil sich die konzentrische Leitergruppe nicht mit hinreichend kleinem Radius biegen ließ und daher nicht durch den Kopf hindurch fortgesetzt werden konnte. So entstand eine außerordentlich große Zahl von Stabbügelverbindungen, die gelötet und genietet und sodann für die Prüfspannung isoliert werden müssen. Die Bügel liegen nunmehr in dreimal drei Ebenen und werden in der üblichen Weise gegen die Kurzschlußkräfte verspannt. Selbst bei sorgfältigster Ausführung ist die elektrische Festigkeit einer solchen Anordnung der einer in Öl liegenden Transformatorwicklung weit unterlegen.

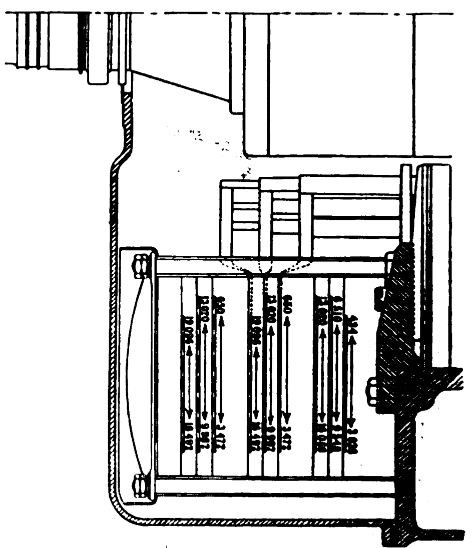


Abb. 9. Wickelkopf des 33 kV-Generators.

Sicherlich führt die Entwicklung mit der wachsenden Maschinengröße auch zu höheren Generatorspannungen, so daß im Laufe der Jahre auch mit Betriebspannungen von 33 000 V zu rechnen sein wird. Der Verfasser ist aber der Meinung, daß die Beseitigung der Transformatoren für die Übertragungsleitungen erst dann ernsthaft in Frage kommt, wenn durch Ausbildung der Statorwicklung entweder mittels im wesentlichen ununterbrochener Isolation oder mit Ölfüllung die gleiche Betriebsicherheit für die ruhenden Wicklungen der Maschinen gewährleistet ist, wie sie modernen Transformatoren eigen ist, u. zw. unter Berücksichtigung der atmosphärischen und sonstigen Überspannungen, welche jetzt beim Betrieb über Transformatoren vom Generator fast vollständig ferngehalten werden. Die Prüfspannung für die gesamte Wicklung solcher unmittelbar auf das Netz arbeitender Maschinen müßte dann sinngemäß auf die gleichen Zahlen erhöht werden, welche für Transformatoren gültig sind. Für Maschinen ohne Ölfüllung käme nach den R.E.T. 1930 für die vorliegende Spannung von 33 kV $2E + 16$, d. h. 82 kV, in Frage. Dieser Spannung gegen Erde und gegen die benachbarten Wicklungsteile wäre jede Phase einzeln, u. zw. über ihre ganze Länge, 1 min lang zu unterwerfen, ferner müßte die Wicklung die übliche Sprungwellenprobe bestehen. Von einer wirklichen Ersparnis der bisherigen Praxis gegenüber kann erst dann die Rede sein, wenn ein für diese Bedingungen und die üblichen Temperaturen gebauter Höchstspannungsgenerator bezüglich Herstellungskosten und Wirkungsgrad günstiger ausfällt als die jetzt übliche Generator-Transformator-Einheit.

RUNDSCHAU.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Ein neuer Sechsfarbenschreiber. — Bei fast allen in Europa gebräuchlichen Mehrfarbenschreibern erfolgt die Markierung der Kurven in periodischer Weise dadurch, daß auf mechanischem Wege Zeiger und Papierfläche zur Berührung gebracht werden, wodurch unter Benutzung geeigneter Färbevorrichtungen auf letzterer ein der betreffenden Meßstelle entsprechender Punkt entsteht. Je nach der Konstruktion wird hierbei der Abstand dieses Markierungspunktes von der Nullinie entweder auf der Bogenlänge oder auf der Sehne des von der Zeigerspitze beschriebenen Kreises gemessen. Wollte man solche Punktschreiber mit breiterem Registrierstreifen bauen, als sie heute noch üblich sind, so wäre dieses nur durch eine entsprechende Vergrößerung der Zeigerlänge zu erreichen. Dieses würde aber zu unschönen, weit von der Wand abstehenden Apparaturen führen und außerdem die Schwingungsdauer des Drehspulsystems unliebsam vergrößern. Die Verwendung breiterer Registrierstreifen ist aber eine Forderung, die immer dringlicher wird, weil hierdurch nicht nur die Unterscheidung der einzelnen Kurvenzüge und die Sicherheit der Ablesung erhöht wird sondern auch eine leichtere und bequemere Auswertung des Diagramms im Betriebsbüro möglich ist.

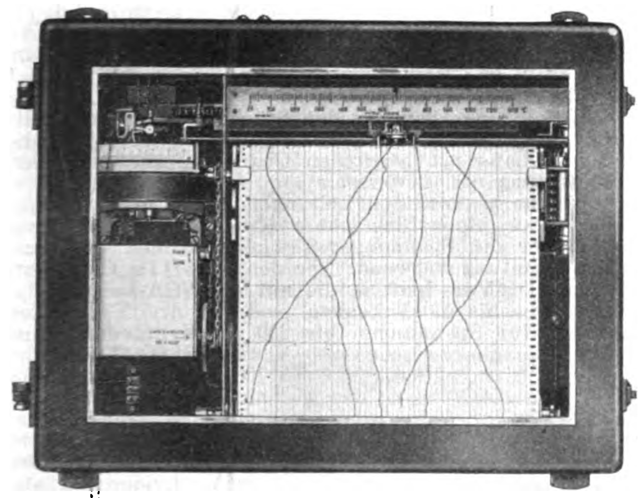


Abb. 1. Sechsfarbenschreiber.

vanometers periodisch festhält und freigibt. Sobald der Zeiger durch den Fallbügel in seiner Ausschlagslage festgehalten wird, schaltet das Uhrwerk den Motor *M* ein, welcher über eine Vorlage ein Stiftrad R_3 bewegt. Dieses setzt mittels einer Kette *K* den Schlitten *S* und das weitere Stiftrad R_4 in Bewegung. Letzteres greift mittels eines Ritzels in das Zahnsegment *Z* ein, dessen Drehpunkt genau über der Zeigerachse liegt. Ein an dem Segment sitzender Arm, welcher bis zur Galvanometerskala reicht, trägt ein um eine horizontale Achse drehbares Schaltröhrchen *Q*. Der Registriervorgang spielt sich nun folgendermaßen ab: Der Fallbügel fällt nieder und hält den Zeiger in seiner der Temperatur entsprechenden Ausschlagslage fest, während gleichzeitig der Stromkreis des Motors eingeschaltet wird und dieser das Zahnrad R_3 in Drehung versetzt.

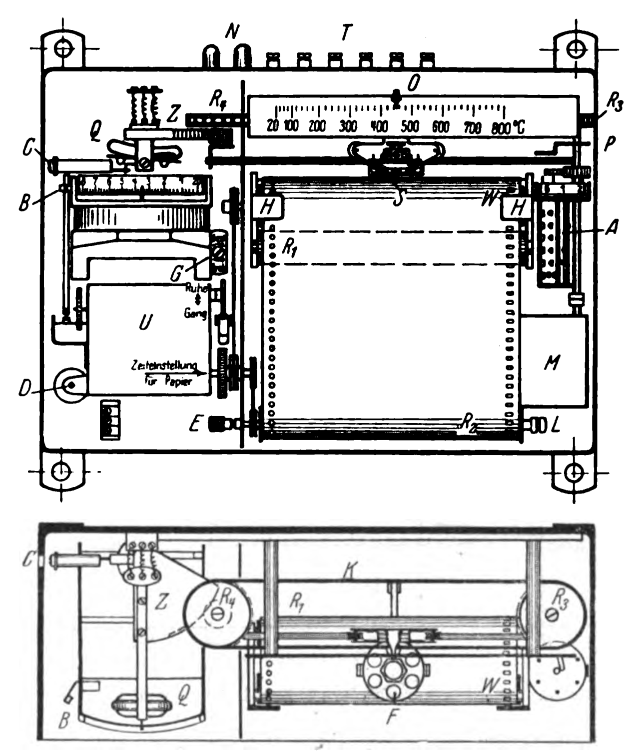


Abb. 2. Anordnung der Einzelteile.

In diesem Sinne stellt der Farbschreiber (Abb. 1) des Pyro-Werks Dr. Rudolf Hase, Hannover, eine Neukonstruktion dar, bei welcher erstmalig eine der amerikanischen entsprechende Papierbreite von 27 cm verwendet wird. An Stelle der sonst üblichen Farbbänder und Durchschlagpapiere geschieht die Markierung der einzelnen Meßpunkte durch einen mit Farbnäpfen versehenen Schlitten, welcher sich auf einer geraden Schiene über die ganze Papierbreite hinweg bewegt und vom Galvanometerzeiger aus gesteuert wird. Dadurch sind elektrisches Meßgerät und Schreibvorrichtung nicht wie bisher über- sondern nebeneinander angeordnet, so daß die räumliche Lage des Papierstreifens von derjenigen des Zeigers unabhängig geworden ist. Infolgedessen läßt sich dieses neue Registrierverfahren auf jede beliebige noch so große Papierbreite anwenden.

Die Anordnung der Einzelteile und insbesondere die zwangläufige Kupplung zwischen Zeigerausschlag und Schlittenverschiebung gehen aus Abb. 2 hervor. Das Papierband läuft von der Vorratsrolle R_1 über die Stiftwalze *W* zur Aufspulrolle R_2. Die beiden letzteren werden durch ein Uhrwerk *U* angetrieben. Da *W* den Vorschub vermittelt und in unmittelbarer Nähe der Schreiblinie liegt, ist jederzeit ein Abschneiden des Papierstreifens fast bis zur letzten Markierung möglich. Das Uhrwerk, welches eine siebentägige Gangdauer besitzt, betätigt ferner einen Fallbügel *B*, der in üblicher Weise den Zeiger des Gal-

Infolgedessen setzt sich gleichzeitig durch Vermittelung der Kette der Schlitten in Bewegung und durch Vermittelung der Übertragung von R_4 auf *Z* auch das Schaltröhrchen *Q*. Die lineare Verschiebung des Schlittens über die Papierfläche hinweg ist in jedem Augenblick proportional dem auf der Galvanometerskala gemessenen Weg des Schaltröhrchens *Q* und dauert so lange an, bis dieses mit einem kleinen nach unten gerichteten Hebel gegen den durch den Fallbügel festgeklemmten Zeiger des Galvanometers schlägt. Sobald dieses eintritt, vollführt *Q* eine kurze Kippung um seine Horizontalachse, wodurch der Motorstromkreis ausgeschaltet wird und der Schlitten momentan zum Stillstand kommt. Die erforderliche plötzliche Bremsung des Motors ist durch entsprechende Bewicklung desselben sowie durch eine Zentrifugalregelung seiner Achse gesichert.

Zu erwähnen ist noch, daß der Ausgangspunkt der Schlittenbewegung stets auf der rechten Seite seiner Skala liegt, wo sich die Schaltwalze *A* befindet, die beim Anlaufen des Schlittens durch eine Sperrklinke bereits auf den nächsten Meßkreis umgeschaltet wird. So ist es zu erklären, daß auf der Zeichnung der Farbnapf Nr. 6 am Schlitten in Arbeitstellung ist, während auf der Schaltwalze *A* schon wieder der Stromkreis 1 eingeschaltet ist. Wenige Sekunden nachdem der Schlitten auf dem der Temperatur entsprechenden Meßwert zum Stillstand gekommen ist, vollführt er eine kurze Drehbewegung nach

unten, wodurch der am weitesten vorn befindliche Farbnapf die Papierfläche berührt und damit den Meßpunkt markiert. Unmittelbar hierauf schaltet der Motor wieder selbsttätig auf Rücklauf, wodurch Schlitten und Quecksilberröhrchen wieder in ihre Ausgangslage zurückkehren. Hierbei stößt die Farbscheibe des ersteren gegen den Anschlag *P* und vollführt eine Drehung von 60°, so daß der zur nächsten Meßstelle gehörige Farbnapf nach vorn gerückt wird. Alsdann beginnt das Spiel von neuem, der Zeiger wird festgehalten, der Motor setzt Schlitten und Schaltröhrchen in Bewegung usw. Dieses wiederholt sich alle 30 s, so daß bei einem Sechsfarbenschreiber jede Meßstelle in Abständen von 3 min registriert wird.

Der Schreiber kann mit Kreuzspul-Meßwerk für Widerstandsthermometer oder mit Drehspulsystem für Thermoelemente und Strahlungsrohre ausgerüstet werden und entspricht in seiner Empfindlichkeit vollkommen den gebräuchlichen Ablesegeräten. *fi.*

Leitungen.

Stabilitätskurven von Höchstspannungskabeln. — Bei der Gestalt der Stabilitätskurve eines Hochspannungskabels, d. h. also derjenigen Kurve, welche tg δ in Abhängigkeit von der Spannung nach Erwärmung des Leiters auf gegebene Temperatur und Wiederabkühlung des Kabels darstellt, spielt neben den anderen Faktoren (Aufbau und Fabrikationsmaßnahmen) die Wärmeableitung des Kabels während des Erwärmungsprozesses und während der dielektrischen Verlustmessung eine beachtenswerte Rolle. Um also Stabilitätskurven verschiedener Kabel einwandfrei vergleichen zu können, muß nicht nur die Leitertemperatur sondern auch die des Bleimantels bekannt sein. Bei ein und derselben Leitertemperatur eines Kabels mit Mantelisolation, eines H- und eines SL-Kabels und gleicher Verlegungsart aller drei Typen herrschen unterhalb des Bleimantels verschiedene Temperaturen, und zudem hängt die Erwärmung des Mantels stark von dem umgebenden Medium ab. Abb. 3 zeigt die Stabilitätskurven eines H-Kabels 3 × 150 mm² für 30 kV. Kurve *1* ist bei 20°, Kurve *2* nach Erwärmung durch Strom auf 52° und Abkühlung auf 20° (Bleimanteltemperatur 42°) aufgenommen. Der Anstieg der Kurve *2* bei höheren Spannungen ist darauf zurückzuführen, daß die Tränkmasse unter dem Mantel zufolge der hohen Temperatur dünnflüssig ist, durch die Löcher im metallisierten Papier in den Beilauf abströmen, bei Abkühlung aber nicht wieder vollständig von der Aderisolation aufgenommen werden kann. Bei Kabeln mit Mantelisolation tritt dieser Vorgang noch stärker in Erscheinung als bei H-Kabeln. SL-Kabel haben die günstigsten Wärmeableitungsbedingungen, die Kurve deformiert sich also bei ihnen verhältnismäßig am wenigsten. Kabel, die durch ein Wärmebad auf höhere Temperatur gebracht wurden, zeigten nach der Abkühlung günstigere Stabilitätskurven, auch wenn sie auf höhere Temperaturen gebracht worden waren als die Kabel, welche mittels Stromdurchganges durch den Leiter erwärmt wurden. Zur Klärung dieses Verhaltens beabsichtigt der Verfasser weitere Versuche. Er streift dann noch kurz die verschiedenen Vorschläge, die darauf abzielen, bei SL- und H-Kabeln das Füllmaterial durch Bleirohre zu ersetzen und diese gegebenenfalls von Kühlflüssigkeiten durchströmen zu lassen, und verweist auf den Vorschlag von F r i c[1], welcher gefährliche Ionisationsspannungen dadurch vermeiden will, daß die Luftreste im Dielektrikum durch ein anderes Gas mit günstigerer Ionisierungsspannung und günstigerer Abhängigkeit vom Druck ersetzt werden. (V. P l a n e r, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 926.) *Eg.*

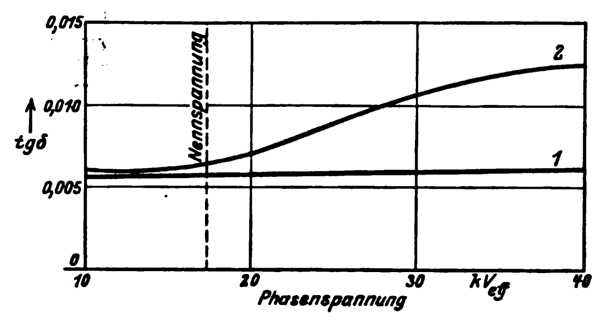


Abb. 3. Stabilitätskurven eines H-Kabels 3 × 150 mm² für 30 kV.

[1] ETZ 1928, S. 951.

Französisches Lastenheft für die Lieferung gummiisolierter Leitungen. — In ähnlicher Form wie in dem Vorschriftenbuch des VDE bestehen heute in fast allen Ländern Vorschriften über den Aufbau und die Prüfung gummiisolierter Leitungen. In einigen Ländern hat man sich dabei eng an die VDE-Vorschriften angelehnt, in anderen ist man eigene Wege gegangen. Im März 1928 hat nun die Generalversammlung der Union des Syndicats de l'Electricité in Frankreich eine Neuausgabe dieser Vorschriften angenommen, die zwar noch nicht als definitiv angesehen wird, vorerst aber in Kraft tritt. Eine Veröffentlichung der Vorschriften begleitet M. G r o s s e l i n mit einem Vorwort, das einen Kommentar zu den Punkten bildet, die Änderungen gegenüber dem bisherigen Stande darstellen.

Einzelne Vorschriften sind bemerkenswert, teils, weil sie neu sind, teils, weil sie im Gegensatz zu den bestehenden Vorschriften des VDE stehen. Zu den letzteren gehört die Zulassung von Regenerat in der Normalgummimischung. Zu diesem Punkt war ursprünglich auch die Zulassung von Faktis beantragt, was jedoch, und mit Recht, abgelehnt wurde. Die Zulassung von Regenerat ist nicht direkt ausgesprochen sondern ergibt sich indirekt dadurch, daß sein Gebrauch nicht verboten ist. Die Analyse der Normalmischung muß 35 % Reingummi bei einer zulässigen Toleranz von 5 % ergeben (VDE: 33⅓ % Reingummi ohne Toleranz). Einem übermäßigen Gebrauch von regeneriertem Gummi ist durch eine Dehnungsprüfung vorgebeugt, die verlangt, daß ein Stück der Gummihülle einer Leitung von mindestens 50 mm Länge sich ohne Bruch auf die vierfache Länge dehnen läßt und innerhalb 10 min auf eine Länge zurückgeht, die im Höchstfall gleich der 1,2fachen ursprünglichen Länge sein darf. Die Fassung dieser Bestimmung in Formeln anstatt eines Wortlautes soll Auslegungsschwierigkeiten ausschließen. Dem gleichen Zweck soll eine Alterungsprüfung dienen, die die Aussetzung eines frisch hergestellten Stückes der Gummihülle an vier aufeinanderfolgenden Tagen und täglich 8 h einem umlaufenden Luftstrom von 70° und eine darauf folgende Dehnung des Stückes auf die doppelte Länge ohne Bruch vorsieht. Diese Prüfung hat vorerst noch durchaus provisorischen Charakter und muß ihre Berechtigung erst beweisen.

Alle normenmäßigen Leitungen erhalten zwei Kennfäden, u. zw. einen Firmenkennfaden und einen weiteren Faden, der die Spannungsreihe kennzeichnet, innerhalb der die Leitung verwendet werden darf. Im Gegensatz zu den VDE-Vorschriften, die nur die NGA-Leitung für Spannungen bis 750 V kennen, sind hier drei Typen vorgesehen: für Spannungen bis 250 V: Kennfaden weiß; für Spannungen zwischen 250 V und 750 V: Kennfaden schwarz; für Spannungen über 750 V: Kennfaden rot. Für alle drei Typen ist der Aufbau der Gummihülle aus einer Lage zugelassen. Die 24stündige Wassertauchung vor der Spannungs- und Isolationswiderstandsprüfung ist beibehalten worden. Die Prüfspannung beträgt $2\,U + 1000$ bei einer unteren Grenze von 1500 V. Leider hat sich trotz Bemühung aus diesem Lastenheft die Garantieforderung von Mindest-Isolationswiderstandswerten nicht herausbringen lassen. Die festgelegten Mindestwerte sind bei den verschiedenen Leitungen nach Type und Kupferquerschnitt gestaffelt. Bei der Abnahme von Leitungen unter 20 mm Dmr. über Isolation kann die Vornahme einer Biegeprobe gefordert werden, nach deren Durchführung weder Geflecht noch Isolation Risse zeigen darf und das geprüfte Leitungsstück von 1 m Länge noch 5 min die Prüfspannung aushalten muß. Bei Leitungen unter 10 mm² Kupferquerschnitt kann das nach den deutschen Vorschriften bei Leitungen für feste Verlegung stets vorgesehene gummierte Band unter dem Schutzgeflecht fortgelassen werden.

Die biegsamen Leitungen haben eine völlige Neubearbeitung erfahren, auf die hier näher einzugehen zu weit führen würde. (Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 480.) *Wn.*

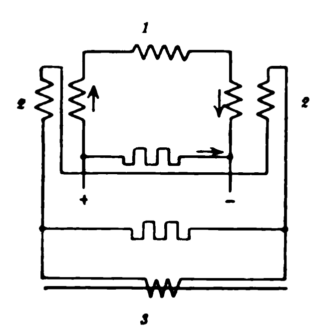
Apparate.

Wechselstrom-Schnellschalter für 12 000 V. — Die Entwicklung von Schnellschaltern für Wechselstrom-Bahnanlagen, einerlei ob es sich um Luft- oder Ölschalter handelt, wurde hauptsächlich angeregt durch die von der schnellen Abschaltung mit Sicherheit zu erwartende Verminderung der Schäden, die an den Wicklungen der Transformatoren und Maschinen, an den Leitungen und Isolatoren bei Kurzschluß auftreten. Besonderes Gewicht wird auf die Tatsache gelegt, daß das Abbrennen der Leitungen von den Isolatoren und die damit verbundenen Betriebs-



störungen (Fahrtunterbrechungen) nicht mehr eintreten können und weiter die Dauer der Beeinflussung von benachbarten Schwachstromleitungen so klein wird, daß ein falsches Ansprechen von Relais oder Schutzeinrichtungen dort nicht zu befürchten ist.

Um bei der raschen Unterbrechung des Kurzschlußstromes durch Wechselstrom-Schnellschalter gefährliche Überspannungen zu vermeiden, soll die Löschung des Lichtbogens während des Stromdurchgangs durch Null erfolgen, u. zw. soll der Kurzschlußstrom möglichst nach der ersten vollständigen Halbwelle abgeschaltet werden. Als Mittel zur Verkleinerung der Schaltzeit werden auch bei Ölschaltern magnetische Blasvorrichtungen verwendet; jedoch werden Luftschalter den Ölschaltern vorgezogen, da sie imstande sind, selbst schwere Kurzschlüsse mehrere Male hintereinander ohne Wartung zu unterbrechen. J. W. McNairy berichtet, daß mit einem Luftschnellschalter 20 Kurzschlüsse in Abständen von 2 min bei 12 000 V und 22 000 A unterbrochen worden sind.



1 Auslösespule
2 gesättigter Transformator
3 Stromwandler für den Hauptstrom

Abb. 4. Schaltung des Auslösekreises.

Die Auslösung eines solchen Wechselstromschalters erfolgt ohne Verwendung irgendwelcher Relais rein elektromagnetisch derart, daß ein den Schalter in der Schließstellung haltender spannungserregter Magnet entmagnetisiert bzw. der Fluß aus dem Halteanker verdrängt wird. Die Auslösung erfolgt durch transformatorische Beeinflussung der den Fluß verdrängenden Auslösespule, wobei die Unabhängigkeit von der Stromrichtung derart erzielt wird, daß der Auslöseimpuls durch die Spannungsunterschiede in den im Auslösekreis liegenden gegeneinandergeschalteten Sekundärspulen zweier Stromwandler gegeben wird (Abb. 4). Die Primärseiten der beiden Stromwandler werden vom Hauptstrom in verschiedenen Richtungen durchflossen, und ihre Kerne durch den in den Sekundärspulen ständig fließenden Gleichstrom in entgegengesetzter Richtung gesättigt. Die Auslösung erfolgt nur bei hohen Kurzschlußströmen, so daß für Auslösung bei kleinen Überströmen ein besonderes Relais vorzusehen ist. Durch das Prinzip der elektromagnetischen Auslösung wird die Möglichkeit der Verwendung von Schnellschaltern zur selektiven Abschaltung gegeben. Wesentlich ist, daß durch geeignete Zusammenschaltung der Haltespulen, die sämtlich von einer gemeinsamen Leitung aus gespeist werden, eine sichere selektive Abtrennung kranker Leitungen mit Schnellschalter-Wirkung erreicht werden kann.

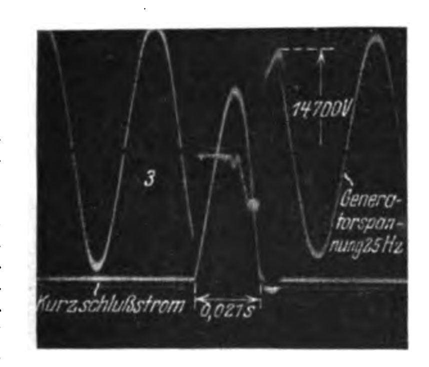


Abb. 5. Abschaltung von 14 000 V, 24 000 A_{eff} mit der Versuchsausführung des Luftschalters.

Die Ausführung des Luftschalters für 12 000 V ist der der Gleichstromschnellschalter ähnlich, doch sind die Abmessungen erheblich vergrößert und zwei nebeneinander liegende Schaltereinheiten in Reihe gelegt worden. Die Befestigung der spannungführenden Teile am Rahmen erfolgt durch Porzellanisolatoren. Zur Löschung des Bogens sind mehrere vom Bogen selbst erregte Blasspulen vorgesehen. Neu ist die Verwendung von Schalthörnern aus besonderem Widerstandsmaterial, die bewirken, daß der Bogen bei seiner Ausdehnung selbsttätig einen erheblichen Widerstand in den Kreis einschaltet und früher verlöscht als bei Kupferhörnern. Der Schaltweg eines jeden der beiden in Reihe liegenden Schalters ist rd. 75 mm. Er wird in 0,02 s zurückgelegt.

Oszillogramme von Kurzschlußversuchen, die bei 25 Hz mit einem Versuchsschalter für 12 000 V, 1500 A ausgeführt wurden, zeigen eine maximale Schaltleistung von 14 000 V, 24 000 A (Abb. 5). Die gesamte Schaltzeit (Schaltverzug + Lichtbogendauer) beträgt 0,021 s. Mit einem einzelnen Schaltelement soll wiederholt eine Stromstärke von 41 000 A bei 7000 V sicher unterbrochen worden sein, so daß der Luftschalter hinsichtlich der Größenordnung seiner Schaltleistung den Ölschaltern entspricht.

Die Entwicklung sowohl von Luft- als auch von Ölschaltern für 12 000 V, die eine den Gleichstromschnellschaltern entsprechende kurze Schaltzeit besitzen, gewährleistet somit den Wechselstrom-Bahnnetzen die gleiche Sicherheit, die infolge der Verwendung von Schnellschaltern bei Gleichstromnetzen schon seit einigen Jahren erreicht wird. (T. W. McNairy, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 702.) *Bsd.*

Transportabler Phasenwandler. — Die hohen Anforderungen, welche in elektrischen Großanlagen an Meßeinrichtungen, Zähler und Relais gestellt werden, erfordern eine regelmäßige meßtechnische Überwachung dieser Organe. Es genügt in der Regel nicht, die Prüfungen lediglich bei der gerade vorhandenen Belastung

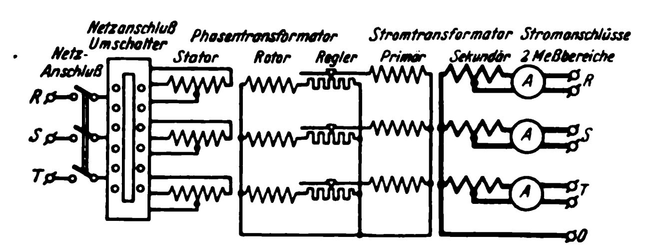


Abb. 6. Schaltplan eines Phasenwandlers.

einer Anlage vorzunehmen. Vielmehr werden meist Messungen bei verschieden hoher Belastung und verschiedenen cos φ-Werten nötig sein. Außerdem ist in manchen Anlagen die natürliche Belastung derart schwankend, daß schon aus diesem Grunde Prüfungen mit der betriebsmäßigen Belastung schlecht durchführbar sind. Die praktischste Lösung ist, die zu prüfende Apparatur mit Hilfe geeigneter Einrichtungen künstlich zu belasten. Für diesen Zweck wurde der neue transportable Phasenwandler gebaut. Das Gerät vereinigt Phasentransformator und Drehstrom-Belastungswandler. Nach Trennung der Meßsätze bzw. Relais von ihren Stromwandlern kann deren Belastung mit beliebiger Stromstärke in jeder Phase, sowohl bei beliebiger induktiver oder kapazitiver Verschiebung, als auch bei Phasengleichheit zwischen Meßstrom und Meßspannung, vorgenommen werden.

Aufbau und Wirkungsweise seien hier kurz skizziert. Die Einrichtung besteht im wesentlichen aus einem abgebremsten Asynchron-Drehstrommotor als Phasenschieber, dessen Anker mittels Schneckengetriebe beliebig verdreht und in der gewählten Stellung festgehalten wird. Im Ständer des Motors ist die Primärwicklung untergebracht. Sie ist, wie aus dem Schaltplan Abb. 6 hervorgeht, unterteilt und derart umschaltbar, daß die Primärspannungen 3 × 380, 3 × 220 und 3 × 120 V angelegt werden können. Die Sekundärwicklung ist über 3 Regelwiderstände geschlossen. Diese wirken als Spannungsteiler und ermöglichen eine stufenlose, unterbrechungsfreie Regelung. Der von den Widerständen abgegriffene Strom speist die Primärspulen von 3 Stromtransformatoren. Den eigentlichen Eichstrom liefern deren Sekundärwicklungen. Sie sind abgezapft und über 3 Weicheisen-Strommesser mit den Meßbereichen 5 und 25 A zu den Anschlußklemmen geführt. Die sekundäre Drehstromleistung beträgt 200 VA dauernd.

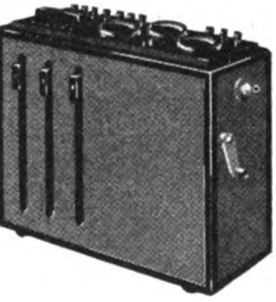


Abb. 7. Transportabler Phasenwandler.

Um das Gewicht möglichst niedrig zu halten, wird das Motorgehäuse aus Aluminiumguß gefertigt und für die Transformatoren hochlegiertes Eisen verwendet. Die Einrichtung ist in einem stabilen Eisenblechgehäuse untergebracht. Die Außenmaße betragen 480 × 370 × 190 mm (Abb. 7). Hergestellt wird das Gerät von der Firma Zera, Königswinter a. Rh. *fi*

Allgemeiner Maschinenbau.

Fortschritte der Dampfkessel-Feuerungen. — Dipl.-Ing. F. Schulte, Direktor des Dampfkessel-Revisions-Vereins Essen, hat im Unterausschuß des Ausschusses für Dampfkessel beim Verein deutscher Ingenieure einen bemerkenswerten Bericht über den heutigen Stand der Feuerungstechnik erstattet, der im Märzheft 1929 des Archivs für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen erschienen ist.

Die Wandlungen, die sich in den letzten Jahren auf dem Gebiete der Rostfeuerungen für Dampfkessel vollzogen haben, stehen im Einklang mit einer neuen Anschauung über den Vorgang der Verbrennung von Kohle, die Dr.-Ing. Bleibtreu auf Grund der Arbeiten von Fischer im Kohlenforschungs-Institut, Mülheim, entwickelt hat. Im Gegensatz zu der heute geltenden Anschauung, wonach feste Brennstoffe in Rostfeuerungen in zwei Stufen verbrennen, nämlich die festen Bestandteile auf dem Rost und die flüchtigen Bestandteile über dem Rost, vollzieht sich nach der neuen Theorie die Verbrennung stets in mehreren durch ihre Temperatur abgegrenzten Stufen, nämlich Verdampfen der groben Feuchtigkeit bei etwa 100 °, Abspalten des chemisch gebundenen Wassers zwischen 100 und 200 ° und Zersetzen der entwickelten Gase und Dämpfe sowie Zünden und Verbrennen der niedrig- und dann der hochmolekularen Kohlenwasserstoff-Verbindungen. Die Vorgänge, die sich bei den Temperaturen über 200 ° abspielen, muß man sich so vorstellen, daß zunächst die einfachen Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoffverbindungen in der Hitze gespalten werden und Urteer gebildet wird. Erst bei den höheren Temperaturen bilden sich aus dem Urteer wärmebeständigere Verbindungen, indem Kohlenstoff abgespalten wird.

Diese Theorie ist allerdings bis jetzt nur an Kohlenstaubfeuerungen nachgeprüft worden. Ihre Folgerungen werden aber teilweise auch durch die praktische Erfahrung an Rostfeuerungen bestätigt, wenigstens dahin, daß die Zündung bei Braunkohle am leichtesten, bei Anthrazitkohle am schwersten sei, daß ferner Fettkohle die höchste, dagegen Braunkohle die niedrigste Temperatur entwickle; daß aber die Brennzeit bei Fett- und bei Braunkohle am kürzesten, bei Anthrazit- und bei Gaskohle am längsten sei, steht mit den bisherigen Erfahrungen an Rostfeuerungen in Widerspruch. Immerhin ist bemerkenswert, daß die Feuerungstechnik auf Grund von Versuchen und Beobachtungen auch schon ohne Kenntnis dieser Theorie Wege beschritten hat, die zu wesentlichen Erfolgen geführt haben.

Am wichtigsten scheinen wohl die mit Unterstützung des Vereins deutscher Ingenieure durchgeführten Messungen über die Temperaturen des Wanderrostes und der darauf befindlichen Brennstoffschicht durch Dr.-Ing. Deinlein, München. Diese Messungen haben ergeben, daß bei einem ohne künstlichen Unterwind arbeitenden Wanderrost die Temperatur in der Mitte der 7 cm hohen Brennstoffschicht bis zur Mitte der Rostlänge nicht mehr als 50 ° betrug, daß also fast der halbe Weg des Brennstoffs durch den Feuerraum für das Erwärmen des Brennstoffes verbraucht wurde. Unmittelbar danach stieg dann die Temperatur in der Brennstoffschicht auf 1100 °, um dann schnell auf 600 ° abzufallen. Entsprechend diesen Ergebnissen war der Rost, dessen Temperaturen mittels Thermoelemente gemessen werden konnten, etwa bis zur Mitte des Feuerraumes kalt. Die mittels Anemometer beobachteten Luftgeschwindigkeiten in den Rostspalten betrugen im ersten Drittel des Rostes im Mittel nur etwa $^1/_8$ m/s, im zweiten Drittel etwa 1 m/s als Höchstwert, dann vor der Feuerbrücke wieder bedeutend weniger.

Diese Ergebnisse haben die Ursachen der geringen Verbrennungsleistungen gewöhnlicher Wanderroste ohne Unterwind aufgeklärt. Die danach notwendigen Verbesserungen müssen sich auf schnelleres Entzünden und auf Erhöhen der Brenngeschwindigkeit richten. Das schnellere Zünden kann man ohne die Hilfe von eigenen Zündgewölben durch bessere Ausnutzung der Flammenrückstrahlung und der Gasstrahlung erreichen, indem man entsprechend hohe Feuerräume verwendet. In solchen Feuerungen ist es sogar schon gelungen, Brennstoffe zu verbrennen, die nicht mehr als 3 % flüchtige Bestandteile enthielten. Bei Feuerungen mit künstlichem Unterwind empfiehlt es sich auch, den Wind in der ersten Zone des Rostes abzudrosseln, damit er den Brennstoff nicht zu stark abkühlt. Die schnellere Verbrennung dagegen kann man in erster Linie durch künstlichen Unterwind erreichen. Dabei ist es notwendig, den Rost in Zonen einzuteilen, damit die zugeführte Luftmenge dem Bedarf der einzelnen Rostabschnitte angepaßt werden kann. Die Zonen müssen natürlich gegeneinander gut abgedichtet werden.

Welchen Erfolg man durch diese maschinentechnische Ausbildung des ganzen Wanderrostes erreichen kann, zeigen die ausgezeichneten Ergebnisse von Versuchen an Wanderrostfeuerungen der Firmen Walther & Co., Köln, und Steinmüller A.-G., Gummersbach, mit Steinkohlen von ganz verschiedenen Sorten. Diese Versuche waren namentlich auch bezüglich der Anheizdauer nach Stillständen von verschiedener Länge bemerkenswert. Bei einem Versuch mit Koksgrus, wohl dem am schwersten zündenden Brennstoff, konnte nach einem Stillstand von 11 h 53 m eine Dampfleistung von 50 kg/m²h in 6 min nach dem Anstellen erreicht werden. Mit solchen Leistungen lassen sich Wanderrostfeuerungen den besten Stokerfeuerungen als gleichwertig an die Seite stellen. (F. Schulte, Arch. Wärmewirtsch. Bd. 10, S. 97.) *Hr.*

Beleuchtung.

Firmenschildbeleuchtung. — Die Beleuchtung von Firmenschildern durch eine Anzahl außen angebrachter Email-Schrägstrahler hat den Nachteil, daß die Leuchten bei Tage den Eindruck der Fassade benachteiligen. Ordnet man aber in langen Reflektorenreihen Lichtquellen (Soffitten) längs der Kanten des Schildes an, so erzielt man wohl bei schmalen Firmenschildern ganz gute Wirkungen, bei breiten und großen dagegen stößt man auf die Schwierigkeit, die beschriftete Fläche hinreichend gleichmäßig anzuleuchten. Die in Abb. 8 dargestellte Lösung ist von der Körting & Mathiesen A. G., Leipzig, bei einem rd. 90 cm breiten Firmenschild durchgeführt worden. Über dem etwas nach vorn geneigten Schild aus Marmor mit aufgelegten Metallbuchstaben ist ein etwa 90 cm breiter, dachartiger Vorbau vorgesehen, und an seinem Rande sind mit besonderen Anschraubböcken eine Reihe von Werkplatzleuchten angebracht. Ohne daß die Leuchten von außen zu sehen sind, wird trotz der Breite des Schildes eine auffallend gleichmäßige Beleuchtung erzielt (Abb. 9). Da im vorliegenden Falle die gespiegelten Strahlen ziemlich steil nach unten geworfen werden, so kann zwar ein Beschauer, der ganz nahe davor steht und das Schild von unten ansieht, einer Spiegelung ausgesetzt werden, aus einiger Entfernung gesehen, ist aber von Spiegelung nichts zu spüren. (Kandem-Monatsschr. 1929, S. 30.) *Ka.*

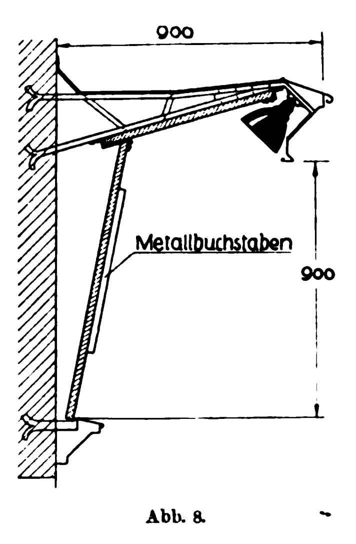


Abb. 8.



Abb. 9.



Zur Haushalt-Lichtwerbung[1]. — Im Juli ist die Zentrale für Lichtwerbung mit dem Plan der Haushalt-Lichtwerbung 1929 an die Öffentlichkeit getreten. Die Verhandlungen in den einzelnen Städten wegen der Durchführung der Haushalt-Lichtwerbung haben dazu geführt, daß in 16 Städten bereits Elektrogemeinschaften gegründet werden, von denen in 14 die empfohlenen Satzungen durch Unterschrift der Installateure anerkannt und nur in zwei Städten eigene Satzungen aufgestellt worden sind; in weiteren 15 Städten ist die gemeinsame Durchführung der Haushalt-Lichtwerbung ebenfalls von dem Elektrizitätswerk und den Installateuren beschlossen, und es sind auch in einigen dieser Städte schon Elektrogemeinschaften gegründet worden, während lediglich die Satzungen noch nicht unterschrieben worden sind. In 7 Städten gehen die Verhandlungen demnächst voraussichtlich einem günstigen Abschluß entgegen, während in 52 Städten Vorbesprechungen stattgefunden haben. Das Werbematerial ist im allgemeinen günstig beurteilt worden, so daß die Nachfrage sich recht lebhaft gestaltet. *y*

Bahnen und Fahrzeuge.

Neubauten der Kreis-Mettmanner Straßenbahnen. — Die Kreis-Mettmanner Straßenbahnen G. m. b. H. hat durch die am 6. VI. v. J. erfolgte Inbetriebnahme der Strecke Mettmann—Wülfrath (Abb. 10) eine verkehrstechnisch hiergegen fallen lassen würde. Mit dem Bau dieser Linie umfaßt jetzt das Straßenbahnnetz der Kreis-Mettmanner Straßenbahnen 35,985 km.

Die Linie ist als Überlandbahnstrecke mit den neuesten Einrichtungen für Fahrleitung, Oberbau und Betriebssicherheit ausgeführt worden. Die Gesamtlänge der Neubaustrecke Mettmann—Wülfrath beträgt 5,7 km, wovon rd. 4 km auf eigenem Bahnkörper liegen und 2,4 km in vollkommen gerader Linie verlaufen. Dies wurde vornehmlich durch Zurücklegung der Linie um 50 m von der Provinzialstraße erreicht. An größeren Steigungen sind vorhanden: 1 : 20,43 auf 33,10 m, 1 : 22,60 auf 250 m und 1 : 25,26 auf 581,60 m, die gleichzeitig in einer Krümmung von 1500 m Halbmesser liegt. Um eine einwandfreie Übersicht der Strecke und eine erhöhte Verkehrsicherheit zu erreichen, wurden an allen Wege- und Straßenkreuzungen der Strecke auf eigenem Bahnkörper dreieckförmige Freiflächen vorgesehen, die nicht bebaut werden dürfen. Die Sicherung der Freiflächen ist als Grunddienstbarkeit in das Grundbuch eingetragen worden. Je nach der Übersichtlichkeit der Örtlichkeit und der Fahrgeschwindigkeit an der Kreuzungstelle sind die Schenkellängen des Dreiecks aus den erforderlichen Bremswegen ermittelt worden, so daß der Wagenführer ein jedes Fahrzeug auf der Straße bis zur Gleiskreuzung einwandfrei bremsen kann. In Abb. 11 ist ein Beispiel für die derart entstehenden Freiflächen gegeben. Im übrigen wurden an den notwendigen Stellen die vorgeschriebenen internationalen Warnungstafeln angebracht, die von der Rheinprovinz als Wegeunterhaltungspflichtige gemäß § 5 a des Gesetzes über den Verkehr mit Kraftfahrzeugen vom 21. VII. 1923 vor Inbetriebnahme der Strecke unter Selbstbestimmung des Standortes errichtet wurden. Die Haftung für den richtigen Standort der Tafeln ist somit auf den Wegeunterhaltungspflichtigen übergegangen.

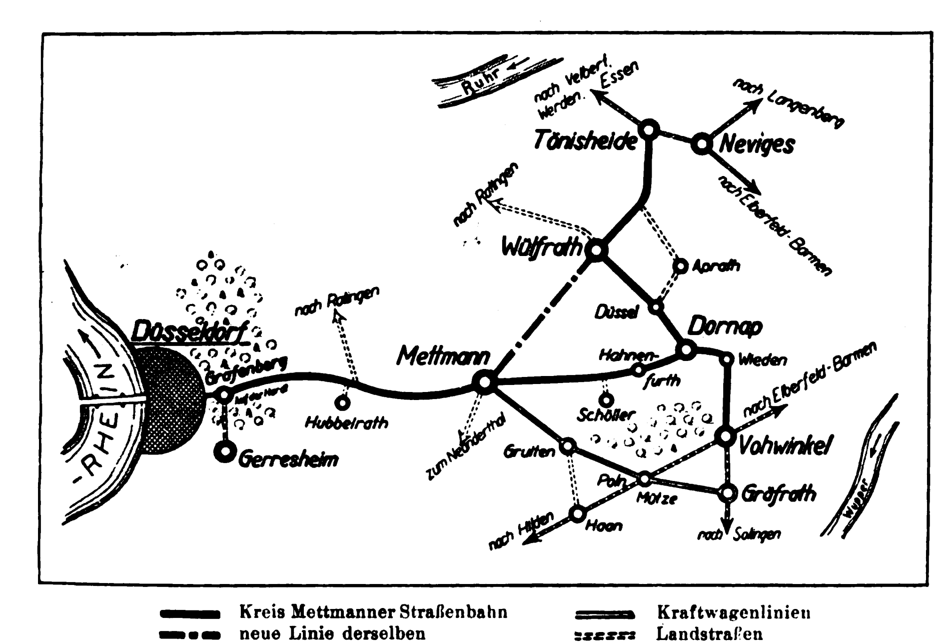


Abb. 10. Übersichtsplan der Kreis-Mettmanner Straßenbahnen.

sehr wichtige Verbindung in ihrem Bahnnetz erhalten. Die neue Strecke fördert durch wesentliche Verkürzung der Fahrtdauer den Durchgangsverkehr Velbert—Tönisheide —Wülfrath—Düsseldorf bzw. Elberfeld. Zwischen den angrenzenden Bahnen: den Bergischen Kleinbahnen, der Düsseldorfer Straßenbahn und der Schwebebahn Elberfeld sind bereits Übergangsfahrscheine eingeführt. Weitere Verkehrsverbesserungen in der Form eines Durchgangsverkehrs Düsseldorf—Mettmann könnten noch erreicht werden, wenn die Reichsbahngesellschaft ihren Widerstand hiergegen fallen lassen würde.

Abb. 11. Beispiel für Verkehrssicherheits-Freiflächen.

Auf dem eigenen Bahnkörper ist eine Höchstfahrgeschwindigkeit von 40 km/h vorgesehen. Das Zuggewicht beträgt bei einem Triebwagen mit einem Beiwagen 29 t. Die Wagen sind ausgerüstet mit zwei Motoren U K 521 b der AEG, die eine Leistung von je 49,5 kW = 67 PS bei 750 V und bei 630 U/min haben. Die Hochspannungsprobe ist mit 1900 V Wechselstrom 1 min lang vorgenommen worden. Die Übertragung auf die Triebräder geschieht durch einfaches Zahnrädervorgelege im Übersetzungsverhältnis 1 : 5,93. Die Bremsung der Wagen erfolgt rein elektrisch durch elektromagnetische Kurzschluß-Schienenbremsen, denen der Kurzschlußstrom der Motoren über sieben Bremsstellen am Fahrschalter zugeführt werden kann. Die Schaltung der Magnete ist so getroffen, daß je zwei über Eck sitzende Magnete in Hintereinanderschaltung verbunden sind, die mit dem zweiten Paar der Magnete in Parallelschaltung liegen. Die Bremsmagnete haben keine Frischstromspule, da sich solche in Zügen nicht bewährt hat.

Die Fahrleitung ist auf 4,57 km als Kettenfahrleitung mit selbsttätiger Nachspannvorrichtung ausgeführt, die an drehbaren Schrägauslegern hängt. Die Länge der Strecke erforderte die Verwendung zweier parallelen Fahrdrähte von je 65 mm², die am Stützpunkt in einem Abstand von 80 cm voneinander (40 cm beiderseits der Gleismitte) mit zwei Stützstreben aufgehängt und in der Mitte des Spann-

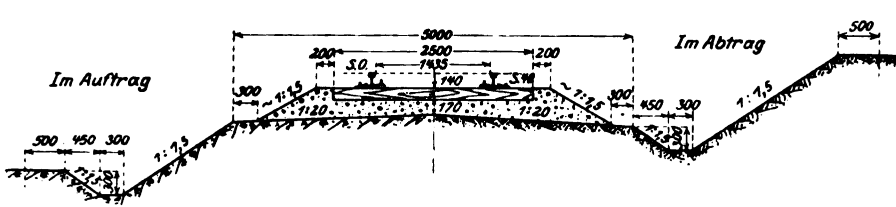
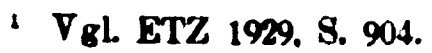


Abb. 12. Regelquerschnitt des Bahnkörpers.



[1] Vgl. ETZ 1929, S. 904.



feldes durch eine Beidrahtklemme auf 1,5 cm zusammengeführt sind. Hierdurch wird eine gleichmäßige Abnutzung des Bügelstromabnehmers erreicht. Die Fahrdrahtleitung ist durch Stabisolatoren (Knüppelisolatoren) von 3000 kg Mindestbruchlast gegen Erde isoliert. Über dem Umfahrungsgleis einer Ausweiche wurde der eine der beiden Hauptdrähte über das Hauptgleis, der andere über das Nebengleis gezogen. Das Tragseil des Nebengleises ist in der Nähe des Stützpunktes über der Weiche am Hauptteil angekuppelt. Die Fahrdrähte werden durch Gewichtssätze in 1,5 km Abstand voneinander beweglich nachgespannt, das Tragseil aus Bronze von 50 mm² ist fest verankert. Der Mastenabstand ist auf der geraden Strecke 75 m, in Krümmungen dem Halbmesser entsprechend kleiner, oder es sind je nach dem Krümmungshalbmesser ein oder zwei Abzugsmaste eingeschoben. Zur sicheren Führung des Stromabnehmerbügels sind die Fahrdrähte in Krümmungen parallel geführt. Beim Streckentrennmast ist das Drahtseil unterbrochen. Der Streckentrenner besteht aus zwei Porzellanstabisolatoren und wird durch voneinander isoliert aufgehängte Hängedrähte zur besseren Haltgebung getragen. Wegen der hohen Fahrgeschwindigkeit ist der Auflauf für den Streckentrenner sehr lang ausgebildet. Da der Streckentrenner mit voll eingeschalteten Motoren durchfahren wird, ist ein besonders ausgebildetes und getrennt gespeistes Übergangstück eingebaut. Die Speiseleitung von 150 mm² ist am Mast mit einem Blitzableiter versehen. Die Fahrleitung und oberirdischen Speiseanlagen sind von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft ausgeführt worden. Dem Telephonschutz dienen flache, breite Drahtnetze über der Fahrdrahtleitung, in einem Fall ein geerdetes, kastenförmiges Drahtnetz unter den Postleitungen an der Provinzialstraße. Die Schienenstoßverbinder von 70 mm² bestehen aus blankem, weichem Elektrolytkupferseil aus 24 × 7 Drähten mit einem Durchmesser von je 0,72 mm, die an den Enden in Vierkanteisen 18 × 18 hart eingelötet und an den Schienenköpfen angeschweißt sind.

Der Regelquerschnitt des eigenen Bahnkörpers ist aus Abb. 12 ersichtlich. Die Gleisbettung besteht aus Kleinschlag. Die Vignolschienen Form S 49 von 15 m Länge liegen mittels geneigter Hakenplatten mit Klemmplatten auf 16 kiefernen imprägnierten Mittelschwellen in den Abmessungen 250 cm lang, 13 ... 15 cm hoch und 23 ... 25 cm breit bei einem Mindestoberlager von 16 cm. Der ruhende Schienenstoß mit beiderseitigen Flachlaschen liegt auf zwei durch drei Bolzen von 1" Stärke gekuppelten Schwellen. In den Stadtgebieten liegen Rillenschienen der Form NP 4/4 a mit geschweißten Spurstangen und thermitisch verschweißten Stößen auf Packlage-Längs- oder Vollkoffer. Die Schweißung der Stöße erfolgte nach dem neuen „Zwischengußverfahren mit Stauchung" (Prof. Dr. Hans Goldschmidt-Ingwer Block), bei dem eine voraufgehende Bearbeitung der Schienenenden nicht erforderlich ist. Die Weichen auf der freien Strecke haben eine Herzstückneigung 1 : 9, keine Spurerweiterung und im Herzstück wie auch in den Zwangsschienen gegenüber dem Herzstück den Spurkränzen angepaßte Rillen. Für das Zungenprofil ist das normale Reichsbahnprofil verwandt. Der Drehstuhl ist als Laschendrehstuhl nach dem DRP.-Vereinigte Stahlwerke B. V. Westfälische Stahlwerke, Bochum, angeordnet. Ein Auswechseln der abgefahrenen Zungen kann an Ort und Stelle schnell und ohne Schwierigkeiten vorgenommen werden. Jede Weiche hat eine besondere innerhalb der Spur liegende Federstellvorrichtung, da die Weichen auf der Ausfahrt aufgeschnitten werden, die gleichzeitig als Umstellvorrichtung zu benutzen ist. Die Rillenschienenweichen in der Bauart der Firma Both & Tilmann G. m. b. H. in Dortmund mit Federstellvorrichtungen mit federndem Kniegelenk haben einen Zungenhalbmesser von 75 m, Zungendrehstühle aus Stahlguß mit Sicherung gegen Lockerwerden durch einen besonderen Stahlring und Weichenherzstücke in Flügelschienenbauart mit verengter Tiefrille. Die 20 mm starken Unterlagsplatten sind mit den Schienenstößen durch Nietung und durch Schweißung verbunden.

Den erforderlichen Gleichstrom für den Betrieb der Strecke liefert ein Umformerwerk in Mettmann, in dem durch Umformer mit einer Gesamtleistung von 1050 kW der vom RWE gelieferte hochgespannte Drehstrom mit 25 000 V Spannung auf Gleichstrom umgewandelt wird. Vom Unterwerk gehen zwei unterirdische Speiseleitungen von je 240 mm² Querschnitt und die Rückleitung zur Strecke. Das eine der Speiseleitungskabel ist an die Fahrleitung, das andere an die obenerwähnte Speiseleitung von 150 mm² angeschlossen. (A. S c h i f f e r, Beschreibung der Neubaustrecke Mettmann—Wülfrath.) *Pge.*

Elektromaschinenbau.

Neuer 165 000 kW-Turbogenerator des Hell-Gate-Kraftwerks. — Im Hell-Gate-Kraftwerk der United Electric Light and Power Co., New York, wurde im Mai d. J. ein Turbogenerator für 165 000 kW in Betrieb gesetzt, der also den schon seit längerer Zeit dort arbeitenden 160 000 kW-Maschinensatz[1] noch an Leistung übertrifft. Es ist wieder eine Hoch- und Niederdruckturbine vorgesehen, die je einen Generator von 80 000 kW antreiben; die Niederdruckturbine arbeitet außerdem auf einen 5000 kW-Generator für den Eigenbedarf des Kraftwerks. Die minutliche Drehzahl beträgt 1800. Die beiden Hauptgeneratoren sind abweichend von der früheren Bauart von e i n e m Gehäuse eingeschlossen (Abb. 13), in welches die Kühlluft geblasen wird. Die Länge des Maschinensatzes beträgt 27,5 m, die Breite 12 m, die Höhe 8,25 m, das Gewicht 1300 t. Erbauerin ist die Westinghouse Electric and Manufacturing Co. *Ka.*

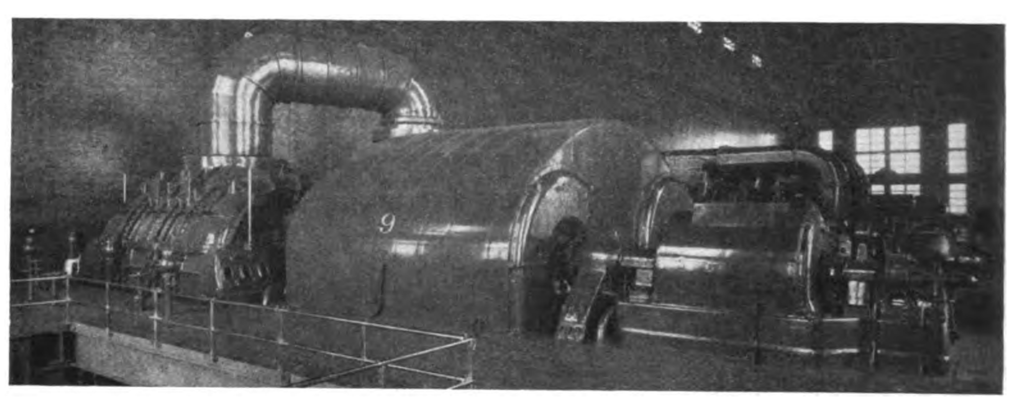


Abb. 13. 165 000 kW-Turbogenerator (im Vordergrund) des Hell-Gate-Kraftwerkes.

Fernmeldetechnik.

Unfallmelder für Automobilstraßen. — Um die Folgen der Verkehrsunfälle möglichst zu begrenzen und bei Automobilunglücken schnell Hilfe herbeizuholen, dient ein von der Firma Siemens & Halske gebauter Unfallmelder.

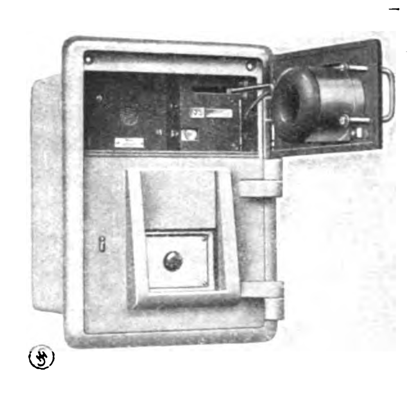


Abb. 14. Unfallmelder für Automobilstraßen.

Ein wichtiges Verwendungsgebiet für derartige Meldeeinrichtungen sind vor allem die großen Automobilstraßen, die gegenwärtig gebaut werden, und die ihrer Bauart und Lage nach als Verbindungswege ausschließ-

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 873.

lich für den Schnellverkehr zwischen den einzelnen Industriezentren gedacht sind. Da diese Straßen nach Möglichkeit geradlinig verlaufen sollen, führen sie zu einem großen Teil durch vorläufig noch unbebautes Gelände. Die Melder (Abb. 14) sollen in etwa 1 km Entfernung voneinander aufgestellt werden, damit man mit ihrer Hilfe an eine ständig mit Hilfsmannschaften besetzte Zentrale Meldungen erstatten kann.

Die Handhabung geschieht wie beim Feuermelder. Nach dem Zerschlagen einer Glasscheibe wird auf einen Knopf gedrückt, dadurch wird ein Uhrwerk ausgelöst, gleichzeitig öffnet sich die obere Tür des Melders und legt eine vollständige Fernsprecheinrichtung mit Mikrophon und Telephon frei. Selbst bei Fehlern an den Leitungen ist ein einwandfreier Eingang der Meldungen gewährleistet, und auch zwei gleichzeitig abgegebene Meldungen kommen unverstümmelt an. Die Anlage steht als Ruhestromanlage dauernd unter Selbstüberwachung. In Essen werden eine Anzahl der Melder in Säulen untergebracht, die gleichzeitig Feuer- und Polizeimelder, einen Apparat der Droschkenrufanlage sowie eine Normaluhr aufnehmen. (Siemens-Z. Bd. 8, S. 569.) *Ka.*

Die Temperatur der oberen Erdschichten. — Der Tagesverlauf der Temperatur in der Luft und in den oberen Erdschichten vollzieht sich in Form einer periodischen Schwingung. Die Temperatur hat den Mindestwert um Sonnenaufgang, steigt im Laufe des Vormittags auf das Tagesmittel, erreicht um die Mittagszeit den Höchststand, geht gegen Abend auf das Tagesmittel zurück und erreicht in der Nacht wieder den Mindestwert. Die Schwankungen zwischen Mindest- und Höchststand können in der Luft sehr beträchtlich sein, im Erdboden sind sie geringer und nehmen mit wachsender Tiefe in gleichem Verhältnis ab, wie die Tiefe zunimmt. In der Tiefe, in der die Fernsprechkabel liegen, also etwa 80 cm unter der Oberfläche des Bodens, machen die Schwankungen weniger als $^1/_{10}$° aus. Infolgedessen werden auch die von der Temperatur abhängigen Schwankungen der Fernkabel von den täglichen Schwankungen nur wenig beeinflußt, dagegen kann der Betrieb von Luftkabeln großer Länge durch sie erheblich gestört werden. In einem bestimmten Falle ist in der Zeit von 8 ... 14 ^{h} eine Temperaturerhöhung von 27 ° in der Luft gemessen worden. Durch eine solche Änderung wird in den Luftkabelleitungen der Widerstand um 10,8 % erhöht, die Charakteristik sinkt um 3 %, während die Dämpfung um 7 % zunimmt. Die Änderung des Widerstandes kann bei Fehlerortsmessungen zur Fälschung der Ergebnisse führen, die Abnahme der Charakteristik muß zusammen mit der Dämpfungserhöhung den Betrieb erheblich stören. Man könnte dieÄnderungen zwar durch Regelung der Leitungsnachbildung und durch Heraufsetzung der Verstärkungsziffer in gewissem Maße ausgleichen, aber es wäre im Betrieb praktisch kaum möglich, bei einer Reihe von hintereinandergeschalteten Verstärkern den Temperaturschwankungen mit der Regelung der Nachbildungen und der Verstärker laufend zu folgen. Daraus folgt, daß es erhebliche Bedenken hätte, Luftkabel als Fernkabel zu verwenden, ganz abgesehen von der Gefahr mechanischer Beschädigungen.

Neben der täglichen Periode der Temperaturbewegung tritt noch eine jährliche Periode auf. Ihre Schwankungen betragen in der Luft ungefähr 60 °, in der Erdschicht von 80 cm Tiefe ungefähr 20 °. Diese Änderungen vollziehen sich so langsam, daß es genügt, die Leitungsnachbildungen der Fernkabelleitungen in Abständen von etwa 3 Monaten nachzuregeln. Die notwendige Änderung der Verstärkungsziffern kann ohne Schwierigkeit bei den wöchentlichen und u. U. täglichen Prüfungen so vorgenommen werden, daß die Restdämpfung in den vorgeschriebenen Grenzen bleibt. (J. Schubert, Europ. Fernspr. 1929, S. 173.) *Bkm.*

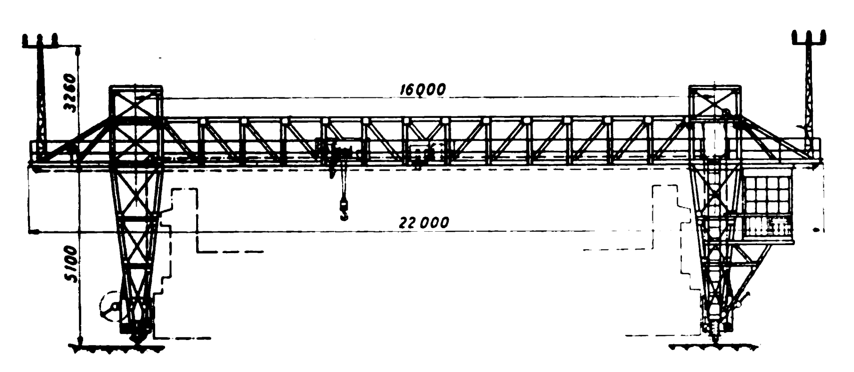
Beitrag zur allgemeinen Theorie der elektrostatischen und elektromagnetischen Kopplung zwischen Starkstrom- und Fernmeldeleitungen im stationären Zustand. — Die Literatur behandelte bisher die vom elektrischen und magnetischen Felde herrührenden Induktionserscheinungen getrennt. Es gibt aber Fälle, in denen beide Komponenten zugleich auftreten und etwa gleiche Größenordnung haben und in denen der Phasenwinkel zwischen ihnen und damit die Größe der resultierenden Induktionsspannung nicht ohne weiteres zu übersehen ist. Diese Lücke will G. Eggeling ausfüllen, indem er rechnerische Hilfsmittel von praktisch ausreichender Handlichkeit zur Verfügung stellt, mit denen sämtliche wichtigsten Beeinflussungsfälle von Fernmelde- durch Starkstromleitungen in gleichzeitigem Rechnungsgang für beide Komponenten rechnerisch behandelt werden können.

In einem theoretischen Teil ~~werden~~ die allgemeinen Gleichungen für die Kopplung zweier paralleler Leitungssysteme in eine leicht zu integrierende Form gebracht. Dies geschieht durch Einführung eines komplexen Koeffizienten, welcher die Kopplung durch das elektrische Feld zum Ausdruck bringt; dieser entspricht einem komplexen Kopplungsfaktor, der der magnetischen Feldwirkung Rechnung trägt und seinerzeit von Pleijel für die Berechnung des induzierten Schienenstromes bei Wechselstrombahnen verwendet wurde. Das Integrationsergebnis sind zwei Gleichungen, in welche folgende Größen eingehen: Spannung und Strom am Anfang und an der Stelle x des Parallelverlaufs, Wellenwiderstand und Fortpflanzungskonstante der FM-Leitung und die genannten beiden Kopplungskoeffizienten. Durch Einführung der Grenzbedingungen ergeben sich für alle wichtigen Betriebsfälle (Schaltungen der FM-Leitung, Fehlerzustände des Starkstromsystems) Gleichungen für die Spannungs- und Stromverteilung auf der FM längs der Näherung; in jeder Gleichung sind beide Komponenten nach Größe und Phase enthalten. — In einem weiteren Abschnitt werden die Bedingungen erörtert, unter denen die strengen, wenig handlichen Gleichungen in Näherungsformeln von praktischer Übersichtlichkeit übergeführt werden können.

In dem die praktischen Anwendungen der Berechnungsweise behandelnden Teil wird gezeigt, wie sich von Fall zu Fall die Berechnung der charakteristischen Kopplungskoeffizienten gestaltet; sie hängen von den jeweiligen Betriebsbedingungen der beiden Leitungsysteme und den Lagebeziehungen sämtlicher Leiter ab. An sieben Beispielen von praktisch wichtigen Näherungen werden die Koeffizienten ermittelt; dabei wird ~~unterschieden zwischen~~ Näherungen von reinen Freileitungsystemen, ferner von Systemen, von denen nur eines verkabelt ist, und schließlich von Systemen, die beide verkabelt sind. Die Schutzwirkung beider Bleimäntel wird für die letztgenannten Fälle berücksichtigt. (G. Eggeling, El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 312.) *Sb.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Lagerplatzbedienung durch seitlich verschiebbare Bockkrane. — Wenn auf ausgedehnten Lagerplätzen Stückgüter verhältnismäßig lange Zeit liegen müssen, so wird die Bedienung durch Bockkrane, die das ganze Areal überspannen, unwirtschaftlich. Da es aber notwendig ist, jedes Stück an jedem Punkt des Lagers rasch fassen und versetzen zu können, hat die Maschinenfabrik Oerlikon dafür



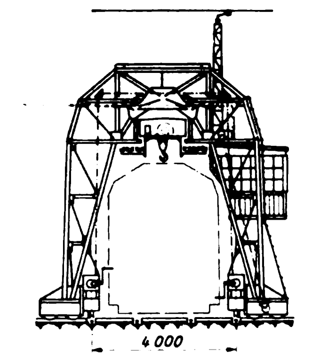



Abb. 15. Seitlich verschiebbarer 2 t-Bockkran.

Sonderkonstruktionen geschaffen, um den Bockkran nach zwei Richtungen fahrbar zu machen.

Der in Abb 15 dargestellte Kran besitzt zwei Laufrollen für den normalen Fahrbetrieb und eine dritte Rolle mit Laufrichtung senkrecht zur normalen Kranfahrrichtung. Wenn der Bockkran von einem Krangleise zu einem anderen traversieren soll, werden die Laufrollen auf ihre Schiene gesenkt und der Kran mittels Handkurbel, Spindeltriebs und Winkelhebels so weit gehoben, daß die Laufrollen des gewöhnlichen Fahrwerks die Schienen nicht mehr berühren. Der Antrieb der Laufrollen der Traversierbewegung geschieht nach Betätigung einer Umrückkupplung durch den Kranfahrmotor. Aus Abb. 16 ist die

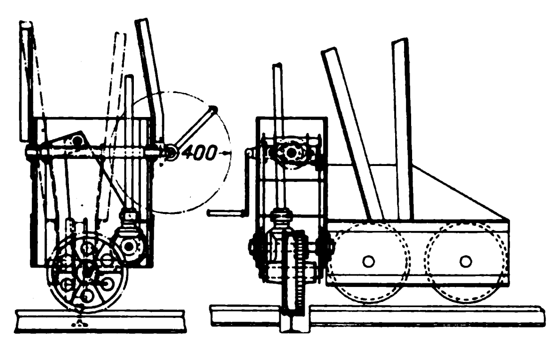


Abb. 16. Stellung des Krans beim Traversieren.

Stellung des Kranes beim Traversieren ersichtlich. Man erkennt, daß der Kran mit der Traversierlaufrolle auf der etwas tiefer liegenden Querschiene ruht, während die beiden anderen Rollen so weit angehoben sind, daß sie beim Traversieren mit den Krangleisen nicht in Berührung kommen. (Bull. Oerlikon 1929, S. 398.) *Ka.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Die physikalischen Rechnungen und ihre Einheiten. — F. Bayle hat in der Französischen Elektrotechnischen Gesellschaft Gedanken über den Sinn der physikalischen Gleichungen vorgebracht. Anknüpfend an eine Äußerung Bergsons betont er, daß bei den physikalischen Größen die Erfassung ihrer „inneren konkreten und qualitativen Wirklichkeit" das Primäre sei und erst die Voraussetzung für ihre quantitative Messung bilde. Er ordnet deshalb den Größen nicht nur Zahlen, sondern symbolische Produkte aus Zahlenwerten und Einheiten zu. Seinen Ausführungen fehlt jedoch insofern die Folgerichtigkeit, als er, um mit der überkommenen Auffassung in Übereinstimmung zu bleiben, als Objekte der „physikalischen" Rechnung (im Gegensatz zu der „metaphysischen" oder „abstrakten") die Verhältnisse $x\,[X]/1\,[X]$ ansieht, wo unter x der Zahlenwert, unter $[X]$ die Einheit zu verstehen ist. In der Aussprache macht Darrieus auf diese Schwäche der Ausführungen Bayles aufmerksam. Er hält die herrschende Auffassung, als ob die physikalischen Gleichungen Beziehungen lediglich zwischen Zahlen seien, für zu eng; dem Begriff der Dimension wohne ein viel weiterer, reicherer und tieferer Sinn inne. Die physikalischen Gleichungen bezögen sich „wirklich auf die konkreten Dinge selbst" und nicht auf die Maßzahlen, die etwas Subjektives seien, das durch den Beobachter und die willkürliche Wahl der Einheiten hineingebracht werde. Die Symbolik der „Größengleichungen" (wie wir in Deutschland sagen würden) sei ebenso berechtigt wie die Symbolik der imaginären, der Operator-, Vektor- und Matrizenrechnung. (F. Bayle u. Darrieus, Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 8, S. 1147.) *J. W.*

Eine Löschfunkenstrecke mit rasch rotierenden Elektroden. — Zur Bestimmung des kritischen Punktes von Quecksilber mit Hilfe von Hochfrequenzerhitzung hat K. F. Schotzky eine Löschfunkenstrecke von besonders guter Löschwirkung und für hohe Leistung gebaut. Die Funkenstrecke besteht aus 12 Elektrodenscheiben, die gegeneinander rasch rotieren und 8 hintereinander geschaltete Entladungstrecken bilden von je etwa 0,15 mm Länge im günstigsten Falle. Von den rotierenden Scheiben sind 8 mit horizontaler Achse gelagert, 4 mit vertikaler Achse; letztere 4 Elektroden werden doppelt beansprucht (Funken auf jeder Seite). 8 Elektroden bestehen aus Aluminium, 4 aus Kohle, in einer Anordnung, daß auf eine symmetrische Funkenstrecke eine unsymmetrische folgt. Die Scheiben (100 mm Dmr.) werden von 9 Kleinmotoren angetrieben. Über die ganze Apparatur wird ein luftdicht abschließender, mit Schauglas versehener Kasten gestülpt, der während des Betriebes von Leuchtgas durchströmt wird. Die Energie für den Schwingungskreis wurde von zwei in Reihe geschalteten Gleichstrommaschinen von je 2500 V, maximal 1 A, geliefert. Über die mit der Funkenstrecke erhaltenen Schwingungen werden Kurven und Diagramme mitgeteilt. Der Elektrodenverschleiß war beträchtlich und betrug für die horizontalen Aluminiumscheiben bei einer Belastung von 600 ... 800 W in 10 h etwa 0,6 mm des Durchmessers. Die Temperatur des Aluminiums dürfte 200 ... 300 ° betragen haben. Die Rücksicht auf Regelmäßigkeit der erzeugten Schwingungen verbot, die Energie der Gesamtentladungstrecke über 1 kW zu steigern. Die Frequenzen lagen bei 10^5 ... 10^6 Hz. Der Wirkungsgrad, also das Verhältnis der dem Primärkreis entziehbaren Schwingungsenergie zur aufgewandten Gleichstromenergie, betrug 20 ... 25 %. Alles in allem zeigte sich, daß die Schwierigkeit der Einhaltung der Elektrodenabstände die konstante Erzeugung einer reinen Schwingung II. Art nicht gestattete. Der Verfasser bringt dann Rechnungen über die Erhitzung des in eine Quarzkapillare eingeschlossenen Quecksilbers durch Hochfrequenz und berichtet über seine Versuche, die jedoch infolge der noch zu geringen verfügbaren Hochfrequenzenergie eine Bestimmung des kritischen Punktes nicht ermöglichten. (K. F. Schotzky, Dr.-Dissertation der Univers. Freiburg i. Br. 1928.) *nkl*

Verschiedenes.

Feuerschutz- und Sicherheitsdienst industrieller Unternehmen. — Die Auskunfts- und Zentralstelle für Leiter und Dezernenten des Feuerschutz- und Sicherheitsdienstes industrieller Unternehmen (A.- u. Z.-Stelle), Berlin-Siemensstadt, hält am 16. und 17. IX. in Lübeck ihre diesjährige Mitgliederversammlung ab. In Referaten und kurzen Vorträgen werden u. a. folgende Themata behandelt: Feuerschutz in Betrieben, die mit leicht brennbaren und organischen Lösemitteln arbeiten, feuer- und säurebeständige Installation, Sicherungselemente oder Automaten, die neuen am 1. I. 1930 in Kraft tretenden Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen. Sicherheitsmaßnahmen gegen Schiffsbrände, die rein elektrische Rauchentdeckeranlage und CO_2-Feuerlöschanlage auf dem Schnelldampfer „Bremen", Werkspionage und Diebstahlschutz. Nähere Auskunft erteilt Branddirektor Lucke, Berlin-Siemensstadt, Nonnendammallee 84. *y*

Energiewirtschaft.

Die Kraftquellen der Welt. — Die Weltkraftkonferenz, 1924 von England ins Leben gerufen, hat auf ihren Tagungen der letzten Jahre ein umfangreiches Material über die Energievorräte der Welt und deren Ausnutzung gebracht. Hugh Quigley, uns Deutschen schon wohlbekannt, unternahm es nun im Auftrage ihres Internationalen Hauptausschusses, dieses Material zu sichten, zu ordnen und mit den von anderen Seiten aufgestellten Statistiken zu vergleichen, zu ergänzen und als handliches Buch unter dem Titel „Power Resources of the World (Potential and Developed)" zu veröffentlichen[1].

Dieses Buch, dessen Vorwort D. N. Dunlop, der Schöpfer der Weltkraftkonferenz, schrieb, behandelt zum erstenmal die gesamten Energievorräte der Welt von hohen Gesichtspunkten aus. Das Verdienst ist groß, eine derartige vergleichende Grundlage geschaffen zu haben, auf der man weiterbauen kann. In dem trefflich gestalteten Stoff wird man jedoch auch zugleich der Lücken gewahr, die unsere energiestatistischen Kenntnisse heute noch aufweisen.

Nach einer Einleitung, die die bei der Abfassung des Buches zu überwindenden Schwierigkeiten darlegt, wird in großen Zügen ein Überblick gegeben, der insbesondere die Schätzungen von Arrhenius (über Sonnenstrahlung, Erdwärme, Gezeiten usw.) sowie die der Weltkraftkonferenz von 1924 u. a. umfaßt. Die folgenden Abschnitte befassen sich dann mit den einzelnen Energieträgern, den festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen, den Wasserkräften und der Elektrizität.

Der Darstellung der Brennstoffe sind größtenteils die Ergebnisse des Internationalen Geologenkongresses von Toronto zugrunde gelegt, unter Berücksichtigung der durch den Krieg verursachten territorialen Veränderungen, über die der Ersten Weltkraftkonferenz 1924 ein zusammenhängender Bericht vorgelegt war. Danach verfügt Amerika über fast 70 % der Weltvorräte an Kohle.

[1] In Deutschland zu beziehen durch die VDI-Buchhandlung Berlin NW 7. Preis 22 RM.



Weiterhin werden für eine Reihe von Ländern die Ziffern der Naturgasgewinnung aus den letzten Jahren gegeben. Nicht nur hier, sondern auch bei den dann folgenden Erdölvorräten und der Erdölförderung nehmen die Vereinigten Staaten den ersten Platz ein.

Hinsichtlich der Wasserkräfte hatten zur 1. Weltkraftkonferenz zahlreiche Länder Aufstellungen über ihre Vorräte eingereicht, so daß ein zusammenfassender Bericht darüber Anfang 1925 erstattet werden konnte. Neben anderem interessieren aber besonders die aufschlußreichen Jahresstatistiken des U. S. Geological Survey, welche die überhaupt vorhandenen und die ausgenutzten Wasserkräfte nachweisen und in ein Verhältnis zur gleichfalls angegebenen Bevölkerung und zur Fläche der einzelnen Länder und Erdteile bringen.

Nur wenige Jahre zurückgreifend, dafür aber sehr eingehend sind die Zahlen über die Elektrizitätserzeugung. Die jüngste Zusammenstellung ergibt dabei folgendes Bild:

Land	Jahr	Installierte Maschinenleistung in kW			Stromerzeugung Mill kWh
		Wasserkraft	Dampfkraft	Gesamt	
V. S. Amerika	1927	6 970 000	19 580 000	26 550 000	80 205
Deutschland	1927	740 000	4 960 000	5 700 000	12 444
Kanada	1926	2 700 000	120 000	2 820 000	12 093
Frankreich	1926	1 719 000	4 624 000	6 343 000	11 347
England	1927	21 000	4 096 000	5 117 000	8 750
Italien	1927	2 540 000	600 000	3 140 000	8 100
Japan²)	1927	1 960 000	1 240 000	3 200 000	8 000
Norwegen²)	1927	1 579 086	—	1 579 086	8 000
Rußland²)	1927	250 000	1 440 000	1 690 000	4 112
Schweden²)	1927	1 100 000	295 000	1 395 000	4 350
Schweiz ²)	1927	1 820 000	—	1 820 000	3 350
Belgien²)	1926	—	1 390 000	1 390 000	3 160
Österreich²)	1926	450 000	550 000	1 000 000	2 500
Polen	1926	—	—	1 000 000	1 900
Mexiko	1926	340 000	75 800	415 800	1 400
Tschechoslowakei	1926	114 000	666 000	780 000	1 300
Holland	1927	—	665 380	665 380	1 200
Neuseeland	1927	103 288	35 627	138 915	540
Rumänien³)	1927	—	—	230 000	500
Niederl. Indien	1927	61 000	129 000	190 000	500
Dänemark²)	1926/27	—	229 000	229 000	422
Finnland	1926	175 000	—	175 000	360
Tasmanien	1925	66 000	—	66 000	350
Bulgarien	1927	—	—	—	38

[2] Private und öffentliche Stromerzeugung.
[3] 105 000 kW öffentliche Versorgung, 80 000 kW Großindustrie, 45 000 kW andere Quellen.

Das Buch bringt auch in diesem Teil wieder sehr interessante Zahlen, die für eine Reihe von Ländern und eine Reihe von Jahren sogar die Erzeugungsziffern der einzelnen Monate zeigen.

In einer Schlußübersicht werden die einzelen Energieträger zusammenfassend von verschiedenen Seiten beleuchtet. Eine der dort gebrachten Zahlentafeln unternimmt es, die Energieerzeugung von 1927 restlos zu erfassen und auf einheitliche Bewertungsmaßstäbe zu bringen. Wir lassen hier eine solche Weltzusammenfassung folgen, wobei die gesamte Gewinnung in Millionen Kilowattstunden umgerechnet ist:

Kraftquelle	Europa	Amerika	Asien	Australien	Afrika	Welt
Steinkohle	615 500	557 200	74 400	17 200	12 100	1 276 400
Braunkohle	33 600	1 000	—	—	—	34 600
Öl	24 800	222 000	14 600	—	—	260 000
Wasserkraft	35 000	42 000	6 500	900	400	84 800
Gesamt	708 900	822 200	95 500	18 100	12 500	1 655 800

Den Schluß des Werkes bildet eine wertvolle, 72 Seiten lange Bibliographie, in welcher nicht nur die im Handel befindliche Literatur sondern auch eine ganze Anzahl von Berichten, Jahrbüchern usw. verzeichnet ist, die meist von besonderen Körperschaften aufgestellt und daher in der Öffentlichkeit nur wenig bekannt sind.

Äußerst erschwerend für die Vergleichsarbeit war es und ist es, daß in verschiedenen Ländern auch verschiedene Maßstäbe und Begriffsbestimmungen für die Bewertung der einzelnen Energieträger gelten. Hier ist die Weltkraftkonferenz eifrig bemüht, Wandel zu schaffen und international vergleichbare Bestimmungen festzulegen. Außerdem hat sie eine große, auf längere Sicht angelegte Erhebung über die gesamten Energievorräte der Welt vor kurzem begonnen. Schon die 2. Weltkraftkonferenz, die 1930 in Berlin stattfindet, wird es ermöglichen, nähere Angaben über die Fortschritte dieser ausführlichen Weltenergiestatistik zu machen. Einstweilen bringt das hier kurz besprochene Buch in bester Weise all das Material, welches der projektierende Ingenieur, der investierende Kaufmann, der Statistiker, der Volkswirt für die weitere energiewirtschaftliche Erschließung der Welt und die Lösung der damit zusammenhängenden Fragen unbedingt gebraucht.

Dr. Gerhard Dehne.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV
Elektrotechnischer Verein.
(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Nachtrag zum Sitzungsbericht[1] vom 18. Dezember 1928.

Besprechung des Vortrags[2]

des Herrn Dr. Kesselring:

„Das Schalten großer Leistungen".

Vorsitz: Herr Präsident Professor Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner.

Herr **Biermanns:** Der Vortrag des Herrn Dr. KESSELRING war so interessant und lehrreich, daß es vermessen erscheinen könnte, ihm noch etwas hinzufügen zu wollen. Ich will mich daher — insbesondere auch wegen der schon vorgerückten Zeit — nur auf einige praktische Fragen beschränken und werde nur etwas über den Löschkammerschalter sagen.

Die Diskussion über diesen Schalter ist in der letzten Zeit wieder aufgelebt. Die eine Seite verteidigt ihn und sieht in ihm die einzig richtige Konstruktion, während die andere Seite ihm jede Eignung zur Beherrschung großer Abschaltleistungen abspricht. Hier steht Meinung gegen Meinung, und es muß für den Außenstehenden derzeit unmöglich sein, sich ein klares Bild über die tatsächlichen Eigenschaften des Löschkammerschalters zu machen. Hier hat Ihnen nun der Vortrag des Herrn Dr. KESSELRING mit aller Deutlichkeit gezeigt, inwiefern es überhaupt möglich war, daß in unserem aufgeklärten Zeitalter so Meinung gegen Meinung stehen konnte. Die den Löschkammerschalter verteidigende Partei hatte die Löschkammer eben richtig dimensioniert und so von ihrem Vorteil in vollstem Maße Gebrauch machen können, während die Gegenpartei nicht im Besitze des Konstruktionsgeheimnisses der Löschkammer war. Wenn z. B. Herr Dr. KOPELIOWITSCH[3] darüber berichtet, daß ein in seinem Versuchsfeld geprüfter 300 000 kVA-Löschkammerschalter bereits bei einer Leistung von 20 000 kVA völlig versagte, und dieses Versagen auch noch drastisch durch eine beigefügte Photographie[4] der völlig zerstörten Löschkammer belegt, so kann man nur sagen, daß es schon ein recht miserabler Vertreter seiner Gattung gewesen sein muß, der ihm da in die Hände gefallen war. Das gleiche gilt für die Mitteilungen des gleichen Verfassers über das völlige Versagen von Tulpenkontakten, wie sie bei Löschkammerschaltern nun einmal verwendet werden. Die Kontakte schweißten bei seinen Versuchen bereits bei einer Stromstärke von 22 000 A hoffnungslos zusammen, wie eine ebenfalls beigelegte Photographie[5] zeigt. Der eine noch teilweise unversehrte Kontakt läßt auf diesem Bild jedoch auf den ersten Blick erkennen, worin der Konstruktionsfehler bestanden hat.

Ich möchte Ihnen nachstehend an einem Beispiel vorführen, was ein richtig gebauter Löschkammerschalter zu leisten vermag. Abb. 1 zeigt Ihnen eine Außenansicht eines Elementes eines Dreikesselölschalters für eine Nennausschaltleistung von 1,5 Mill kVA bei einer Betriebsspannung von 30 kV. Das Bild läßt bereits den robusten Aufbau des Schalters erraten, man erkennt die runde

[1] ETZ 1929, S. 136.
[2] ETZ 1929, S. 1005.
[3] Bull. SEV Bd. 19, S. 541.
[4] Abb. 29, S. 567 des Bull. SEV Bd. 19.
[5] Abb. 37, S. 575 des Bull. SEV Bd. 19.



Form des Kastens, die halbkugelförmige Gestalt des Deckels, die übrigens auch für den Boden gewählt wurde, und den großen Luftraum über dem Ölspiegel. Die in der ETZ 1929, S. 1073 veröffentlichte Abbildung des geöffneten Schalters läßt erkennen, daß der Schalter zwei Unterbrechungsstellen pro Phase besitzt. Man erkennt ferner die Anwendung nur senkrechter Isolation, die gut isolierende Umkleidung der Löschkammer und die kräftige Ausführung der Kontakte. Die isolationsumkleidete Löschkammer soll ebenso wie die isolierende Auskleidung des Kastens verhindern, daß durch Gasblasen Überschläge im Innern des Schalters eingeleitet werden können.

Der Schalter wurde in der neuen Kurzschluß-Versuchsanlage der AEG einer schweren Prüfung unterzogen. Wie er diese Prüfung bestanden hat, möge Ihnen Abb. 2 zeigen, die das Schalterinnere nach Durchführung einer Versuchsreihe zeigt, bei der der Schalterpol Abschaltleistungen bis zu 800 000 kVA zu bewältigen hatte. Der größeren Deutlichkeit halber war bei Aufnahme des Bildes eine Löschkammer abgenommen worden. Das Bild läßt erkennen, daß der Schalter die angegebene Leistung, die, auf das dreipolige Aggregat umgerechnet, 1,6 Mill. kVA beträgt, überstanden hat, ohne den geringsten Schaden zu erleiden. Der Abbrand der Kontakte ist außerordentlich gering, obwohl mit den gleichen Kontakten etwa 12 Kurzschlüsse hintereinander abgeschaltet wurden. Der geringe Abbrand der Kontakte zeigt sich auch daran, daß der Übergangswiderstand an den Kontakten in der Einschaltstellung gegenüber dem ursprünglichen Wert um 40 % gestiegen war. Der Schalter war also noch voll betriebsfähig. Daß der Schalter bei der angewendeten Leistung noch lange nicht an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit war, beweist einmal die kurze Lichtbogendauer von 2 ... 3 Halbperioden, dann der verhältnismäßig niedrige im Schalter aufgetretene Überdruck, der im Höchstfalle nur 5,8 at erreicht, während der Schalter für einen Überdruck von über 20 at gebaut ist.

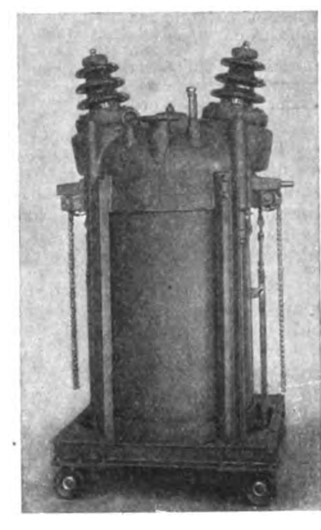


Abb. 1. Element eines Hochleistungsschalters für 1,5 Mill kVA bei 30 kV.

Bei Einschaltversuchen haben dieselben Kontakte noch 100 000 A geschaltet, ohne daß sich die geringsten verdächtigen Nebenerscheinungen gezeigt hätten. Man sieht somit, daß ein Tulpenkontakt sehr große Einschaltströme beherrscht, wenn er nur richtig konstruiert wird.

Von anderer gegnerischer Seite, die der Löschkammer ihren Ruhm der Beherrschung großer Abschaltleistung nicht streitig machen wollte, wurde ihr im Gegenteil der Vorwurf gemacht, daß sie gerade bei sehr kleinen Schaltleistungen versagt, indem dann der Lichtbogen stehenbleibt und so keine Abschaltung des Stromkreises eintritt. An dieser Behauptung ist nur insofern etwas Wahres, als die Lichtbogendauer der Löschkammerschalter bei kleinen Schaltleistungen tatsächlich in die Höhe geht, u. zw. erreicht die Lichtbogendauer im extremen Falle, also bei den allerkleinsten Leistungen — den Wert, den ein ähnlicher Schalter, jedoch ohne Löschkammer, aufzuweisen hätte. Diese Anlage ist also so, daß bei sehr kleinen Leistungen sich der Löschkammerschalter bezüglich der Lichtbogendauer genau so wie ein löschkammerloser Schalter verhält, nur daß bei zunehmender Schaltleistung beim Löschkammerschalter die Lichtbogendauer stetig abnimmt, während sie beim löschkammerlosen Schalter anwächst. Die Tatsache, daß der Löschkammerschalter sich der abzuschaltenden Leistung selbsttätig anpaßt und seine Löschwirkung um so mehr verstärkt, je größer die zu bewältigende Stromstärke ist, wurde aber von uns stets als einer der Hauptvorzüge des Löschkammerschalters hingestellt. (Lebhafter Beifall.)

Herr **Kopeliowitsch:** Herr Dr. KESSELRING hat uns sehr anschaulich die Eigenschaften der entladungsbehafteten Kreise gezeigt und betont, daß im Vergleich mit den entladungsfreien Kreisen die Vorgänge bei Lichtbogenbildung ganz erheblich komplizierter sind. Rechnerisch kann da tatsächlich nicht viel erfaßt werden, und man ist gezwungen, experimentell vorzugehen, wozu umfangreiche Untersuchungen unter verschiedensten Versuchsbedingungen notwendig sind. Bei Benutzung der auf diesem Wege gewonnenen Kennlinien, welche die Energie im Lichtbogen sowie die entwickelte Gasmenge zu berechnen erlauben, ist es möglich, die Beanspruchung von Schaltern mit offener Unterbrechung vorauszubestimmen. Die Bestimmung dieser Kennlinien ist mit großen Schwierigkeiten verbunden, am größten sind jedoch die Schwierigkeiten bei Schaltern mit Löschkammern, da bei dieser Unterbrechungsart die Vorgänge viel komplizierter und unübersichtlicher als bei Schaltern mit offener Unterbrechung sind. In meinem letzten Aufsatz[6] weise ich hauptsächlich auf diesen Umstand hin. Unter bestimmten Verhältnissen kann durch die Wirkung der Löschkammer die Lichtbogendauer bedeutend abnehmen, der Druck in der Kammer aber erreicht trotzdem mit zunehmender Leistung sehr hohe Werte. Eine rechnerische Ermittlung der Kammerbeanspruchung führt zu unlösbaren Gleichungen, und ich glaube, daß man zur Zeit die höchstmöglichen Druckwerte nicht angeben kann. Man ist da auf Schätzungen angewiesen. Als ich vor etwa 2 Jahren Herrn Dr. KESSELRING nach seinem Vortrag über Ölschalter die Frage stellte, wie hoch der Druck in der Kammer ansteigen kann, lautete die Antwort: auf 20 ... 25 at. Von einer anderen Seite wurden kürzlich Zahlen von 50 at genannt, nach der Meinung eines ausländischen Konstrukteurs von Schaltern mit Löschkammern soll man jedoch mit bedeutend höheren Werten rechnen und die Kammern für etwa 1000 at Druckfestigkeit vorsehen. Wie man sieht, bestehen über die Höhe des Druckes in der Löschkammer grundsätzliche Meinungsunterschiede. Die nach meinen Anweisungen neuerdings durchgeführten Versuche mit einer Löschkammer aus Spezialstahl haben gezeigt, daß bereits bei verhältnismäßig kleinen Leistungen von nur 15 000 kVA pro Kammer Druckwerte bis 250 at auftreten können. Wird nun die Festigkeit der Kammer überschritten, so muß ihre Zerstörung folgen, die meistens von der des Schalters begleitet wird. Die Erfahrung lehrt tatsächlich, daß solche Überraschungen möglich sind. Damit man sich auf eine gegebene Kammerkonstruktion verlassen kann, ist es notwendig, sie durch direkte Versuche bei voller Leistung und Betriebspannung durchzuprüfen. Es ist damit aber nicht gesagt, daß ich das Prinzip der Löschkammer verdamme, wie Herr Dr. KESSELRING es bemerkte. Die Kunst eines Technikers besteht eben darin, die Maschinen und Apparate so zu bauen, daß man stets voraussehen kann, was im Apparat vor sich geht und was erreicht werden kann. Die Berechnung der Schalter mit offener Unterbrechung kann an Hand des in systematischen Versuchen gesammelten Materials durchgeführt werden. Zahlreiche Versuche mit großen Leistungen haben ergeben, daß der unter Zugrundelegung der ungünstigsten Werte der Laboratoriumsversuche vorausberechnete Druck kein einziges Mal erreicht wurde. Die angewandte Berechnungsmethode konnte somit einer Kontrolle unterzogen werden, und da anderseits mit offener Unterbrechung gleiche Abschaltleistungen wie bei der Verwendung von Druckkammern erreicht werden, so ist es meines Erachtens zweckmäßiger, die erstgenannte, konstruktiv bedeutend einfachere Unterbrechungsart anzuwenden.

Abb. 2. Schalter nach einer Versuchsreihe mit Abschaltleistungen bis zu 800 000 kVA.

Die Bemerkung von Herrn BIERMANNS betr. die Versuche an einem Hochleistungschalter mit Löschkammer, welche in meinem Aufsatz beschrieben sind, möchte ich dahin berichtigen, daß der Schalter bei 135 000 kVA zerstört wurde und daß bei der Prüfung einer Kammer allein im Glasschalter ein Defekt bei 20 000 kVA und 8 kV aufgetreten ist. Daß die Konstruktion des untersuchten Schalters mangelhaft war, haben gerade die beschriebenen Versuche gezeigt. Der Konstrukteur des betr.

[6] ETZ 1928, S. 676.



Schalters war jedoch sicher ganz anderer Meinung. Ich möchte noch erwähnen, daß der höchste Druck im Schalterkübel nicht nur vom Druck in der Kammer abhängig ist, sondern daß viele andere Faktoren, wie die Größe der Kammeröffnung, allgemeine Anordnung des Ölkübels, Ölhöhe usw., dabei mitspielen. In einem Schalter mit einem Luftkissen oberhalb des Ölspiegels wird der Druck im Kübel sicher am kleinsten ausfallen, was wahrscheinlich bei den von Herrn BIERMANNS untersuchten Schaltern der Fall war. Bei Anordnung z. B. mit Lufttaschen außerhalb des Ölkübels kann das Ergebnis anders sein.

Es sei mir zum Schluß noch die Bemerkung erlaubt, daß ich das Wort nur deshalb ergriff, weil mein Name im Laufe des Abends genannt wurde. Meine Ausführungen sowie der erwähnte Aufsatz bezwecken nicht, eine Polemik zu unterhalten, mich interessiert nur die Aufklärung der technischen Seite der Frage. (Beifall.)

Herr **Rühle:** Es wird Sie vielleicht interessieren, daß es vor 24 Jahren einen Schalter gab, der gewissen heutigen Gesichtspunkten entsprach. Es war der Schalter, der bei den Berliner Elektrizitätswerken von 1906 an verwendet wurde. Jede Unterbrechungstelle besaß eine Ölpumpe; das Öl wurde mit Gewalt durch den Lichtbogen hindurchgepreßt. Ich entsinne mich, daß wir mit diesem Schalter kleinsten Modells — der heutigen Serie I entsprechend — Abschaltleistungen bis über 80 000 kVA bewältigt haben. Das war für die damalige Zeit eine ganz gewaltige Leistung. (Beifall.)

Herr **Matthias:** Ich habe zwei Fragen zu stellen: Herr Dr. KESSELRING, den ich zu den schönen Erfolgen, die er auf diesem Gebiet erreicht hat, beglückwünschen möchte, hatte bei seinem Vortrag anläßlich der VDE-Tagung in Berlin eine sehr interessante Erscheinung mitgeteilt, auf die er heute nicht zurückgekommen ist. Er hatte nämlich bei seinen damaligen Versuchen festgestellt, daß ein bestimmter Schalter — sagen wir z. B. ein Schalter der Reihe 10 — mit zunehmender Leistung sich nicht allmählich immer schlechter verhält, sondern daß in einem Gebiet relativ kleiner Leistung der Schalter schlecht ist, sich dann mit zunehmender Leistung jedoch wieder günstiger verhält. Dieses Ergebnis war damals noch ziemlich neu, und es könnte sein, daß dabei Täuschungen vorgelegen haben, die inzwischen aufgeklärt wurden. Es wäre von Interesse, über die weiteren Erfahrungen Näheres zu hören.

Die zweite Frage betrifft die Spannungen, die auf den Diagrammen aufgetragen sind. Wir waren uns im Zweifel darüber, wie diese Angaben zu verstehen sind. Zunächst hatte man den Eindruck, daß die Lichtbogenspannung als Momentanwert aufzufassen sei, nachher sind aber einige Kurven aufgetaucht, bei denen es sich um Effektiv- oder Mittelwerte handeln könnte. In diesem Zusammenhang möchte ich noch auf folgendes hinweisen: Wir haben vor einiger Zeit mit einem Modellschalter, der alle möglichen Variationen zuließ, Versuche durchgeführt. Die Versuche wurden mit Leistungen von etwa 4000 kVA vorgenommen. Bei dieser Leistung haben wir eine Unzahl von Oszillogrammen aufgenommen, wobei die Versuchsbedingungen, insbesondere Abschaltgeschwindigkeit, Hubhöhe usw., variiert wurden. Ich habe aus verschiedenen Oszillogrammen systematisch die zusammengehörigen *I*- und *U*-Punkte der Lichtbogencharakteristik herausgreifen lassen, um zu sehen, ob diese Punkte auf einer Kurve liegen. Ich hatte dies nicht erwartet, denn wir haben mit diesem Versuch beweisen wollen, daß der Verlauf der Lichtbogencharakteristik noch durch alle möglichen anderen Erscheinungen beeinflußt wird. Die auf diese Weise gewonnene Darstellung der Abhängigkeit der Lichtbogenspannung vom Lichtbogenstrom ergab ebenfalls beim Abschalten unter Öl eine steigende Charakteristik [7]. Die Erscheinung wurde noch nicht weiter untersucht; es besteht die Möglichkeit, daß der steigende Gasdruck die Lichtbogenspannung erhöht hat. Für mich war es daher sehr interessant zu erfahren, daß auch in Luft steigende Kurven gemessen wurden. Vielleicht können Sie uns die Gründe für diese Erscheinung angeben. (Beifall.)

Vortragender: Ich werde die verschiedenen Einwände, soweit es sich um solche handelt, der Reihe nach kurz durchsprechen. Zu den Ausführungen des Herrn BIERMANNS habe ich nichts hinzuzufügen. Auf die Worte von Herrn KOPELIOWITSCH möchte ich folgendes antworten: 1000 at können in einer Löschkammer vielleicht auftreten. Es handelt sich dann aber um eine Löschkammer, die absolut falsch dimensioniert ist. Wird die Bodenöffnung genau so groß gemacht wie der Außendurchmesser des Schaltstiftes und drückt man diesem System eine genügend große Energie auf, so entwickelt sich eine große Menge Gas. Der Druck wächst mehr und mehr an; schließlich muß etwas entzweigehen, und das ist in diesem Fall die Löschkammer. Es ist aber doch der Sinn der ganzen Untersuchungen, gerade diese Erscheinung durch zweckmäßige Bemessung zu vermeiden. Wenn ich vor zwei Jahren gesagt habe, daß 25 ... 30 at der höchste Druck sei, den wir in einer Löschkammer gemessen haben, dann hat es sich dabei um richtig dimensionierte Löschkammern gehandelt. In der Zwischenzeit haben wir festgestellt, daß bei großen Leistungen (größer als 300 MVA) Drücke bis zu 50 und 60 at ausnahmsweise auftreten können. Höhere Werte haben wir bei richtiger Dimensionierung niemals feststellen können.

Es ist richtig, daß sich die Löschkammern vorläufig nicht vorausberechnen lassen. Wäre dies jedoch möglich, so glaube ich doch nicht, daß unsere Abnehmer sich damit zufrieden geben würden, wenn ich ihnen sagte: „Ich habe die Kammer berechnet, Sie können sich darauf verlassen, sie ist gut." Ganz gewiß würde man mir darauf antworten: „Es ist schon viel berechnet worden, aber wir möchten das mit eigenen Augen sehen;" dann muß eben der Versuch doch durchgeführt werden. Es ist anderseits zutreffend, daß man einen Schalter ohne Löschkammern in gewissem Umfange vorausberechnen kann. Dies ist aber nur deshalb möglich, weil die Zahl der Versuche mit normalen Schaltern im Vergleich zu den Versuchen mit Löschkammerschaltern viel größer ist und man daher eine wesentlich bessere Grundlage für die Berechnung hat. Derartige Überlegungen sind aber keine Vorausberechnungen im eigentlichen Sinne, sondern ein Extrapolieren gemessener Abhängigkeiten in begrenztem Umfange. Man geht jedoch nicht so vor, wie ich es auch gern tun möchte und wie es der Mathematiker und Physiker tut: Gegeben sind zwei Elektroden in einem Stromkreis, die sich mit bestimmter Geschwindigkeit in einem genau definierten Medium voneinander entfernen. Gesucht ist der zeitliche Verlauf aller interessierenden Größen. Bis wir derartige Rechnungen durchführen können, wird noch eine lange Zeit vergehen.

Es hat mich interessiert, von Herrn Dr. RÜHLE zu hören, daß Schalter mit Ölströmung, auf die Herr Prof. MATTHIAS anläßlich eines Vortrages ebenfalls hingewiesen hat, schon vor mehr als 20 Jahren verwendet wurden und recht gute Resultate ergaben. Man darf sich aber von dieser Art der Lichtbogenlöschung nicht allzu viel versprechen, denn nach unseren Untersuchungen gelingt es nicht, die für eine unbedingt sichere Löschung erforderliche Ölströmungsgeschwindigkeit zu erreichen.

Ich komme nun zu den Fragen von Herrn Prof. MATTHIAS. Die von mir anläßlich der VDE-Tagung in Berlin vorgetragene Abhängigkeit von Lichtbogenzeit, Abschaltarbeit und Druck von der Schaltleistung hat sich auch weiterhin bestätigt. Ich bin jedoch heute nicht darauf zurückgekommen, da ich nur neue Gesichtspunkte vortragen wollte. Wir haben aber keine Veranlassung, unseren damaligen Standpunkt irgendwie zu ändern. Das Minimum der Lichtbogenzeit ist besonders stark ausgeprägt — worauf auch Herr BIERMANNS hingewiesen hat — bei Löschkammerschaltern. Im Prinzip läßt sich aber der Effekt, mehr oder weniger stark ausgeprägt, bei jedem Schalter nachweisen. In der Zwischenzeit haben wir auch eine eindeutige Erklärung dafür gefunden. Es handelt sich um eine Auswirkung des magnetischen Feldes innerhalb des Schalters.

Die angegebenen Lichtbogenspannungswerte sind wie folgt zu verstehen: Die Lichtbogenspannung hat bekanntlich ungefähr rechteckigen Verlauf. Dies hat zur Folge, daß Momentan-, Mittel- und Effektivwert der Spannung praktisch zusammenfallen. Mit U bzw. U_B wurde die mittlere Höhe des Rechteckes, welches die Lichtbogenspannung beschreibt, bezeichnet; sie wird den Oszillogrammen in Millimeter entnommen und dann auf Grund der Eichung auf Volt bzw. Kilovolt umgerechnet. Die Werte der Lichtbogenspannung wurden nicht etwa Versuchen an Schaltern entnommen, bei denen die Lichtbogenlänge sich doch nur sehr ungenau angeben läßt, sondern durch Messung an einem System nach Art einer liegenden Funkenstrecke festgestellt, wobei wohl definierte Verhältnisse vorlagen. Wir haben die Untersuchungen bis zu Stromstärken von 50 000 A ausgedehnt. Ich habe diese Meßwerte jedoch nicht angeführt, da bei diesen großen Stromstärken Elektrodenabbrand und Deformation so groß waren, daß die Ergebnisse unsicher wurden. Der angeführte Mittelwert der Lichtbogenspannung erklärt sich nun folgendermaßen: Bei der geschilderten Anordnung ist die Lichtbogenlänge annähernd

[7] Siehe Sonderheft der Hauptversammlung Wien der VdEW, S. 54.

konstant. Es besteht daher die Möglichkeit, den Wert der Lichtbogenspannung unter Berücksichtigung der jeweiligen Polarität dem Oszillogramm für verschiedene Halbwellen zu entnehmen. Der Mittelwert aus diesen verschiedenen Ablesungen wurde mit $\bar{U}$ bezeichnet.

Die steigende Lichtbogencharakteristik haben wir zunächst nur in Luft festgestellt. Eine eindeutige Erklärung kann ich leider heute noch nicht angeben. Die Erscheinung hängt vermutlich stark von der Masse und Kühlung der Elektroden ab. Bei dünnen Elektroden wird das Minimum bei kleinerer Stromstärke erreicht als bei starken Elektroden. In Flüssigkeiten ist der Druck und damit die Temperatur an der Kathode höher, was eine stärkere Emission von Elektronen zur Folge hat. Die erforderliche Stromstärke tritt also bei kleinerer Ausdehnung des Kathodenflecks auf. Es ist möglich, daß der verschiedenartige Verlauf der Charakteristik mit dieser Erscheinung in Zusammenhang steht.

Ich bin damit am Ende meiner Ausführungen und danke Ihnen. (Lebhafter Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär.
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Essen. 11. IX. 1929, abds. 7h, Vereinsversammlung in Duisburg, Börsenhaussaal: Vortrag des Sachsenwerks „Neuartige elektrische Antriebe und Einrichtungen für Bergwerke".

Elektrotechn. Gesellschaft Halle a. S. 11. IX. 1929, abds. 8¼h, Saal des Bierhauses Engelhardt, Bernburger Straße: Vortrag Dr. K. Ripper, „Herstellung und Anwendung moderner künstlicher Isolierpreßstoffe".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Der Verband Deutscher Elektrotechniker verlieh anläßlich seiner 34. Jahresversammlung in Aachen dem langjährigen Vorsitzenden der Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften und verdienstvollen Herausgeber der zu diesen Vorschriften gehörenden Erläuterungen, Herrn Geh. Reg.-Rat Dr. Carl Ludwig Weber, die Ehrenmitgliedschaft.



C. L. Weber.

Weber wurde 1860 zu Würzburg geboren, studierte dortselbst sowie in München Mathematik und Physik und wurde, nachdem er 1884 promoviert hatte, 1886 Privatdozent an der T. H. München. 1890 übernahm er die vorher durch von Gaisberg und Uppenborn geleitete elektrotechnische Versuchstation München und trat 1893 als Mitglied in das kurz vorher neu organisierte Reichspatentamt ein, dem er bis zum Erreichen der Altersgrenze im Jahre 1925 angehörte.

Neben seiner umfassenden Berufsarbeit hat sich Weber lebhaft an den Bestrebungen des Elektrotechnischen Vereins und des VDE beteiligt und ist insbesondere dafür eingetreten, daß der VDE die Aufstellung von Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen in die Hand nahm, die er auf Grund seiner praktischen Erfahrung in richtiger Beurteilung ihres Wertes in der Jahresversammlung 1895 eifrig befürwortet hat. Auf Grund seiner Mitarbeit bei den Vorberatungen und der Beschlußfassung über diese Vorschriften wurde ihm die Abfassung der „Erläuterungen" zu ihnen übertragen, die zur Aufklärung der beteiligten Kreise und zur Überwindung des anfangs sehr starken Mißtrauens gegen derartige Bestimmungen erheblich mitgewirkt haben. Dem weiteren Ausbau der Vorschriften hat Weber, der 1905 zum Vorsitzenden der betreffenden Kommission gewählt wurde, ein großes Maß von Arbeit gewidmet.

Durch die Aufstellung und stetige Weiterbildung der Vorschriften hat sich der VDE die anfangs stark umstrittene Selbstverwaltung auf diesem Gebiete gesichert. Daß diese nunmehr von den Behörden aller deutschen Regierungen anerkannt ist, verdankt man zum erheblichen Teil der maßvollen, unparteiischen und zielbewußten, stetigen Tätigkeit, die die zuständige Kommission mit ihrem Vorsitzenden geleistet hat. Die deutschen Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen haben nicht nur innerhalb des VDE vorbildlich gewirkt und zur Aufstellung vieler Sondervorschriften Anlaß gegeben, die sich an diese erste derartige Verbandsarbeit angegliedert haben, sondern sie sind auch im Auslande anerkannt und zur Grundlage ähnlicher Arbeiten gemacht worden.

Die Bergakademie Freiberg hat dem Kommerzienrat Paul Wolf i. Fa. Friemann u. Wolf G. m. b. H., Zwickau, wegen seiner Verdienste auf dem Gebiete der Grubenbeleuchtung insbesondere durch Einführung der Wolfschen Alkalilampen mit Nickel-Kadmium-Elektroden die Würde eines Dr.-Ing. E. h. verliehen.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Kompensationswicklung in Mehrphasenerregermaschinen.

Zu der Zuschrift des Herrn Dr. SCHMITZ ETZ 1929, S. 954, ist nur noch rein sachlich richtigzustellen, daß äußere Hilfsvorrichtungen, wie der von ihm erwähnte Widerstand, nicht für die richtige Arbeitsweise der von mir beschriebenen selbsterregten Reihenschluß-Erregermaschinen in Frage kommen; wie ich gesagt hatte, wird die vollkommen ideale Arbeitsweise dieser Maschinen ohne Zusätze, durch hierzu geeignete Ausführung der Maschinen selbst erzielt.

Dieser von ihm erwähnte Widerstand, welcher nur für eventuelle Regelung der Kompensierung der Motoren vorgesehen war, ist außerdem später selbst hierfür fast nie, etwa unter 100 Maschinen bei 99 Maschinen nicht, zur Anwendung gekommen, und nicht nur weil für solche Regelungen eine gleichzeitig angebrachte Nebenschlußerregerwicklung zweckmäßiger ist, sondern auch weil meistens keine Regelung verlangt, und lediglich eine bestimmte Kompensierung oder Überkompensierung der Motoren bei Belastung oder bei Leerlauf vorgeschrieben wird.

Brüssel, 29. VI. 1929. Heyland.



LITERATUR.

Besprechungen.

Handlexikon der Elektrizität und der Elektrotechnik (Elektro-Auskunftei). Mit Berücksichtigung der neuesten Fortschritte bearbeitet von Ing. G. Heber. 3. verm. u. verb. Aufl. Mit 532 S. in 8°. Francksche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1928. Preis geb. 10 RM.

Dem vorliegenden Wörterbuch liegt der Gedanke zugrunde, bei handlichem Umfang einen reichhaltigen Wortschatz mit prägnanter und zugleich erschöpfender Erklärung zu geben. Die Lösung dieser Aufgabe ist nicht ganz einfach. Man wird in solchem Falle immer mit Lücken rechnen müssen und kann zufrieden sein, wenn diese sich nicht zu stark bemerkbar machen. Eine Erklärung für Bimetall sucht man vergebens, wenn auch über den für Freileitungen benutzten Bimetalldraht Angaben gemacht werden. Ferner fehlen die Stichworte: Elektrisierung (nur Elektrifizierung!), Gitter, Heinisch-Riedel-Schutz, Isoliermasse, Kathoden-Oszillograph, Kopflampe, Leuchte, Punktschweißung, Resonanz (nur in Zusammensetzungen angegeben!), Superhet. Die Definitionsschärfe ist ungenügend bei der Erklärung des Kurzschlusses (S. 419), wo das wichtige Merkmal der verschiedenen Polarität bzw. Phase fehlt. Kaskadenschaltung ist nicht gleichbedeutend mit Hintereinander-, Reihen- oder Serienschaltung. Korrosion entsteht nicht nur an Rohren, und es ist kein Privileg des Nebenschlußmotors, einen Leerlaufstrom zu besitzen. Endlich sei darauf hingewiesen, daß die auf S. 490 enthaltene Bezeichnung „Deutscher Elektrotechnikerverband“ durch „Verband Deutscher Elektrotechniker“ zu ersetzen ist.

Die vorstehende, ins Einzelne gehende Kritik wurde hauptsächlich deswegen geübt, weil Verfasser selber über etwa bestehende Mängel unterrichtet zu werden wünscht. Sie sollen dem Wert des Buches, das besonders in Laienkreisen viel Freunde finden wird, keinen Abbruch tun.

W. Kraska.

Die Schule des Elektrotechnikers. Lehrbuch d. angewandten Elektrizitätslehre. Von Dipl.-Ing. Prof. A. Holzt. 3. vollst. neubearb. Aufl. Bd. 1: Grundlagen der Elektrotechnik, Teil 1 bearb. von Prof. H. Stapelfeldt. Mit 117 Abb., VI u. 272 S. in 8°. Bd. 3: Elektrische Meßtechnik. Bearb. von Ing. H. Teuchert. Mit 336 Abb., VIII u. 335 S. in 8°. Verlag Moritz Schäfer, Leipzig 1928. Preis Bd. 1 geb. 8,50 RM; Bd. 3 geb. 10 RM.

Das Werk ist zunächst als Leitfaden für den Unterricht der Elektrotechnik an technischen Fachschulen angelegt, darüber hinaus aber auch zum Selbststudium für diejenigen geeignet, denen der Besuch einer Fachschule nicht möglich ist, die aber doch ein tieferes Eindringen in die elektrotechnische Wissenschaft anstreben. An mathematischen und physikalischen Vorkenntnissen setzt das Buch etwa den Umfang, den heute die mittlere Reife bietet, voraus und führt in durchaus neuzeitlicher Behandlung in 5 Abschnitten durch die Grundgesetze der statischen Elektrizität, des elektrischen Stromes und seiner Wirkungen und des Magnetismus hindurch. Zwischen den einzelnen Hauptabschnitten sind knapp und doch erschöpfend bearbeitete Abschnitte über die Hilfswissenschaften eingeschoben, die besonders dem Privatstudierenden das Studium erleichtern.

Der 3. Band behandelt die elektrische Meßkunde, u. zw. im wesentlichen vom experimentellen Standpunkte aus. Er ist als Leitfaden für das Anfängerpraktikum angelegt. Es werden die Meßinstrumente und Meßmethoden für Strom, Spannung, Widerstand, Leistung, Induktivität und Kapazität, magnetische Messungen, Frequenz und Synchronismus, ferner für Licht und mechanische Arbeit besprochen. Jedem Abschnitt ist eine elementar bearbeitete theoretische Behandlung der Meßgrundlagen vorangestellt. Besonders sei auf die an vielen Stellen gegebenen Anleitungen zur richtigen Anlage des Meßprotokolls hingewiesen. Wer als Lehrer ein Anfängerpraktikum zu leiten hat, kennt die Schwierigkeiten, die Schüler zur sachgemäßen Aufzeichnung der Beobachtungen zu erziehen, und wird diese Anleitungen besonders begrüßen.

Die buchtechnische Ausstattung ist vorzüglich. Das Buch kann als Leitfaden für die elektrotechnischen Schülerübungen an Fachschulen, wie auch für den Selbstunterricht und die Fortbildung für bereits in der Praxis stehende Techniker als hervorragend geeignet bezeichnet werden.

Fr. Schnaubert.

Taschenbuch für Fernmeldetechniker. Von H. W. Goetsch. 4. verb. Aufl. Mit 844 Abb. i. Text, XII u. 526 S. in kl.-8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin, 1929. Preis geb. 13 RM.

Das Taschenbuch liegt seit dem erstmaligen Erscheinen 1925 bereits in 4. Auflage vor und hat sich während dieser Blütezeit der Fernmeldetechnik schon den ihm gebührenden Platz in der Fachliteratur gesichert. Gegenüber der 1. Auflage hat sich das Taschenbuch erwartungsgemäß wesentlich erweitert. So fanden im 1. Teil bei den theoretischen Grundlagen die Behandlung der Wechselstromkreise mit ihren Elementen entsprechend ihrer Bedeutung in der Fernmeldetechnik erhöhte Berücksichtigung. Bei den Stromquellen vermißt man allerdings in der Aufzählung der verschiedenartigen Gleichrichter mit ihrer neuerdings so vielseitigen Anwendung den Hochvakuumgleichrichter, den Kontaktgleichrichter und den durch seine einfache Zündung und geringe Mindeststromstärke viel verwendeten Argonalgleichrichter sowie eine kurze Erwähnung der neueren selbsttätigen Zündvorrichtungen für Quecksilberdampfgleichrichter. Im Abschnitt Relais für besondere Zwecke sind als Neukonstruktionen das Hitzdrahtrelais und das Siemensrelais mit Quecksilberkontakt aufgenommen worden. Der 2. Teil erfuhr ebenfalls einige Erweiterungen im Abschnitt elektrischer Wasserstandsfernmelder durch solche für Feinablesung und ohne Schwimmer und durch die Höhendifferenzfernmelder sowie im Abschnitt über Eisenbahnsignalanlagen vor allem in Blockanlagen durch die schnelle Weiterentwicklung des Sicherungswesens.

Im 3. Teil für Verkehrstelegraphie sind im Abschnitt Schreibtelegraphen der Wheatstone- und der Siemens-Schnellmorseapparat mit näherer Erläuterung ihrer Locher, Sender und Empfänger eingefügt worden. Ein neuer Abschnitt ist den Kabeltelegraphen gewidmet, worin die Beschreibung des Heberschreibers, des Undulators von Lauritzen, des Siemens-Drehspulenschnellschreibers und des Siemens-Kabelsenders eine notwendige Ergänzung bildet. Im Abschnitt der Typendrucktelegraphen sind der Creed-Schnellschreiber mit Locher, Sender, Lochstreifenempfänger und Übersetzer und der Siemens-Tastenschnelltelegraph, heute mit Springschreiber bezeichnet, neu hinzugekommen. Unter diesen neuesten Typen von Telegraphenapparaten hätte der schon am meisten verwendete Springschreiber (Start-stop-Apparat), der Teletype System Morkrum-Kleinschmidt, erwähnt werden müssen, der jetzt auch in Deutschland fabriziert wird. Als wechselseitiger Mehrfachtelegraph ist der seit langem verwendete Baudot-Apparat eingefügt, und bei den gleichzeitigen Mehrfachtelegraphen ist außer den Gegensprechschaltungen die Tonfrequenztelegraphie mit 6 (neuerdings mit 12) Kanälen beschrieben worden. Die Unterlagerungstelegraphie zur weiteren Ausnutzung der Fernkabeladern bis zu einer Frequenz von 50 Hz hätte als neueste Telegraphenverbindung mit ihren prinzipiellen Schaltungen Erwähnung finden dürfen. Ein kurzer Abschnitt über Bildtelegraphie als neuerer Zweig der Nachrichtenübermittlung nach den verschiedenen Systemen ist hier noch angefügt.

Der 4. Teil behandelt die Fernsprechtechnik. Bei den selbsttätigen Fernsprechanlagen ist der in neue gedrängte Form umkonstruierte Hebdrehwähler, der sog. Viereckwähler, hervorzuheben. Der Abschnitt über Lautfernsprecher wurde durch Einfügung des Band- und Falzlautsprechers und des elektrodynamischen Lautsprechers (Blatthallers) als Großlautsprecher wesentlich erweitert. Je ein besonderer Abschnitt behandelt das Fernkabel mit den damit zusammenhängenden Verstärkerämtern, dem Fernkabelnetz, den Zweidraht- und Vierdrahtverstärkern und den neuesten Hilfsmitteln zur Überbrückung der größten Entfernungen und die Beeinflussung der Fernmeldeanlagen durch Starkstromleitungen bei der zunehmenden Elektrisierung, besonders der Bahnen mit Wechselstrom oder Gleichstrom aus Gleichrichtern. Unter dem Abschnitt Messungen füllen die Wechselstrommessungen entsprechend der heutigen Bedeutung eine frühere Lücke aus. Es sind darin vor allem die verschiedenen Meßgeräte der Firma Siemens & Halske kurz beschrieben, wie Rohrvoltmeter, Eichleitungen, Verstärkungs-, Dämpfungs-, Scheinwiderstands-, Kapazitäts-, Kopplungs- und Geräuschspannungsmesser.

Am Schluß des Buches wurde vom Verfasser ein umfangreicher Literaturnachweis der einschlägigen Bücher und Zeitschriften hinzugefügt, und außerdem wurden in 169 Fußnoten für alle vier Teile zusammen Sonderabhandlungen aus verschiedenen Zeitschriften angeführt. Trotz des erheblich vermehrten Inhalts gegenüber der 1. Auflage ist das Buch mit der Erweiterung um über 100 Seiten nur wenig stärker geworden und kann bei seiner reichhaltigen

und gedrängten Form in dem heute so weit verzweigten Gebiet des Fernmeldewesens jedem Fernmeldetechniker und auch jedem Ingenieur nur bestens empfohlen werden, der sich kurzen Aufschluß aus diesem Gebiet verschaffen will. Stübler.

Lichtnetzempfänger (Netzanschlußempfänger). Von Dr. E. Nesper (Monographien der Funkindustrie, II). Mit 84 Textabb. u. 148 S. in kl. 8°. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin 1927. Preis geh. 3,50 RM, geb. 4,80 RM.

Eine gute Übersicht über die beim Bau eines Netzanschlußempfängers zu berücksichtigenden Punkte. Die VDE-Vorschriften vom 1. I. 1927 sind auch aufgenommen. Lübcke.

Empfang auf kurzen Wellen. Möglichkeiten, Schaltungen u. prakt. Winke. Von M. v. Ardenne. Mit 79 Abb. u. 83 S. in 8°. Verlag Rothgiesser & Diesing A. G., Berlin 1928. Preis geb. 3,50 RM.

Nach einem kurzen Vorwort schildert der Verfasser im 1. Abschnitt „die Empfangsverhältnisse auf kurzen Wellen". In den folgenden Kapiteln: „Die Empfangsantennen", „Die Einzelteile für Kurzwellenempfänger", „Kurzwellenaudionschaltungen", „Kurzwellenempfänger mit Hochfrequenzverstärkung" und „Zwischenfrequenzempfänger für kurze Wellen" führt er den Leser durch das ganze Gebiet der Kurzwellenempfangstechnik und gibt dem Bastler oft nützliche Winke. Mit dem Abschnitt „Die Eichung von Kurzwellenempfängern" schließt er seine Betrachtungen. Die auf S. 83 am Schluß angegebene Liste der Kurzwellentelegraphiestationen kann bei der außerordentlich raschen Entwicklung auf diesem Gebiet der Nachrichtentechnik wohl nicht mehr als ein ungefährer Anhalt sein. Das Buch gibt eine gute Einführung in das Gebiet. Moench.

Illuminating Engineering prepared by a staff of specialists for students and engineers. Von F. E. Cady u. Prof. H. B. Dates. 2. Aufl. Mit 186 Abb., XV u. 515 S. in gr. 8°. Verlag John Wiley & Sons, Inc., New York, u. Chapman and Hall, Ltd., London 1928. Preis geb. 25 sh.

Sowohl die Herausgeber dieses bemerkenswerten Sammelwerkes über Lichttechnik als auch die Mitarbeiter L. J. Buttolph, P. W. Cobb, Ward Harrison, M. Luckiesh, Howard Lyon, H. H. Magdsick, W. R. Mott, J. H. van Horn und A. G. Worthing sind als hervorragende Lichttechniker bekannt, und die meisten von ihnen haben sich als selbständige Forscher auch im Auslande einen Namen gemacht. Es war deshalb von vornherein eine gründliche Arbeit zu erwarten. Sie ist aus einer Reihe von Vorträgen hervorgegangen, die seit 1918 an der Fachschule für angewandte Wissenschaft vor Schülern niederer Semester gehalten wurden. Bei aller wissenschaftlichen Gründlichkeit wurden daher bei den Vorträgen auch nur geringe Voraussetzungen an die Vorbildung der Hörer gemacht, so daß nach der Überarbeitung und Zusammenfassung der Einzelarbeiten ein vorbildliches Lehrbuch der Lichttechnik entstanden ist, das den Studenten unserer technischen Hochschulen und technischen Mittelschulen angelegentlichst empfohlen sei. Darüber hinaus werden auch die Ingenieure der Fabriken, Gewerbeinspektoren, Architekten und alle, die an der Lichttechnik interessiert sind, das Lehrbuch der Lichttechnik mit Gewinn studieren und es auch mit Nutzen als Nachschlagewerk benutzen können. Der behandelte Stoff erstreckt sich auf alle Gebiete der Lichttechnik, und das dargebotene Tatsachenmaterial ist gut ausgewählt und von großer Zuverlässigkeit. In den Hauptabschnitten werden behandelt: die Physik der Lichterzeugung; die Lichtquellen (schwarzer Körper, die Sonne, Flammen, Bogenlampen, Glühlampen, Entladungsröhren, Nernstlampe, Leuchtorganismen); Photometrie; physiologische Optik; Grundlagen der Beleuchtung; Licht, Schatten und Farbe; Tageslicht. Den Beschluß machen eingehende Auseinandersetzungen über die Beleuchtung von Wohnräumen, öffentlichen Gebäuden, Geschäften, Fabriken und Straßen, ferner über die Anwendung des Lichtes für Signal- und Reklamezwecke und die Ausbildungen von Leuchten mit optischen Mitteln (Linsen, Scheinwerfer, Projektionsapparate).

Sehr beachtenswert sind die ausführlichen, in Deutschland bisher noch nicht veröffentlichten Tabellen der Glühlampen-Charakteristiken, die die Umrechnung der Beobachtungsdaten bei einer beliebigen Spannung bzw. beliebigem spezifischen Verbrauche (W/K) auf eine gegebene Spannung oder gegebenen spezifischen Verbrauch gestatten. Dagegen wird die in Amerika so beliebte Punktwertung der Beleuchtungsgüte, die vom Sport hergenommen ist, in Deutschland weniger Anklang finden; denn, wenn beispielsweise in einer Anlage alle die Beleuchtungsgüte charakterisierenden Faktoren: horizontale Beleuchtungstärke, allgemeine Raumhelligkeit, Schattigkeit, Kontraste, örtliche und zeitliche Gleichmäßigkeit mit 1 bewertet werden, die Blendung aber mit 5, so würde die Beleuchtungsgüte mit 10 Punkten wesentlich besser erscheinen, als bei einer Anlage, bei der alle Einzelfaktoren die Nummern 2 erhalten hätten, so daß insgesamt 12 Punkte herauskämen. Die erste Anlage ist aber wegen der 5 Punkte bei der Blendung schlechthin unbrauchbar, während die zweite durchaus annehmbar wäre. Eine Punktwertung kann deshalb nur einen Sinn haben, wenn den einzelnen Faktoren jeweils auch noch ein bestimmtes Gewicht beigemessen werden könnte. Hierzu sind wir aber noch lange nicht imstande. Die Punktwertung gibt also nur zu oft ein ganz schiefes Urteil, wie das ja auch bei Boxkämpfen vorkommen soll.

Im Gegensatz zu anderen amerikanischen Publikationen wird auch die deutsche Literatur berücksichtigt, und es werden auch deutsche Apparate und Instrumente beschrieben, einzelne von diesen, wie das Bechsteinsche Flimmerphotometer, bleiben freilich anonym. H. Lux.

Technisches Hilfsbuch. Herausg. v. d. Schuchardt & Schütte A. G., 7. verbess. Aufl. Mit 500 Abb. im Text u. auf 1 Taf., X u. 525 S. in kl. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 8 RM.

Das nunmehr in siebenter Auflage erschienene Hilfsbuch ist fast doppelt so stark geworden wie die im Jahre 1914 erschienene erste Auflage. Sieben Auflagen in 14 Jahren sind der beste Beweis dafür, daß das Buch stets Anklang gefunden hat. Es ist, worauf schon der Name der Herausgeberin „Schuchardt & Schütte" hindeutet, in der Hauptsache für den Werkstattbetrieb bestimmt. In dem ersten Drittel des Buches wird das Wichtigste über Rechnen, Maßeinheiten und Vergleichswerte sowie Stoffkunde gebracht, in den beiden anderen die Werkstattkunde. Bei der Behandlung einzelner einfacher Maschinenelemente, wie Zahnräder-, Riementrieb usw., ist bei den Berechnungen darauf Rücksicht genommen, daß das Buch auch für den einfachen Betriebsmann bestimmt ist. Die einzelnen Arbeitsweisen, wie Drehen, Bohren, Fräsen usw., sind unter dem Gesichtspunkte des Betriebes behandelt. Von einer Beschreibung der Maschinen ist Abstand genommen worden, dafür sind aber Bau- und Arbeitsweise der Werkzeuge eingehend behandelt, so beispielsweise beim Drehen Spanquerschnitt und Schnittgeschwindigkeit, Wahl des richtigen Drehstahls, seine Form und Herstellung, daneben aber auch die Wahl der richtigen Bank. Überall haben die neuesten Arbeiten Berücksichtigung gefunden wie Hippler 1925, Klopstock 1926, Kronenberg 1928, Loewe-Notizen 1928, die neuesten DIN-Blätter usw. Am Schlusse wird auf die gegenseitigen Beziehungen zwischen Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Umfangsgeschwindigkeit sowie auf den Kraftbedarf für Werkzeugmaschinen eingegangen. Hervorzuheben ist schließlich noch eine für den Betriebsfachmann wichtige ausführliche Zusammenstellung (16 Seiten) der ersten Hilfe bei Unglücksfällen. Ein umfangreiches alphabetisches Sachverzeichnis und eine ebensolche Inhaltsübersicht erhöhen die Bequemlichkeit des Gebrauches und damit den Wert dieses Buches, das nur warm empfohlen werden kann. Witt.

Technisches Taschenwörterbuch in drei Sprachen. 1. bis 3. Teil. Von W. Isendahl u. C. W. Kollatz. 3., neubearb. u. verm. Aufl. 1. Teil: Franz.-Deutsch-Engl. mit 179 S., 2. Teil: Deutsch-Engl.-Franz. mit 166 S., 3. Teil: Engl.-Franz.-Deutsch mit 198 S. in kl. 8°. Verlag Georg Siemens, Berlin 1929. Preis jedes Bandes geb. 4,50 RM.

Dieses in handlichem Format und zu mäßigem Preis herausgebrachte Taschenwörterbuch müßte, zumal es einen großen Teil der Technik umfaßt, auf die Aufnahme mancher, auch wichtigerer Ausdrücke verzichten, obgleich man wohl durch Streichung von Zusammensetzungen hätte Raum gewinnen können. Die Rücksicht auf Platzersparnis hat offenbar auch dazu geführt, bei mehrdeutigen Worten auf Kommentare zu den einzelnen Übersetzungen zu verzichten. Indessen sind auf dem vom Rezensenten ausschließlich überprüften Gebiet der Elektrotechnik auch zahlreiche Unvollständigkeiten oder sogar Fehlübersetzungen stehen geblieben. Ausgefallene Ausdrücke sind z. B. „elektrischer Streifen" (plate, commutator section, lame) oder auch „Baumträgerisolator"

(suspended insulator). Breakdown ist nicht nur Panne sondern auch Durchbruch, device kommt viel häufiger in der nicht aufgeführten Bedeutung „Hilfsmittel" bzw. Apparatur vor als in der Bedeutung „Kostenanschlag"; bei lightning steht nur Beleuchtung, nicht auch Blitz. Tension de rupture ist fälschlich mit Durchbruchfestigkeit, interrupteur rapide mit Schnappschalter, „elektromagnetischer Motor" mit Dynamo und converter mit Transformator, circuit breaker mit Umschalter übersetzt, und so geht es weiter!

Daher muß für den elektrotechnischen Teil eine gründliche fachmännische Durcharbeitung und Ergänzung noch fehlender Ausdrücke (z. B. couronnes, gap, Klemmenspannung, Wanderwelle und Abkürzungen, wie e. m. f.) als unerläßlich bezeichnet werden, da das Wörterbuch trotz guter Anlage in seiner jetzigen Form auf elektrotechnischem Gebiet nur recht bescheidenen Ansprüchen genügen kann. — Der Verlag hat den drei Bänden eine gute drucktechnische Ausstattung mitgegeben.

G. H. Winkler.

Spanlose Formung der Metalle in Maschinenfabriken durch Gießen, Schmieden, Schweißen und Härten. Von Dipl.-Ing. E. Preger. 9. völl. neubearb. Aufl. Bd. 1: Formerei und Gießerei. Mit 158 Abb. im Text, VIII u. 150 S. in 8°. (Bibl. d. ges. Technik Nr. 339.) Bd. 2: Schmieden und Stanzereitechnik. Mit 165 Abb. im Text, VIII u. 152 S. in 8°. (Bibl. d. ges. Technik Nr. 340.) Verlag v. Dr. Max Jänecke, Leipzig 1928 u. 1929. Preis des Bandes kart. 3 RM.

Das Werk Pregers „Die Bearbeitung der Metalle in Maschinenfabriken usw.", das früher in zwei Teile: „Spanlose" und „Spanabhebende Formung" zerfiel, ist nunmehr in acht Bändchen unterteilt, von denen die ersten zwei vorliegen. Durch die mit der neuen Unterteilung verbundene wesentliche Erweiterung konnte das Werk nur gewinnen. Bei dem 1. Band „Formerei und Gießerei" mag man auch jetzt noch im Zweifel darüber sein, ob sich über ein so großes Gebiet auf 150 Seiten mehr als ein Überblick geben läßt. Bei näherer Durchsicht findet man aber, daß es Preger verstanden hat, auch in dieser gedrängten Form noch auf viele Einzelheiten einzugehen. Z. B. gibt er im ersten Abschnitt Metalle und Legierungen unter Heranziehung zahlreicher DIN-Blätter die Gütevorschriften wieder. Einige Lücken findet man bei der Beschreibung der Metalle, und etwas gar kurz ist der Abschnitt Schmelzöfen und Zubehör geraten, die auf 23 Seiten behandelt werden. Kleine Fehler und Irrtümer wird man gern verzeihen, da der Verfasser schließlich nicht auf allen Gebieten Fachmann sein kann. Vielleicht wäre aber eine Durchsicht durch einen Fachmann bei den nächsten Auflagen zu empfehlen. Eine Schwindung von 4 % für Aluminium ist reichlich hoch. Nach Angaben aus anderen Quellen beträgt sie nur 1,7 %. Die Kupolöfen, Abb. 125, sind viel zu niedrig. Ausführlich und richtig ist die Formerei behandelt.

Ganz zu Hause ist der Verfasser in der Schmiedetechnik, die in Bd. 2 ausführlich und interessant beschrieben wird. Vermissen wird man hier die Wärmebehandlung, das Glühen, Härten und Anlassen, das in Bd. 4 für sich behandelt wird. Immerhin wird schon hier auf die Gefahr der Blauhitze hingewiesen. Unter den Schulbeispielen für die heutige Schmiedetechnik wären vielleicht die Herstellungsweise der Lokomotivkurbelwellen und ihre Entstehungsgeschichte nicht unangebracht gewesen. Es hat sich erwiesen, daß diese, allen Berechnungen spottend, auch bei rechnungsmäßiger zwölffacher Sicherheit bei dem schweren Dienst in Stücke brachen, bis man dazu überging, sie aus einzelnen Stücken warm zusammenzuschrumpfen.

In den beiden Bändchen können die zahlreichen Abbildungen als vorbildlich bezeichnet werden.

M. Escher.

Handbuch der Holzkonservierung. Von Mahlke-Troschel. Herausg. v. F. Mahlke unter Mitwirkung namhafter Fachleute, 2., völlig neubearb. Aufl. Mit 191 Abb. im Text, VII u. 434 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 29 RM.

Die erste Auflage des von dem leider im Felde gestorbenen Oberbaurat Troschel 1916 herausgegebenen Handbuchs war in wenigen Jahren vergriffen, die zweite Auflage füllt eine Lücke aus und wird, da sie erheblich verbessert ist, der großen Zahl von Verbrauchern konservierten Holzes willkommen sein.

Der erste Teil des Handbuchs behandelt auf 155 Seiten den Aufbau, die chemische Zusammensetzung und das chemische Verhalten des Holzes, die Zerstörung des Holzes durch Holzschädlinge (Pilze und Tiere) und das Verhalten des rohen und konservierten Holzes gegen sonstige Einflüsse. Einzelne Gebiete sind gegen die erste Auflage vorteilhaft gekürzt und neu gruppiert. Der zweite Teil enthält auf 154 Seiten die Konservierung des Holzes unter Vorbehandlung des Holzes, die bekanntesten Konservierungsverfahren, Imprägnierstoffe sowie Prüfung und Bewertung von Holzkonservierungsmitteln. Die Zahl der Tränkungsverfahren, die sehr groß ist, ist in verständiger Weise einer Sichtung unterworfen, so daß meist bekannte aber auch neue und erprobte Verfahren besprochen werden, während anderseits, wie der Herausgeber im Vorwort sagt, davon abgesehen wurde, die zahlreichen, offenbar niemals zur Ausführung kommenden Vorschläge hinsichtlich Konservierungsverfahren und -mittel vollständig zu bringen. Die Patentschriften sind nur mit der Nummer bezeichnet. Das mag für den Fachmann genügen, für den Verbraucher von Holz scheint mir eine kurze Angabe des Jahres hinter der Patentnummer erwünscht. Im dritten Teil sind auf 100 Seiten die Anwendungsgebiete berücksichtigt, u. zw. der Eisenbahnoberbau, Stangen und Leitungsmaste, Grubenbau, Wasser- und Schiffbau sowie Hoch- und Straßenbau. Erfreulich ist, daß dem Zuge der Zeit entsprechend die Wirtschaftlichkeit für die einzelnen Anwendungsgebiete besonders besprochen, und daß die Ermittlung der Lebensdauer imprägnierter Hölzer ausführlich behandelt worden ist.

Das Handbuch ist den wissenschaftlichen Forschungsergebnissen und technischen Fortschritten gefolgt. Bei den hohen Werten, die in den oberirdischen Eisenbahn-, Fernmelde- und Starkstromanlagen sowie im Bergbau an konserviertem Holz eingebaut sind und dauernd noch eingebaut werden, und bei der Bedeutung, die der wirtschaftlichen Ausnutzung der Holzbestände allgemein zukommt, ist dem Handbuch die weiteste Verbreitung zu wünschen. Es kann daher allen, die Holz beschaffen und verwenden, und die sich mit dem Studium dieses Gebiets befassen, bestens empfohlen werden.

Konrad Rohlfing.

Differential- und Integralrechnung. Von Dr. L. Bieberbach. Bd. 1: Differentialrechnung. 3. verm. u. verb. Aufl. Mit 34 Abb. im Text, VI u. 142 S. in 8°. Preis kart. 5,40 RM. Bd. 2: Integralrechnung. 3., verm. u. verbess. Aufl., mit 25 Abb. im Text, VI u. 149 S. in 8°. Preis kart. 5.80 RM. (Teubners Math. Leitfäden Bd. 4 u. 5.) Verlag von B. G. Teubner, Leipzig u. Berlin 1928.

Entsprechend dem Umstande, daß das Buch in erster Linie für Studierende der Universität bestimmt ist, legt es den Hauptwert auf exakte Darstellung. Anwendungen werden nur zur Veranschaulichung herangezogen, Zahlenbeispiele fehlen ganz. Das schließt natürlich nicht aus, daß Probleme, die den Anwendungsgebieten entstammen, genau ebenso berücksichtigt werden, wie solche, die nur theoretische Bedeutung haben. Eine besondere Betonung erfahren überall die methodischen Momente. Verschiedentlich treten an die Stelle der üblichen Verfahren einfachere, so z. B. bei der Behandlung der Summendefinition des bestimmten Integrals. Hervorgehoben sei auch die elementare Behandlung der Fourierschen Reihen stetiger Funktionen. Jedem, der eine exakte Einführung in die Infinitesimalrechnung wünscht, werden die beiden Bändchen von Nutzen sein.

Fender.

Die Grundzüge der technischen Wärmelehre. Von Dipl.-Ing. G. Puschmann. 4., erw. Aufl. Mit 85 Abb. i. Text, einer I-S-Tafel f. Wasserdampf u. 93 Zahlenbeisp., VII u. 271 S. in 8°. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1929. Preis kart. 6,60 RM.

Die neue Auflage ist besonders durch ein neu eingefügtes Kapitel über die unvollkommene Verbrennung fester Brennstoffe bemerkenswert. Man findet hier die Hauptgleichungen und ein Zahlenbeispiel zur Bestimmung der Raumverhältnisse und des Luftüberschusses, wenn ein Teil des Kohlenstoffs nur zu Kohlenoxyd verbrennt. Über diesen Gegenstand findet man im thermodynamischen Schrifttum bisher fast nichts, obwohl er in der Praxis eine außerordentlich wichtige Rolle spielt. Ein anderes neues Kapital über Höchstdruckdampfmaschinen behandelt in einfacher Weise die Zwischenüberhitzung und das Regenerativverfahren bei Dampfanlagen, wobei besonders die Entropiediagramme dieser Vorgänge erläutert werden. Das Buch kann nicht nur Studierenden, sondern auch den Ingenieuren der Praxis als schnell orientierendes Handbuch empfohlen werden.

Zinzen.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Deutsches Elektroporzellan auf dem Weltmarkt. — Gegenüber der Vorkriegszeit, in der Deutschland bei der hervorragenden Stellung seiner Elektroindustrie auf dem Weltmarkt und infolge seiner Jahrhunderte alten Erfahrungen in der Porzellanerzeugung den größten Teil des Auslandes mit elektrotechnischem Porzellan versorgte, ist der Export dieser Industrie, wie Dr. F. Warnke kürzlich in der Ind. Handelszg.[1] unter obigem Titel des näheren dargelegt hat, stark zurückgegangen. Bei Isolatoren für Fernsprechleitungen und Hochspannungsanlagen ergaben sich in den Jahren 1913/1928 folgende Mengen:

1913	96 861 dz	1927	67 238 dz
1925	65 521 „	1928	61 349 „
1926	58 895 „		

Das günstigste Ausfuhrjahr nach dem Krieg, 1927, zeigte einen gegen 1913 um 30 % gesunkenen Versand, während der Export 1928 nur noch 60 % der Vorkriegsausfuhr betrug. Dabei ist zu berücksichtigen, daß durch die zunehmende Verkabelung der Bedarf an Freileitungsisolatoren sehr erheblich eingeschränkt und das Verhältnis daher zugunsten der Hochspannungsisolatoren verschoben worden ist. Diese entsprechend der Nachfrage am Weltmarkt und ihrer Produktionskapazität zu exportieren, war aber die deutsche Industrie aus bekannten Gründen nicht in der Lage. Die Ausfuhr des Leerporzellans, d. h. unmontierter Isolationsgegenstände, betrug in den Monaten Juni/Dezember 1926: 11 351, 1927: 22 914 und 1928: 25 863 dz, hat also zugenommen, doch läßt sich aus diesen Zahlen die Tendenz der Entwicklung noch nicht deutlich erkennen. Den Rückgang des Exports von Elektroporzellan im allgemeinen erklärt Dr. Warnke zum großen Teil damit, daß viele Länder ihre Zölle auf dieses Fabrikat im Interesse einer nach dem Krieg aufgebauten eigenen Industrie außerordentlich erhöht haben. In Italien z. B. betrug diese Steigerung gegenüber der Vorkriegszeit das Vierfache, und daher hat dieses Land, das 1913 noch über 9000 dz Elektroporzellan einführte, 1928 nur noch 800 dz aufgenommen. Auch nach Frankreich ist der Export aus demselben Grunde nur noch sehr beschränkt möglich. In Norwegen hat man die Zollsätze für Hochspannungsisolatoren auf mehr als das Achtfache, in Belgien für das gesamte Gebiet des Elektroporzellans um 33 %, in Litauen für Hochspannungsporzellan auf das Vierfache hinaufgesetzt, und der neue Zolltarifentwurf der V. S. Amerika gefährdet die Ausfuhr von Porzellan für technische Zwecke und Niederspannung sehr beträchtlich. Diese Exportschwierigkeiten werden durch die große Konkurrenz der tschechoslowakischen Porzellanindustrie bedeutend verstärkt, die aus den verschiedensten Gründen in der Lage war, ihre Ausfuhr an Elektroporzellan von 17 790 dz im Jahr 1925 auf 41 100 dz in 1928 zu steigern. In ähnlichem Umfang hat die Herstellung der ebenfalls unter günstigen Bedingungen arbeitenden japanischen Elektroporzellanindustrie zugenommen, u. zw. von wertlich 4,7 Mill Yen in 1922 auf 6,9 Mill Yen im abgelaufenen Jahr. Dazu kommt schließlich, daß in zahlreichen Staaten bei der Vergebung öffentlicher Aufträge die heimischen Erzeugnisse weitestgehend bevorzugt, und dort, wo amerikanisches Kapital die Elektrisierung des betreffenden Landes durchführt, in erster Linie die Fabrikate der Union verwendet werden. Setzt man den Export des Jahres 1928 ins Verhältnis zu dem der Vorkriegszeit, so ergibt sich, daß von letzterem Frankreich und Italien nur noch 8 %, Belgien 20 %, Brasilien 22 %, Großbritannien 20 % und Spanien 50 % aufgenommen haben. Wie Dr. Warnke am Schluß seiner Ausführungen bemerkt, werden die Bemühungen der deutschen elektrotechnischen Porzellanindustrie, ihre Ausfuhr zu heben, bei der Qualität der Erzeugnisse von Erfolg begleitet sein, wenn es der deutschen Handelspolitik gelingt, die hohen Zollsätze des Auslandes auf ein erträgliches Maß zurückzuführen.

Platin. — Die Produktion des Metalls ist nach den Angaben des Statistischen Reichsamts[2] von rd. 4794 kg im Jahr 1926 auf 5676 kg in 1927 gestiegen. Hieran waren die UdSSR mit 3110, Kolumbien mit 1866, Kanada mit rd. 349 und Transvaal mit 324 kg beteiligt, doch darf man annehmen, daß die russische Gewinnung, über die amtliche Angaben fehlen, beträchtlich größer gewesen ist. Was den Handel mit Platin betrifft, so betrug die Einfuhr Deutschlands, wohin die UdSSR nach dem Abbruch der amtlichen Handelsbeziehungen mit England und dem Ablauf privater Lieferungsverträge mit englischen Firmen den Schwerpunkt ihres Platinhandels verlegt hat, an Metall 1927 6975 kg (516,5 i. V.) im Wert von 75,156 Mill RM (6,589 i. V.) und die Ausfuhr rd. 2727 kg (391 i. V.) im Wert von 28,463 Mill RM (5,260 i. V.). Hierzu kommen an Waren aus Platin 3216 kg (2542,4 i. V.) im Betrag von 3,041 Mill RM (6,530 i. V.). Das wichtigste Verbrauchsland waren auch in den Jahren 1926/27 die V. S. Amerika, doch ist ihr Konsum für die Industrie trotz deren starker Entwicklung im Vergleich zur Vorkriegszeit beträchtlich zurückgegangen, weil die hohen Preise die Umstellung auf Ersatzmittel veranlaßten. Bei einem Gesamtverbrauch (einschl. Palladium) der Union von 4655 kg in 1927 (5337 i. V.) entfielen auf die Elektroindustrie 595 kg (686 i. V.) oder 13 %. Mit dem steigenden Angebot, namentlich russischen Platins, sind die Preise gefallen; die Bildung des Kartells ist an dem Widerstand der UdSSR gescheitert, deren Betriebe infolge der günstigen Produktionsbedingungen und des Ausbaus der technischen Hilfsmittel billiger als die Konkurrenz in Südafrika und Kolumbien arbeiten. Im Dezember 1927 stellte sich der deutsche Platinkurs, der im Durchschnitt des Jahres 1925 15 RM/g betragen hatte, nur noch auf 8,65 RM, lag also lediglich um 2,65 RM über dem Mittelpreis von 1913.

[1] 1929, Nr. 140.
[2] Wirtsch. u. Stat. Bd. 9, 1929, S. 41.

Der Kupferverbrauch in der nordamerikanischen Elektrizitätsindustrie. — Mitteilungen der El. World[1] aus dem Jahrbuch des American Bureau of Metal Statistics gestatten, die in der ETZ 1928, S. 1428 gemachten Angaben zu ergänzen. Der Kupferverbrauch der V. S. Amerika auf elektrotechnischem Gebiet stellte sich in den Jahren 1920/28 schätzungsweise folgendermaßen:

Jahr	Elektro-industrie (Starkstrom[2])	Telegraphen- u. Fernsprechwesen	Licht- u. Kraftleitungen	Straßenbahnoberleitung
	sh. tons			
1920	170 000	61 000	29 500	5 400
1921	130 000	54 000	33 000	5 200
1922	134 500	60 000	48 750	4 600
1923	178 500	75 000	85 850	6 250
1924	195 500	80 000	90 000	5 100
1925	183 500	90 000	110 000	6 650
1926	201 000	104 000	122 000	7 000
1927	196 500	93 000	103 000	5 300
1928	213 000	119 000	115 000	6 300

Für 1928 ergeben diese Werte zusammen 453 300 sh. tons, d. s. 55 500 tons oder 14 % mehr als 1927 und 4 % mehr als 1926. Gegenüber dem Vorjahr ist der Verbrauch der fabrizierenden Starkstromindustrie um 8 %, der des Nachrichtenwesens um 28 % und der Konsum für Licht- und Kraftleitungen um 12 % gestiegen. Die außerordentliche Zunahme des letzteren (um 290 %) seit 1920 zeigt den gewaltigen Aufschwung im Leitungsbau infolge des Anwachsens der Stromabnehmer um 117 %, deren Anzahl 1920 rd. 10,8, 1928 aber rd. 23,4 Millionen betrug. Der gesamte Kupferverbrauch der V. S. Amerika hat sich von 621 373 sh. tons in 1919 mit Schwankungen (1921 waren es 459 885 tons) auf 980 100 tons in 1928 erhöht; der Anteil der Elektroindustrie, 1921 mit 28,3 % am größten, stellte sich in dieser Periode auf durchschnittlich 23,9 % und der des Leitungsbaus, der Telephonie und Telegraphie zusammen auf 21,1 % bei einem Maximum von 25,5 % im Jahr 1926.

Frankreichs elektrotechnischer Außenhandel[3]. — Nach der Rev. Gén. de l'El.[4] ist im ersten Vierteljahr 1929 die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse von 29 694 dz in der gleichen Zeit des Vorjahres auf 52 555 dz, d. h. um 22 861 dz oder 77 % und wertlich von 82,522 auf 139,197 Mill Fr bzw. um 56,675 Mill Fr oder fast 70 % gestiegen. Die Ausfuhr zeigt dagegen einen Rückgang von 75 185 auf 73 440 dz, mithin um 1745 dz und von 102,845 auf 100,439 Mill Fr, war also wertlich um 2,406 Mill Fr geringer als im 1. Quartal 1928. Für den Export ergibt sich damit ein Überschuß von 20 885 dz (45 491 i. V.), während dem Wert nach die Einfuhr um 38,758 Mill Fr überwog; die gleiche Periode des Vorjahres schloß mit einem Exportüberschuß von 20,323 Mill Fr.

[1] Bd. 93, 1929, S. 1269.
[2] Generatoren, Motoren, Schalttafeln, Lampen usw.
[3] Vgl. ETZ 1929, S. 808.
[4] Bd. 25, 1929, S. 1022.

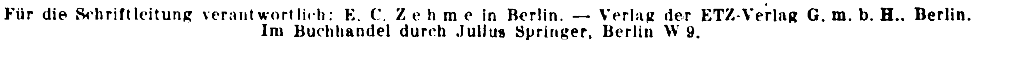
Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 309: Welche Firma stellt Apparate zum Prüfen von Spannungsverlusten an ölverkrusteten Ölschalterkontakten her?

Frage 310: Wer stellt Stege nach DIN VDE 7640/7641 aus Material der VDE-Klasse S her?

Abschluß des Heftes: 31. August 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.


Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.





LEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
17–1356) 12. SEPTEMBER 1929


TEFAG
KLEIN
REIHEN
SCHALTER
FÜR
POST-UND
HAUSVERKEHR
WEINBERG
★TELEPHON FABRIK BERLINER★
AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN-STEGLITZ SIEMENSSTR. 27

Elektrotechnische Zeitschrift
(Zentralblatt für Elektrotechnik)
Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894
Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9
50. Jahrgang Berlin, 12. September 1929 Heft 37

Wälzlager für Elektromotoren.

Von Prof. Dr. techn. **Franz Unger**, Braunschweig.

Übersicht. An Hand verschiedener üblicher Einbaubeispiele wird gezeigt, daß die Verwendung von Wälzlagern bei Elektromotoren vielfach beim Aus- und Einbau zu Schwierigkeiten und Beschädigungen der Lager Anlaß gibt, weil die Lager selbst geöffnet, vielfach auch noch zerlegt werden müssen. Es werden konstruktive Vorschläge gemacht, die es ermöglichen, die Motoren bei gekapselt bleibenden Lagern auseinander- und zusammenzubauen.

In den letzten Jahren sind die Wälzlager für den Elektromaschinenbau sehr wichtig geworden. Während man vor wenigen Jahren nur sehr raschlaufende kleine Motoren für Zentrifugenantrieb und dgl. mit Kugellagern und Straßenbahnmotoren nach einigem Widerstreben mit Rollenlagern ausgeführt hat, sind heute schon zahlreiche Firmen zur Serienfabrikation von Drehstrommotoren mit Rollenlagern bzw. Kugellagern übergegangen. Es ist anzunehmen, daß in nicht allzu ferner Zeit auch die Gleichstrommotoren mit Wälzlagern ausgerüstet werden. Die Vorteile der Wälzlager gegenüber den Gleitlagern sind augenfällig. Abgesehen von den viel kleineren Lagerreibungsverlusten ist ihre Betriebsicherheit größer. Selbst bei teilweiser Zerstörung (Bruch eines Wälzkörpers und dgl.) halten sie den Läufer genau zentrisch, so daß ein Streifen im Ständer fast unmöglich erscheint, ein Vorzug, der besonders für Drehstrommotoren wichtig ist. Ein weiterer Vorteil des Wälzlagers ist auch der geringere Schmiermittelverbrauch.

Fragt man sich, warum die Wälzlager noch so wenig verwendet werden, so findet man drei Ursachen: 1. die hohen Anschaffungskosten, 2. die schwierige, weil genauere Werkstattarbeit, 3. den schwierigen Zusammenbau und Ausbau. Die höheren Anschaffungskosten lassen sich durch Werkstoffersparnis an den übrigen Teilen der Maschinen teilweise, wenn nicht ganz, wieder wettmachen, denn die Baulänge der Maschine wird bei Verwendung von Wälzlagern weit geringer als bei Gleitlagern. Die Verwendung von Wälzlagern erfordert natürlich eine gänzliche Umstellung der Werkstatt und damit auch wieder Kosten. Ist diese Umstellung erfolgt, dann dürften die Werkstattarbeiten nicht schwieriger und teurer sein als bei Gleitlagern. Es bleibt immer noch der Einwand des schwierigen Zusammenbaues und noch schwierigeren Ausbaues. Daß dieser Einwand bei vielen heute üblichen Bauarten wirklich gerechtfertigt ist, soll an einigen Beispielen gezeigt werden.

Bekanntlich können Querlager einen ziemlichen axialen Schub aufnehmen, so daß man bei Elektromotoren mit waagerechter Welle fast nur Querlager verwendet. Dabei soll stets das am wenigsten belastete Lager Führungslager sein. Der Innenring wird mit Festsitz auf die Welle aufgebracht, der Außenring soll bei Rollenlagern mit Haftsitz, bei Kugellagern mit Schiebesitz im Gehäuse sitzen. Der Festsitz wird gefordert, um während des Laufes jede Relativbewegung zwischen Laufring und Welle zu verhindern, denn jede schnelle Gleitbewegung der Sitzflächen würde eine Abnutzung und damit ein Ausleiern des Sitzes verursachen. Bei Kugellagern wird Schiebesitz des Außenringes gefordert, um eine sehr langsame Drehbewegung im Gehäuse zu ermöglichen. Dadurch werden immer andere Teile des Außenringes den außerordentlich hohen Kugeldrücken ausgesetzt und die Abnutzung seiner Lauffläche gleichmäßig auf den ganzen Umfang verteilt. Bei Rollenlagern sind die spezifischen Drucke viel kleiner, also auch der Verschleiß der Laufflächen geringer; daher ist dort eine solche Drehbewegung nicht nötig.

Die von den Wälzlagerfabriken herausgegebenen Einbaubeispiele und Vorschriften für den Einbau von Wälzlagern an elektrischen Maschinen stehen häufig nicht im Einklang mit den Forderungen, die der Elektromaschinenbau an solche Konstruktionen stellen muß. Vielfach wird übersehen, daß die Läufer von Elektromotoren nach längerer Betriebszeit mindestens zu Reinigungszwecken ausgebaut werden müssen und daß zur Durchführung dieser Arbeiten oft nur unkundige Hilfskräfte wie Dorfschmiede, Schlosser, Klempner usw. zur Verfügung stehen. Es ist daher von Wälzlagerkonstruktionen an elektrischen Maschinen in erster Linie zu fordern, daß selbst ungeübte Handwerker Ausbau und Zusammenbau schnell und einfach durchführen können.

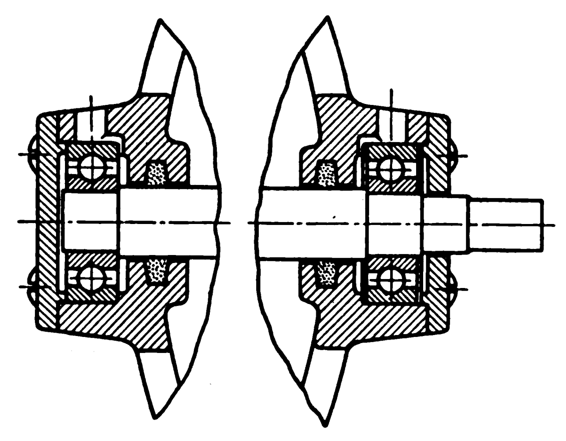


Abb. 1. Kugellager eines Elektromotors, Schiebesitz des Loslagers (rechts) auf der Welle.

Dabei soll man es, entgegen einer vielfach geäußerten Meinung, nach Möglichkeit vermeiden, daß beim Auseinandernehmen des Motors auch die Lager zerlegt werden müssen. Der Einwand, daß sich bei der Zerlegung der Lager eine günstige Gelegenheit zur Kontrolle etwaiger Fehler ergäbe, ist irrig. Grobe Fehler, die im allgemeinen zur schnellen Zerstörung der Lager führen, sind im Betriebe schon durch das Geräusch kenntlich; kleinere Fehler, wie zuviel Lagerluft, Verschmutzung und dgl., können im äußersten Falle nach Abnehmen des Deckels festgestellt werden. Beim Zerlegen des Lagers, besonders dann, wenn auch der Innen- vom Außenring abgezogen wird, ist eine Beschädigung der Laufflächen zu befürchten. Man muß sich vorstellen, daß z. B. bei einem Ausbau, bei dem der innere Laufring auf der Welle sitzen bleibt, sehr leicht eine Beschädigung der Lauffläche durch Anstoßen an irgend einen Teil des Lagerkörpers oder dgl. erfolgen kann. Nicht selten lagert ein ausgebauter Läufer tagelang mit offenen Wälzlagern. Eine Verschmutzung durch Staub, Ruß, Feuchtigkeit und dgl. ist dabei nicht zu vermeiden. Schon eine Berührung der Laufflächen oder der rollenden Teile des Lagers mit den Fingern kann zur Rostbildung und in weiterer Folge zur Beschädigung des Lagers führen.

In Abb. 1 ist ein Kugellagermotor dargestellt. Über den Einbau ist von der Lieferfirma der Lager angegeben,

daß auf der Riemenscheibenseite der Innenring Schiebesitz erhalten soll, auf der Gegenseite Festsitz. Das stärker belastete Lager wird also schlechter eingepaßt als das Festlager. Der Ausbau soll nach Angabe der Firma so erfolgen: Abziehen der Riemenscheibe, Lösen des Lagerschildes auf der Gegenseite, Herausziehen des Läufers. Eine andere Firma fängt die Sache nach Abb. 2 insofern

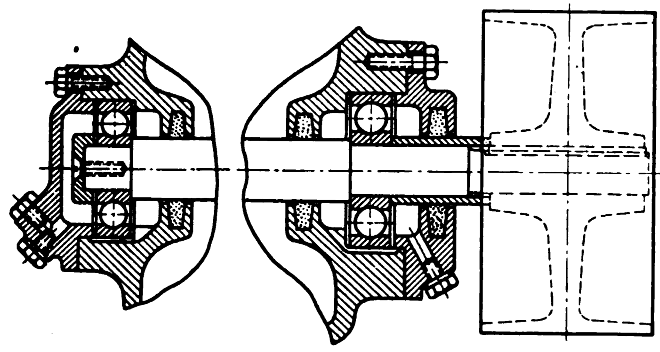


Abb. 2. Kugellager eines Elektromotors, Schiebesitz des Festlagers (links) auf der Welle.

besser an, als der Innenring des Festlagers mit Schiebesitz aufgesetzt wird und so der Anker nach der Riemenscheibenseite zu herausgezogen werden kann. In beiden Fällen wird ein Innenring mit Schiebesitz aufgezogen, d. h. das Lager verschlechtert; auch wird in beiden Fällen die Kapselung des Lagers aufgehoben. Bei der Ausführung nach Abb. 2 kann der Innenring des Festlagers durch die über den Zapfen geschobene Büchse festgeklemmt, also ein Gleiten verhindert werden, doch ist seine zentrische Lage nie so sicher als bei Festsitz.

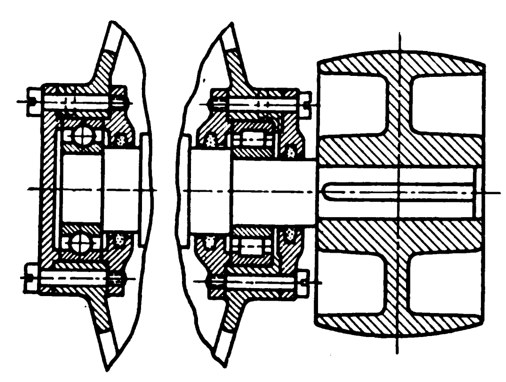


Abb. 3. Beide Innenringe Festsitz, Ausbau durch Zerlegung des Rollenlagers.

Da der Innenring stets mit Festsitz auf der Welle sitzen soll, ist es leider oft üblich, beim Ausbau von Motorläufern mit zylindrischen Rollenlagern den Außenring vom Innenring abzuziehen, d. h. das Lager zu zerlegen, wobei die Rollen samt Käfig je nachdem entweder auf dem Innenring oder auf dem Außenring verbleiben. In Abb. 3 ist eine solche Konstruktion dargestellt, bei der der Ausbau zwecks Reinigung nach Angabe der Firma so erfolgen soll, daß nach Abziehen der Riemenscheibe und Lösen des Lagerschildes auf der Gegenseite der Läufer in Richtung nach der Gegenseite herausgezogen wird. Hier werden die Rollen mit dem Außenring zusammen herausgezogen. Ein solcher Ausbau erfordert teuere Lager, weil Rollenlager mit Außenbordring teurer sind als solche mit Innenbordring. Bei Kugellagern ist ein derartiger Ausbau nicht möglich; hier müssen Innenring, Kugel samt Käfig und Außenring beisammen bleiben. In diesem Fall soll immer der Schiebesitz des Außenringes, niemals der Festsitz des Innenringes beim Ausbau gelöst werden, weil eine Lösung des Festsitzes selbst bei künstlicher Erwärmung des Innenringes schwierig ist und oft zu Beschädigungen des Lagers führt.

In Abb. 4 sind die Lager eines Motors dargestellt, bei dem auf eine besonders gute Dichtung Rücksicht genommen wurde. Die Lagerdeckel sind außer mit der üblichen Filzringdichtung auch noch mit Labyrinthdichtung versehen. In diesem Fall ist das Rollenlager ein (billigeres) Innenbordlager. Der Ausbau erfolgt ebenso wie in Beispiel Abb. 3. Das letzte Beispiel weist zwei Deckel für jedes Lager auf. Man kann die beiden Deckel von beiden Seiten mit Kopfschrauben an das Gehäuse anschrauben, hat aber dann meist keine Möglichkeit, den Innendeckel vom Lagerschild zu trennen, solange das Lagerschild am Gehäuse festsitzt. Fast alle neuzeitlichen Maschinen sind belüftet, vielfach auch gekapselt; das Lagerschild hat also keine Öffnung, durch die man an die inneren Kopfschrauben heran kann. Man muß daher meist den Innendeckel mit Gewinde versehen und durchgehende Kopfschrauben verwenden (Köpfe außen), um das innere Lagerschild von außen loslösen zu können. Der Zusammenbau ist dann nur mit einer Hilfsvorrichtung (meist lange Lehrbolzen) möglich und ziemlich umständlich und zeitraubend.

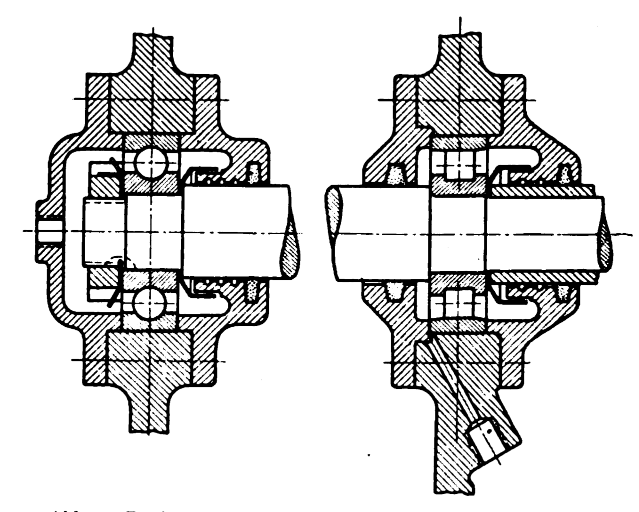


Abb. 4. Zweideckelige Lagergehäuse mit Labyrinthdichtung, beim Ausbau Zerlegung des Rollenlagers.

Eine unzweckmäßige Lösung dieser Aufgabe ist in Abb. 5 dargestellt. Hier hat man an Stelle der Kopfschrauben Stiftschrauben genommen, die im inneren Lagerdeckel vernietet sind. Der Ausbau kann jetzt ebenso erfolgen wie etwa in Abb. 4: Abnehmen der Stufenscheibe, Lösen der Muttern auf derselben Seite, Lösen des Lagerschildes auf der Gegenseite. Soll jetzt dieser Motor wieder zusammengebaut werden, so muß man den Läufer so lange drehen, bis die Bolzen in die Löcher des Lagerschildes passen. Schiebt man den Läufer nun weiter nach links, dann schiebt sich die Welle zuerst durch den inneren Lagerdeckel durch, bis dieser an irgendeinen Teil des Läufers anschlägt. Dann erst schieben sich die Bolzen weiter in die Löcher hinein. Will man die Bolzen überhaupt fassen, so muß man beim Entwurf des Läufers schon darauf Rücksicht nehmen, daß der innere Lagerdeckel möglichst wenig seitliches Spiel auf der Welle hat.

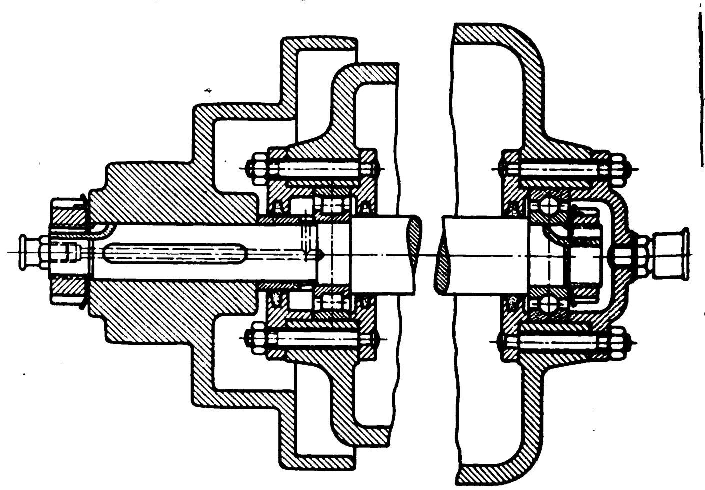


Abb. 5. Zweideckelige Ausführung mit eingenieteten Stiftschrauben, beim Ausbau Zerlegung des Rollenlagers.

Es fragt sich, ob zwei Lagerdeckel für jedes Lager nötig sind. Man begründet die Bauart mit zwei Deckeln vielfach damit, daß das Ausdrehen und Schleifen einer glatten zylindrischen Fläche einfacher und billiger ist als die Bearbeitung einer zylindrischen Fläche mit blindem Lagersitz (Anlauffläche). Das ist richtig, solange es sich um Einzelfertigung und nicht um Massenfertigung auf dem Revolver handelt. Immerhin ist zu bedenken, daß

die Ersparnis durch Wegfall des einen Lagerdeckels auch mit ins Gewicht fällt. In den Abb. 1 und 2 sind solche Lager dargestellt. Abb. 6 zeigt die Lager eines Straßenbahnmotors. Auch hier ist nur je ein Lagerdeckel vorhanden. Der Ausbau erfolgt so, daß nach Abnehmen des Ritzels, Abziehen des Labyrinthringes und Lösen des Lagerschildes auf der Kommutatorseite der ganze Anker nach rechts oder bei lotrechter Lage (Kommutator oben) nach oben herausgezogen werden kann. Das Loslager wird also zerlegt. Will man den Kommutator abdrehen, so muß man das noch auf der Welle sitzende Festlager ebenfalls zerlegen, erst dann kann man das Lagerschild von der Welle abnehmen. Auch hier also ein Zerlegen der Lager selbst. In Straßenbahnwerkstätten, in denen geschultes Personal arbeitet, läßt sich das noch einigermaßen verteidigen, weil man doch eine gewisse Gewähr dafür hat, daß die Lager beim Zerlegen oder Wiederzusammensetzen nicht beschädigt und in der Ausbauzeit auch nicht verschmutzt werden. Auch liefern die Wälzlagerfabriken für Bahnmotorenlager eigene Schutzvorrichtungen, um die Lager beim Aus- und Einbau gegen Beschädigung und Verschmutzung zu schützen. Immerhin wäre es besser, die Lager blieben ganz. Man kann auch den Lagerdeckel innen anbringen und hat dann dieselbe Montage, wie sie für Lager mit zwei Deckeln bereits beschrieben wurde (Lehrbolzen).

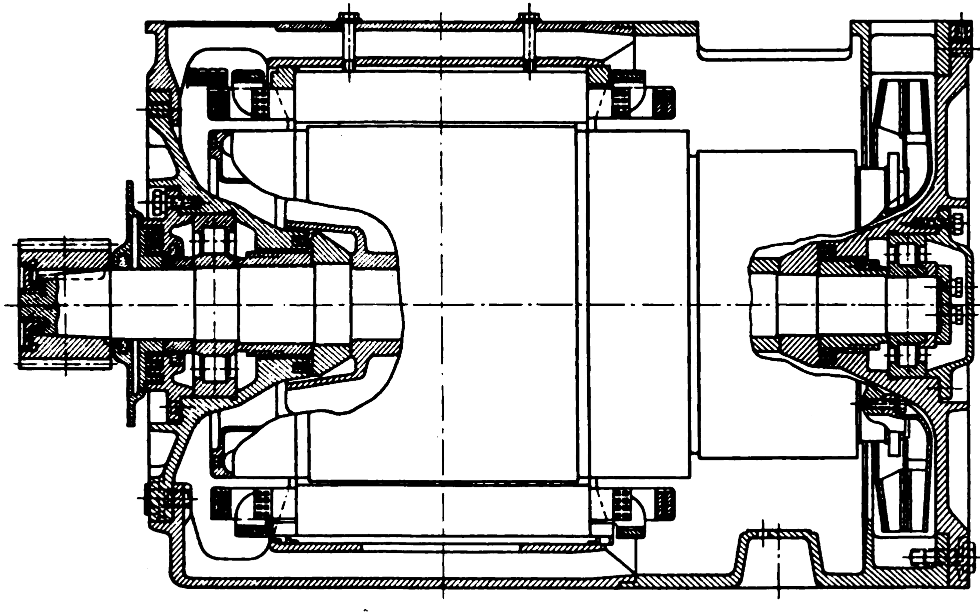


Abb. 6. Straßenbahnmotor mit Rollenlagern und Labyrinthdichtung, beim Ausbau Zerlegung der Lager.

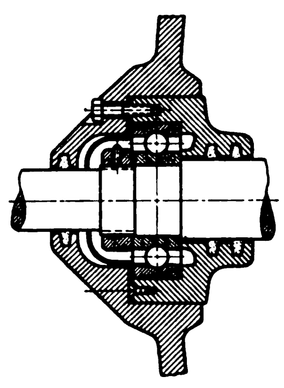


Abb. 7. Kugellager mit „Spulen" und Schutzkappen für den Ausbau.

Wir haben bei allen bisherigen Beispielen gesehen, daß beim Ausbau die Kapselung des Lagers aufgehoben werden muß; vielfach werden die Lager selbst auch noch zerlegt. Die Nachteile dieser Konstruktionen sind schon erwähnt worden. Mit Recht fragt man sich, ob denn keine Möglichkeit besteht, die Lager auch beim Ausbau gekapselt zu lassen. Bei Gleitlagern liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Da wird einfach der Zapfen aus dem Lager herausgezogen und beim Zusammenbau wieder hineingeschoben. Es wäre höchst unbequem, ein Gleitlager so auszuführen, daß etwa Zapfen und Lagerbuchse stets beisammen bleiben oder gar das ganze Lagergehäuse mit auf der Welle bliebe. Vielleicht hat dieser Umstand vielfach die Wälzlagerkonstrukteure beeinflußt. Bei Konstruktionen, bei denen man mit verschiedenen Übeln zu kämpfen hat, ist stets das kleinste dieser Übel zu wählen, das ist im Fall der Gleitlager der blanke herausgezogene Zapfen, im Fall des Wälzlagers das unzerlegte Lager. Es

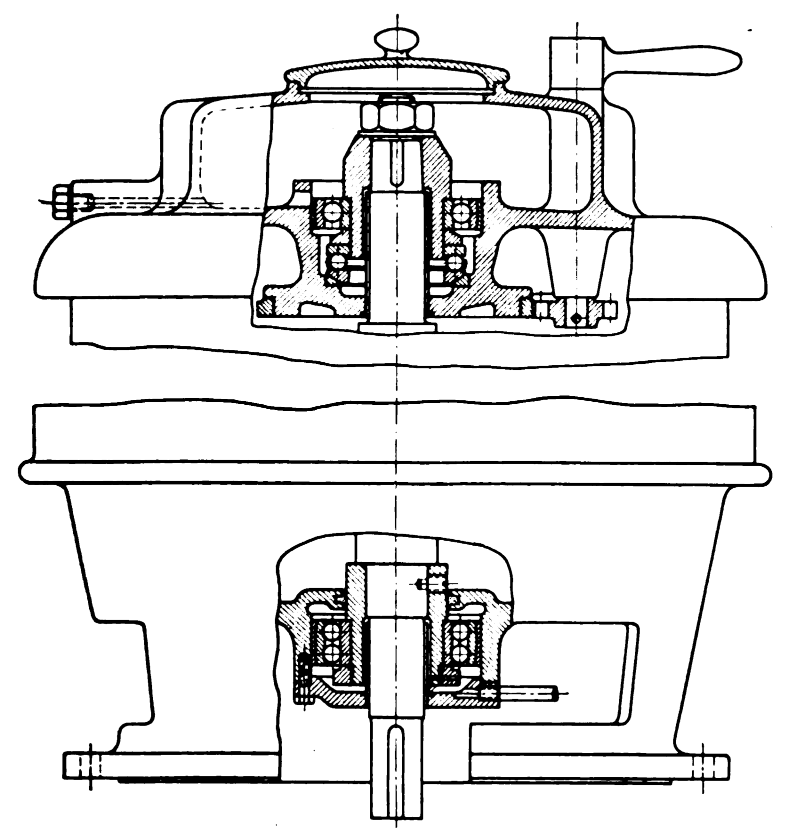


Abb. 8. Vertikal-Drehstrommotor, Ausbau nach unten, ohne Zerlegung der Lager möglich.

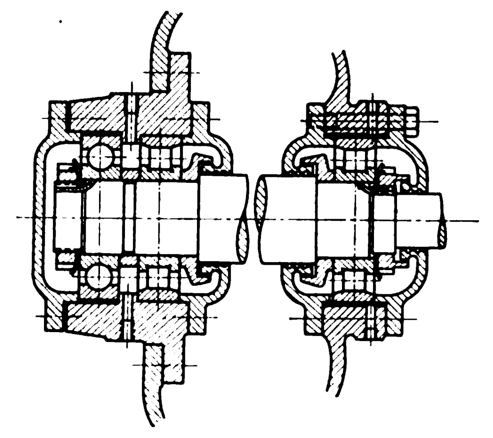


Abb. 9. Ausbau nach der Riemenscheibenseite zu, ohne Zerlegung der Lager.



wäre also wohl naheliegend, die Wälzlager so auszuführen, daß sie bei Ausbau des Läufers gekapselt auf der Welle bleiben. Man braucht dann nicht einmal das Schmiermittel aus ihnen zu entfernen. Kann man mit dieser Forderung auch noch die Forderung nach möglichst einfachem Ein- und Ausbau verbinden, dann wäre damit doch wohl eine Lösung gefunden, die alle Teile, sowohl die Wälzlagerfabriken, die Elektromotorenfabriken als auch die Betriebe, in denen solche Elektromotoren verwendet werden, befriedigen würde.

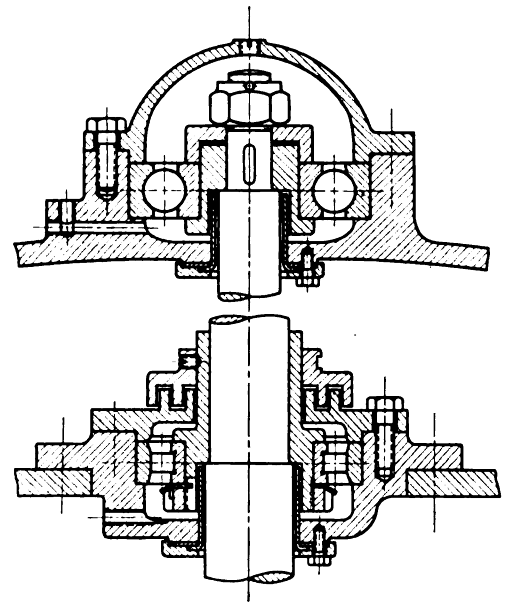


Abb. 10. Lagerung eines Vertikalmotors. Ausbau bei gekapselten Lagern nach oben möglich.

Eine Konstruktion, die allerdings noch wenig von diesem Vorteil aufweist, ist in Abb. 7 dargestellt. Es handelt sich um die sog. Spulenmontage. Unter „Spulen" versteht man hier Lagerdeckel, die keinen Flansch sondern nur eine zylindrisch bearbeitete Fläche haben, mit der sie in die Bohrung des Lagerschildes hineinpassen. Um beim Ausbau das Lager vor Verschmutzung, Beschädigungen und dergl. zu schützen, sind Schutzhauben aus Blech aufgesetzt und in den „Spulen" befestigt. Es ist also zum Zwecke der Kapselung ein neues Organ, die Schutzhaube, eingeführt worden. Gegenüber den bisherigen Beispielen bieten diese Lager wenigstens den Vorteil des, wenn auch nur bedingten Staubschutzes. Ein vollkommener Schutz durch die Schutzkappe kann nicht erzielt werden, weil letztere niemals vollkommen gegen die Welle abgedichtet werden kann. Auch muß das Schmiermittel vor dem Ausbau entfernt werden.

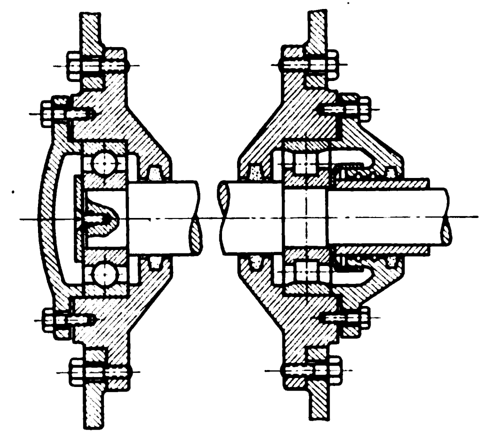


Abb. 11. Vorschlag zu einer einheitlichen Lagerkonstruktion, die Lager bleiben im Ausbauzustand gekapselt auf der Welle.

Eine Konstruktion, bei der die Lager zwar nicht vollständig gekapselt bleiben, aber doch wenigstens nicht zerlegt werden müssen, stellt Abb. 8 dar. Löst man bei dem Vertikal-Drehstrommotor die Mutter oben über dem Konus und das untere Lagerschild, so kann der Läufer nach unten herausgezogen werden. Allerdings bleibt das untere Lagerschild auf dem Läufer, was aber nicht so schlimm ist, weil die Schleifringe oben, also weit weg vom Lagerschild, sitzen. Man kann so die Schleifringe auch überdrehen.

Grundsätzlich anders und vollkommener ist der Entwurf nach Abb. 9. Das Loslager auf der Riemenscheibenseite weist keine Besonderheiten auf, wohl aber das Festlager auf der entgegengesetzten Seite, das als Ganzes mit einem besonderen Flansch in einem Flansch des Lagerschildes befestigt ist. Löst man das Lagerschild auf der Riemenscheibenseite, so kann man den Anker nach rechts herausziehen, ohne überhaupt ein Lager zu öffnen. Noch einfacher ist der Entwurf der Lager eines Vertikalmotors nach Abb. 10. Hier sind beide Lager mit Anlaufsitz ausgeführt. Es ist also nur je ein Deckel vorhanden. Beim Ausbau nach oben bleibt das Halslager gekapselt. Handelt es sich um einen Kurzschlußläufer-Drehstrommotor, wie meist in in solchen Fällen, dann kann das obere Lagerschild am Läufer bleiben; handelt es sich um einen Schleifringläufer oder um den Anker eines Gleichstrommotors, dann müßte in ähnlicher Weise wie das Halslager auch das obere Lager in gekapseltem Zustande vom oberen Lagerschild abgenommen werden können. Auch bei ganz kleinen Motoren kann man schon solche Konstruktionen ausführen. So z. B. besitzt der Staubsaugermotor einer großen Firma Kugellager, die auch beim Ausbau gekapselt bleiben. Solche Konstruktionen, die es ermöglichen, auch bei Ausbau des Läufers die Lager gekapselt zu lassen, sind heute nur sehr selten anzutreffen. Anscheinend besteht bei den Firmen das Bedenken, daß solche Lager teurer werden als die bisher üblichen. Betrachtet man daraufhin die Abb. 9, so muß man auch zugeben, daß dort das Festlager mehr bearbeitete Flächen hat als ein Lager, dessen Körper mit dem Gehäuse eins ist. Das Halslager in Abb. 10 hat nur einen Deckel und ist bereits einfacher in der Bearbeitung. Hier könnte man allerdings sagen, daß es sich an und für sich um eine teure Konstruktion handelt, bei der eine geringe Verteuerung des Lagers keinen erheblichen Einfluß hat. Es soll nun gezeigt werden, daß es möglich ist, auch bei gewöhnlichen listenmäßigen Motoren die dauernde Lagerkapselung zu erreichen, ohne eine Verteuerung gegenüber den bisherigen Konstruktionen herbeizuführen.

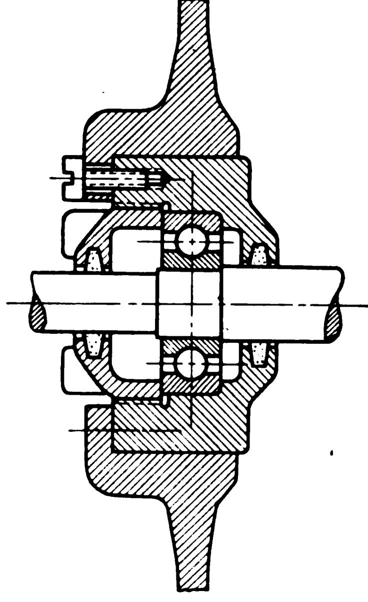


Abb. 12. Vorschlag einer einheitlichen Lagerkonstruktion für Kleinmotoren.

Abb. 11 stellt ein Lager dar, welches ähnlich wie Transmissionslager von der Wälzlagerfabrik fertig geliefert werden könnte. Der Lagerflansch kann bereits mit Gewinden für die Bolzen versehen sein. Die Motorenfirma braucht dieses Lager nur in ihr Lagerschild einzusetzen und festzuschrauben. Die Lagerschilder gestalten sich nach diesem Vorschlage bedeutend einfacher als bisher. Man kommt bei der Bearbeitung mit einer Aufspannung aus, während man bisher zwei Aufspannungen brauchte, denn stets muß ja der Lagerflansch **innerhalb des Lagerschildes** liegen, um das Lagerschild abheben und aufsetzen zu können. Vergleicht man die Bearbeitungsflächen dieses Lagers einschließlich Lagerschild mit denen etwa der Abb. 4 und 5, so findet man, daß sie sich nicht vermehrt haben, daß aber jetzt die Bearbeitung selbst einfacher geworden ist. An Stelle des zweiten Lagerdeckels tritt der Flansch des Lagerkörpers. Die Einpassung in das Lagerschild erfolgt mit Haftsitz ebenso, wie die des Lagerschildes in das Maschinengehäuse. Das Lagergehäuse selbst wird als Massenartikel hergestellt und kann, ebenso wie die Lager selbst, genormt werden. Hand in Hand mit der Normung müssen natürlich die Toleranzen festgelegt werden, so daß jede Motorenfirma in der Lage ist, von jeder Wälzlagerfabrik die

gekapselten Lager zu beziehen und einzubauen. Eine Schwierigkeit sehe ich nicht, da es ja bisher auch möglich war, die Laufringe der Wälzlager einzupassen, und da die Einpassung des Lagerkörpers in das Lagerschild auf größerem Durchmesser erfolgt als die des Außenringes in das Lagergehäuse.

Auch bei Kleinmotoren ist eine ähnliche Konstruktion möglich. Betrachtet man z. B. Abb. 12, so kommt man auf Formen, die eine entfernte Ähnlichkeit mit „Spulen" haben. Nur ist hier der Lagerdeckel in den Lagerkörper eingeschraubt und kann mit ihm heraus- und hineingeschoben werden. Das Lager bleibt also vollständig gekapselt, auch bei Ausbau des Läufers. Zur Befestigung des Lagerkörpers im Lagerschild können ganz kleine Schräubchen verwendet werden. Alle Schwierigkeiten, die sich beim Ein- und Ausbau des Läufers bisher ergeben haben, fallen auch hier fort. Die Sicherung des Lagerdeckels gegen Herausdrehen kann in ganz einfacher Weise durch Körnerschlag oder Verbohrung mit Messingdraht durchgeführt werden. Diese Konstruktion kann man auch für größere Motoren sinngemäß ausführen.

Im Elektromaschinenbau fordert man heute nach Möglichkeit gleiche Lagerschilder für beide Seiten eines Motors. Bei den bisherigen Konstruktionen führt diese Forderung zur Verwendung von Lagern mit gleichem Außenringdurchmesser und damit zu einer Verteuerung des Festlagers. Bei den Entwürfen nach Abb. 11 und 12 ist das nicht nötig. Man braucht hier nur die Lagergehäuse mit gleichen Flanschen auszuführen und kann ganz verschiedene Wälzlager hineinsetzen. Diese Überlegung führt naturgemäß zu dem weiteren Vorschlag, eine Normung der Flanschabmessungen der Lagergehäuse dergestalt durchzuführen, daß für verschiedene Laufringabmessungen äußerlich gleiche Gehäuse mit gleichen Flanschen verwendet werden. Auf diese Weise könnte man die Motoren nicht nur mit gleichen Lagerschildern ausführen, sondern auch verschiedene Lagerschilder mit gleichen Bohrungen versehen.

Elektrische Abbildung magnetischer Wirbelfelder.

Von Dr. **Friedr. Müllner,** Berlin.

Übersicht. Es wird ein experimentelles Verfahren zur quantitativen Bestimmung von Wirbelfeldern beschrieben.

Es ist bekannt, polare magnetische Flüsse durch Stromfelder anderer Art abzubilden. Ein Beispiel sind die Bilder von Hale Shaw, die man in verschiedenen Lehrbüchern findet[1]. Dort sind die magnetischen Flußlinien durch Strömungslinien einer Flüssigkeit ersetzt, was zufolge eines äquivalenten Verteilungsgesetzes ermöglicht wird. In ähnlicher Weise hat man auch durch eine entsprechend gestaltete elektrische Strömung die Verteilung magnetischer Flußlinien untersucht. Handelt es sich beispielsweise um ebene Felder, so läßt man den Strom durch eine Blechtafel bestimmter Form fließen und mißt die Potentialverteilung auf der Oberfläche. Die Stromspeisepunkte entsprechen dann den magnetischen Polen, die Linien gleichen elektrischen Potentiales ergeben die Form der magnetischen Niveaulinien. Das Kraftlinienbild erhält man nachher durch sinngemäßes Einzeichnen in das Niveaulinienbündel.

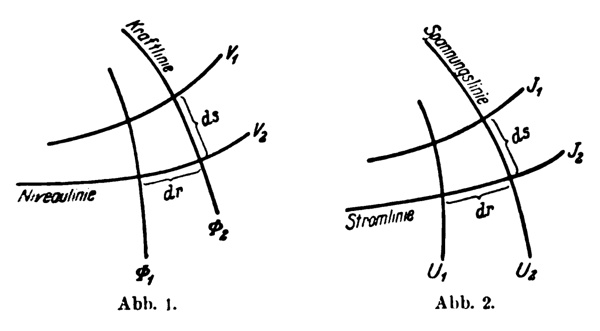


Abb. 1. Abb. 2.

Die obigen Methoden sind nur auf polare, d. h. reine Quellenfelder anwendbar. Sie versagen bei Wirbelfeldern. Die nachstehend beschriebene Analogie des magnetischen Feldes mit einem elektrischen Stromfeld ermöglicht in einfacher Weise eine äquivalente Abbildung magnetischer Wirbelfelder.

A. Ebenes magnetisches Feld.

Im magnetischen Feld gilt mit der üblichen Bezeichnungsweise die Beziehung

$$\mu \mathfrak{H} = \mathfrak{B} \quad . . . . (1)$$

Unter der Voraussetzung, daß $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{H}$ in einer Dimension (z. B. z-Achse) stets Null sind, so wie dies im aktiven Teil elektrischer Maschinen mit großer Annäherung der Fall ist, wird Gl. (1) für die x-y-Ebene ($\perp$ auf z):

$$\mu \frac{dV}{ds} = \frac{d\Phi}{dr}; \quad . . . . (1a)$$

darin und in Abb. 1 sind:

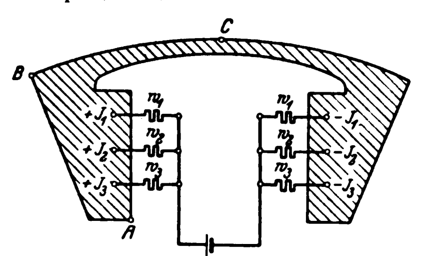
V das magnetische Potential,
Φ der Kraftfluß für die Längeneinheit der z-Achse,
r die Weglänge der Potentiallinien (Niveaulinien),
s die Weglänge der Flußlinien (Kraftlinien),
$V_2 - V_1 = dV$,
$\Phi_2 - \Phi_1 = d\Phi$.

[1] Z. B. Richter, Elektrische Maschinen Bd. 1, S. 173. — Pichelmayer, Dynamobau, Handbuch d. Elektrotechnik Bd. 5, S. 135. — Hale Shaw, J. Inst. El. Engs. London Bd. 34, S. 21.

Die totale magnetische Umlaufspannung des Wirbelfeldes ist

$$V_t = \oint \mathfrak{H}\, ds = \frac{4\pi}{10} J_t, \quad . . . . . . (2)$$

worin J_t die totale umschlungene Stromstärke (Durchflutung) in Ampere bedeutet.



w_1, w_2, w_3 Vorschaltwiderstände
J_1, J_2, J_3 Stromstärke in den Speisepunkten
Streukoeffizient wird gemessen als Spannungsverhältnis $AB:BC$

Abb. 3.

B. Ebenes elektrisches Stromfeld.

Wird eine ebene Platte von beliebig verteilter elektrischer Leitfähigkeit λ (z. B. ein Metallblech ungleichmäßiger Stärke) mit Strom gespeist, so gilt für das entstehende Strom-Spannungsfeld:

$$\frac{1}{\lambda} \mathfrak{C} = \mathfrak{E}, \quad . . . . (3)$$

worin $\mathfrak{C}$ die lineare Stromdichte und $\mathfrak{E}$ die elektrische Feldstärke bedeuten. Man kann statt Gl. (3) auch schreiben:

$$\frac{1}{\lambda} \frac{dJ}{ds} = \frac{dU}{dr} \quad . . . . (3a)$$

(Abb. 2). Die totale Stromstärke ist

$$J_t = \oint \mathfrak{C}\, ds, \quad . . . . (4)$$

J Stromstärke,
U Potential,
r Weglänge der Stromlinien,
s Weglänge der Potentiallinien.

C. Analogie der Felder nach A und B.

Vergleicht man (1), (1a) und (2) mit (3), (3a) und (4), so ergibt sich folgende Analogie:

Magnetisches Feld		Elektrisches Feld
μ	entspricht	$1/\lambda$
$\mathfrak{H}$	„	$\mathfrak{C}$
$\mathfrak{B}$	„	$\mathfrak{E}$
$V_t = \frac{4\pi}{10} J_t$	„	J_t
Φ (Kraftlinie)	„	U (Spannungslinie).

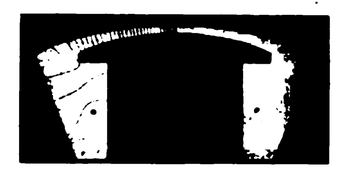
Das heißt: Die magnetischen Kraftlinien entsprechen im äquivalenten Stromfeld Spannungslinien. Das äquivalente Stromfeld besitzt dort, wo im magnetischen Feld die erregenden Strombündel durchtreten,

die Stromspeisepunkte; die elektrische Leitfähigkeit ist umgekehrt proportional der magnetischen.

In der Praxis handelt es sich meist um eine Aufteilung des magnetischen Feldes in Luft und Eisen. Vernachlässigt man die Sättigung, so kann man sagen: μ ist ∞ für Eisen und konstant endlich für Luft. Im Stromfeld ist also

$\lambda = 0$ für die „Eisenteile" und
$\lambda =$ konst. endlich für „Luft"

zu setzen.


Abb. 4. Schnitt durch den Pol einer Synchronmaschine, Erregerwicklung konzentriert. Links von Polmitte Ausbildung des Feldes.

Will man den Schnitt durch eine Maschine abbilden, so müssen aus einem Blech gleichmäßiger Dicke die „Eisenteile" herausgeschnitten werden. An den Stellen der Spulenquerschnitte, d. h. dort, wo die Durchflutungen sitzen, ist Strom entsprechender Stärke proportional der Spulen-Amperewindungszahl zuzuführen. Durch Abtasten mit einem Voltmeter findet man Punkte gleichen Potentiales. Ihre Verbindung ergibt direkt Kraftlinien. Man trägt sie in gleichen Spannungsabständen in das Bild ein und erhält Form und örtliche Dichte des magnetischen Feldes. Es ist wesentlich, daß bei festgelegtem Maßstab der zwischen zwei Punkten der Ebene hindurchtretende Fluß durch die Spannung zwischen diesen beiden Punkten gegeben erscheint. Man findet somit die Größe des Flusses ohne Aufzeichnung von Linien durch eine einfache Spannungsmessung. Daraus ergibt sich eine bequeme Ermittlung der Koeffizienten der Selbst- und gegenseitigen Induktion auch für komplizierte Leiteranordnungen mit Anwesenheit von Eisenteilen. Streukoeffizienten erhält man als Quotienten von zwei Flußmessungen: Streufluß dividiert durch Nutzfluß (Abb. 3).

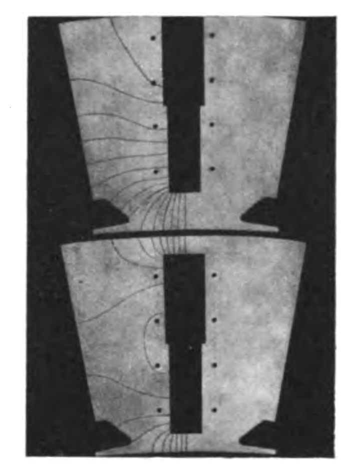

oben: Ausbildung des Wendefeldes wenn Luftspalt nur am Anker
unten: Wendefeld bei gleicher Erregung und geteiltem Spalt

Abb. 5. Schnitte durch die neutrale Zone eines Einankerumformers Wendepolwicklung erregt.

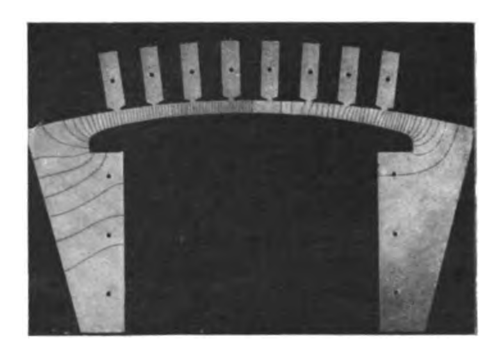
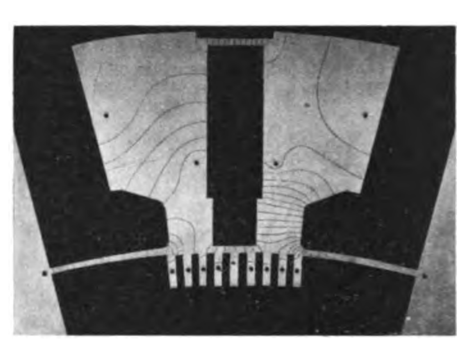

Erregerwicklung mit 3 konzentrierten Windungen
Ständerwicklung „ 1 „ Windung pro Nut 12 Nuten pro Pol
links von Polmitte: Ausbildung des Hauptfeldes bei Leerlauf
rechts von Polmitte: Ausbildung des Ankerrückwirkungsfeldes in reiner Querfeldstellung Augenblickswert des Ständerstromes $i_1 = 0$, $i_2 = i_m \frac{\sqrt{3}}{2}$, $i_3 = -i_m \frac{\sqrt{3}}{2}$ Die Nuten mit $i_1 = 0$ sind weggelassen

Abb. 6. Schnitt durch den Pol einer Drehstrom-Synchronmaschine.

Für die praktische Durchführung der Messungen an der stromgespeisten Blechtafel sind einige Punkte zu berücksichtigen. Zunächst müssen Stromspeisepunkte immer paarweise auftreten. Jedem Stromeintritt muß ein gleichgroßer Austritt gegenüberstehen. Da in allen elektrischen Maschinen die Durchflutungen immer volle Windungen und ihre Schnitte ebenfalls paarweise sind, bietet die Stromspeisung in dieser Hinsicht keine Schwierigkeit. Wichtig ist ferner, daß durch die Stromzuführungen die gleichmäßige Leitfähigkeit des Bleches in keinem Punkt gestört wird. Sind mehrere Zu- und Ableitungen vorhanden, so muß jedem Speisepunkt ein Widerstand vorgeschaltet werden, der so groß ist, daß die durch die Zuleitungen entstehende Überbrückung von zwei Punkten der Blechoberfläche nicht störend wirkt.


Abb. 7. Schnitt durch eine kompensierte Gleichstrommaschine. Resultierendes Feld bei Belastung. (Unter dem rechten Pol ist das Feld nur zum Teil eingezeichnet.)

Die den Speisepunkten vorgeschalteten Widerstände sind aber auch aus einem anderen Grunde nötig. Falls mehrere Durchflutungen verschiedener Stärke durch Stromquellen und -senken dargestellt werden sollen, so erhält man nur dann das richtige Feldbild, wenn die zu- und abfließenden Ströme überall den betreffenden Durchflutungen proportional sind. Das Verhältnis der Ströme ist somit gegeben und muß durch ein entsprechendes umgekehrtes Verhältnis der Vorschaltwiderstände erzwungen werden (Abb. 3). Selbstverständlich muß auch das verwendete Voltmeter genügend hohen Widerstand haben, um beim Abtasten die Leitfähigkeit der Blechtafel nicht merkbar zu stören. Durch einen Versuch mit zwei Voltmetern kann man sich darüber leicht Gewißheit verschaffen.

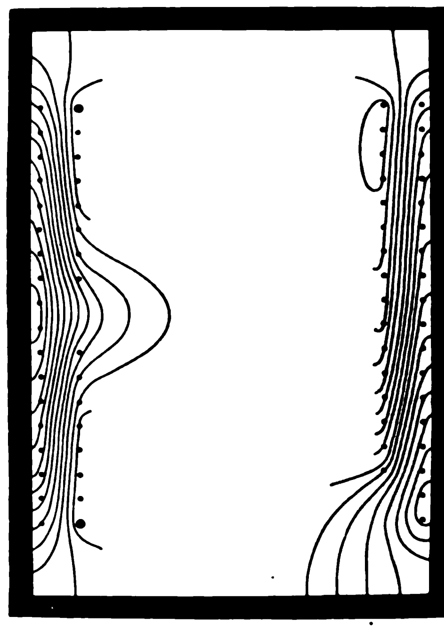

nkes Bild: Die äußere Wicklung (vom Kern entferntere) ist in der Mitte der Spulenlänge durch einen Schlitz geteilt (abgeschaltete Anzapfwicklung in der Mitte)
rechtes Bild: Die äußere Wicklung an einem Spulenende verkürzt (abgeschaltete Anzapfwicklung am Ende) Bemerkenswert in beiden Fällen ist, wie das Feld durchweg die Spulen schräg durchschneidet.

Abb. 8. Schnitt durch das Fenster eines Transformators mit konzentrischen Wicklungen.

In den Abb. 4 ... 8 sind auf die geschilderte Weise experimentell erhaltene Bilder wiedergegeben. Es wurde da-



bei 0,1 mm starke Bleifolie verwendet. Die Folie wurde auf Preßspantafeln von 2 mm Stärke aufgeklebt, dann entsprechend ausgeschnitten und die „Eisenteile" vom Preßspan abgezogen. Die Speisepunkte waren kleine Schräubchen, die durch den Preßspan durchgeführt waren. Die Vorschaltwiderstände bestanden aus Nickelindraht von etwa 0,3 ... 0,5 mm Dmr. und 10 ... 30 cm Länge. Die Stromstärke bei den Aufnahmen war 1 ... 2 A. Als Spannungsmesser diente ein Galvanometer von $22,5 \cdot 10^{-6}$ A Gesamtmeßbereich und 76 Ω Widerstand.

Netzkupplung.

Von Dr.-Ing. **M. Liwschitz,** Charlottenburg.

Übersicht. Es werden die beiden Arten der Netzkupplungsumformer: der Induktionsumformer und der Motorgenerator behandelt. Für den Induktionsumformer mit Gleichstrom-Belastungsmaschine, die von einem Leonard-Maschinensatz gesteuert wird, werden die Mittel zur Regelung der Wirk- und Blindleistung erörtert. Beim Motorgenerator zur Kupplung zweier Netze muß mindestens eine Hälfte aus einer Asynchronmaschine bestehen, die von einer Kommutator-Hintermaschine geregelt wird. Die letztere muß imstande sein, die natürliche Charakteristik der Asynchronmaschine sowohl parallel zu verschieben als auch zu drehen. Anordnungen, die diese Bedingungen erfüllen, werden angegeben. Ausgeführte Anlagen mit Induktionsumformer wie Motorgenerator werden kurz beschrieben.

I. Einleitung.

Die Netzkupplung, d. h. die Verbindung zweier Netze, bezweckt, elektrische Leistung aus einem Netz in ein anderes Netz zu übertragen. In den meisten Fällen liegen die Betriebsverhältnisse derart, daß jedes der beiden zu kuppelnden Netze imstande sein muß, sowohl an das andere Netz Leistung abzugeben, wie von dem anderen Netz Leistung aufzunehmen. Der Maschinensatz, der die beiden Netze kuppelt, muß also gewöhnlich für wechselseitigen Leistungstransport eingerichtet sein. Der Fall des Leistungstransportes in nur einer Richtung kommt seltener vor.

Die beiden zu kuppelnden Netze haben oft verschiedene Spannungen und fast stets verschiedene Frequenzen. Bei zwei Netzen mit gleichen Nennfrequenzen (etwa zwei 50periodigen Netzen) ist diese Verschiedenheit der Frequenzen bedingt durch die mit den Leistungsänderungen der Netze verbundenen Frequenzschwankungen. Der Fall der Kupplung zweier Netze mit verschiedenen Nennfrequenzen kommt in Deutschland hauptsächlich bei der Kupplung eines 16⅔periodigen Bahnkraftwerkes mit einem 50periodigen Kraftnetz vor. Im Auslande, wo auch bei den Kraftnetzen die Periodenzahlen oft stark voneinander abweichen (wie z. B. die 50- und 42periodigen Netze in Italien), kommt dagegen der Fall der Kupplung zweier Kraftnetze mit voneinander abweichenden Nennfrequenzen ebenfalls in Frage.

Die Gesetzmäßigkeit, der die aus einem in das andere Netz zu übertragende Leistung folgen soll, hängt von den Betriebsverhältnissen ab. Sie ist für die Wirkleistung und Blindleistung verschieden. Für die W i r k l e i s t u n g kommen folgende Regelungsarten in Betracht:

a) Die von dem einen Netz auf das andere übertragene Leistung soll unabhängig von den Frequenz- und Spannungsschwankungen der beiden Netze konstant bleiben.

b) Die Größe der übertragenen Leistung soll proportional sein dem Leistungsüberschuß des die Leistung abgebenden Netzes. Da das Vorhandensein eines Leistungsüberschusses in einem Netz normalerweise mit einer Frequenzsteigerung verbunden ist, so ist in diesem Falle die übertragene Leistung auch proportional der Frequenzänderung des die Leistung abgebenden Netzes.

c) Die Größe der übertragenen Leistung soll proportional sein dem Leistungsmehrbedarf des die Leistung aufnehmenden Netzes. Gemäß b) ist in diesem Falle die übertragene Leistung auch proportional der Frequenzänderung des die Leistung aufnehmenden Netzes.

d) Die übertragene Leistung soll so groß sein, daß sie stets in einem gewissen konstanten Verhältnis zu der Leistung eines dritten Netzes steht, das mit dem die Leistung aufnehmenden Netz parallel arbeitet.

Für die B l i n d l e i s t u n g kommen folgende Regelungsarten in Frage:

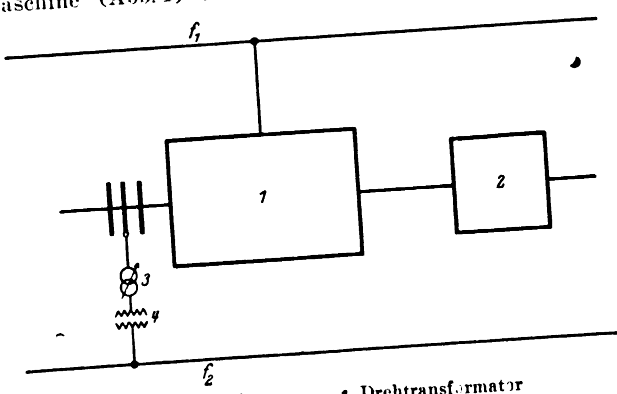
a) Die von dem einen Netz auf das andere Netz übertragene bzw. vom Umformer selbst erzeugte Blindleistung soll sich ändern in Abhängigkeit von der Spannung des einen der beiden Netze.

b) Die Blindleistung soll so groß sein, daß der Leistungsfaktor der übertragenen Leistung konstant bleibt.

Es sollen nun 2 verschiedene Arten der Netzkupplung beschrieben werden, u. zw. mit Hilfe eines Induktionsumformers und mit Hilfe eines Motorgenerators. Die Regelorgane, die bei den verschiedenen Regelarten der Wirk- und der Blindleistung erforderlich sind, sind bei den beiden Arten der Netzkupplungsumformer verschieden.

II. Netzkupplung mittels Induktionsumformers.

Die mit dem Ständer an das eine Netz, mit dem Läufer an das andere Netz angeschlossene Asynchronmaschine (Abb. 1) ist eine doppeltgespeiste Asynchronmaschine



1 Asynchronmaschine
2 Belastungsmaschine
3 Drehtransformator
4 Spannungstransformator

Abb. 1. Prinzipschema eines Induktionsumformers zur Kupplung zweier Netze.

und hat als solche den Charakter der Synchronmaschine. Die Frequenz der Ströme, die den Ständer speisen, sei f_1, die Frequenz der Ströme, die den Läufer speisen, f_2. Die Phasenfolge, mit der die Ströme in beide Teile eingeführt werden, wird derart gewählt, daß das Drehfeld, das von den Läuferströmen erzeugt wird, relativ zum Ständer die gleiche Drehrichtung hat wie das Drehfeld, das von den Ständerströmen erzeugt wird. Die Drehzahl des Ständerdrehfeldes ist gleich

$$n_{d_1} = \frac{60\, f_1}{p}$$

und die des Läuferdrehfeldes relativ zum Läufer, also vom Läufer aus betrachtet,

$$n_{d_2} = \frac{60\, f_2}{p}.$$

Die Bedingung jeder Drehfeldmaschine, daß die beiden Drehfelder relativ zueinander stillstehen, zwingt den Läufer, eine Drehzahl anzunehmen, die gleich ist

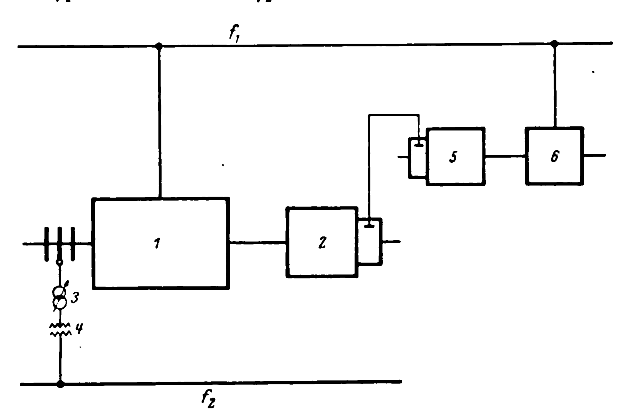
$$n = n_{d_1} - n_{d_2} = \frac{60\,(f_1 - f_2)}{p} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Ist $f_1 > f_2$, so ist $n_{d_1} > n_{d_2}$, und der Läufer hat dieselbe Drehrichtung wie die beiden Drehfelder (wie das resultierende Drehfeld). Ist $f_1 = f_2$, so ist $n_{d_1} = n_{d_2}$ und der Läufer steht still. Ist $f_1 < f_2$, so ist $n_{d_1} < n_{d_2}$, und der Läufer rotiert gegen das resultierende Drehfeld.

Soll die Maschine W i r k l e i s t u n g ü b e r t r a g e n, so muß ihrer Welle genau wie bei der Synchronmaschine ein Moment erteilt werden. Zu diesem Zwecke muß mit ihrem Läufer eine zweite Maschine, Belastungsmaschine (2, Abb. 1), gekuppelt werden. Hat das von der Belastungsmaschine dem Läufer des Induktionsumformers erteilte Moment denselben Drehsinn wie das Läuferdrehfeld, so wird das Läuferdrehfeld in Voreilung gebracht gegenüber dem Ständerdrehfeld, und der Ständer gibt genau wie bei der Synchronmaschine elektrische Energie an sein Netz ab. Die Richtung des Leistungsflusses ist die von dem Netz f_2 nach dem Netz f_1. Hat dagegen das von



der Belastungsmaschine dem Läufer des Induktionsumformers erteilte Moment umgekehrten Drehsinn als das Läuferdrehfeld, so wird das Läuferdrehfeld in Nacheilung gebracht gegenüber dem Ständerdrehfeld, und der Ständer nimmt aus seinem Netz elektrische Energie auf. Die Richtung des Leistungsflusses ist die von dem Netz f_1 nach dem Netz f_2.



1 Asynchronmaschine
2 Belastungsmaschine
3 Drehtransformator
4 Spannungstransformator
5 Gleichstrommaschine des Leonard-Satzes
6 Drehstrommaschine (asynchrone oder synchrone) des Leonard-Satzes.

Abb. 2. Induktionsumformer mit Leonard-Satz zur Regelung der Richtung und Größe der übertragenen Wirkleistung.

Die Richtung des Leistungsflusses hängt also nur von der Richtung des Drehmomentes der Belastungsmaschine ab. Die Größe der von einem Netz auf das andere übertragenen Leistung ist diesem Drehmoment direkt proportional. Dies gilt unabhängig davon, ob $f_1 \gtrless f_2$ ist. Die durch die Ständerwicklung durchgehende Leistung N_1 ist gleich dem Drehmoment des Umformers (dem Drehmoment der Belastungsmaschine) multipliziert mit der Umfangsgeschwindigkeit des Drehfeldes relativ zum Ständer. Die durch die Läuferwicklung durchgehende Leistung N_2 ist gleich dem Drehmoment des Umformers multipliziert mit der Umfangsgeschwindigkeit des Drehfeldes relativ zum Läufer, d. h.

$$\left.\begin{aligned} N_1 &= M \frac{2\pi n_{d_1}}{60} \\ N_2 &= M \frac{2\pi n_{d_2}}{60} \end{aligned}\right\} \quad \dots\dots\dots \quad (2)$$

Dementsprechend ist die Leistung der Belastungsmaschine

$$N_b = M \frac{2\pi n}{60} = M \frac{2\pi (n_{d_1} - n_{d_2})}{60}.$$

Da

$$\frac{n_{d_2}}{n_{d_1}} = \frac{f_2}{f_1}$$

und

$$\frac{n_{d_1} - n_{d_2}}{n_{d_1}} = \frac{f_1 - f_2}{f_1},$$

so ist

$$N_2 = N_1 \frac{f_2}{f_1} \quad \dots\dots\dots\dots \quad (3)$$

und

$$N_b = N_1 \frac{f_1 - f_2}{f_1} \quad \dots\dots\dots\dots \quad (4)$$

Ist $f_1 > f_2$, so ist N_1 unabhängig von der Richtung des Leistungsflusses größer als N_2. Ist $f_1 < f_2$, so ist N_1 unabhängig von der Richtung des Leistungsflusses kleiner als N_2.

Ist $f_1 > f_2$ ($N_1 > N_2$), so muß die Belastungsmaschine bei der Leistungsrichtung vom Netz f_2 nach dem Netz f_1 der Welle des Umformers die Leistungsdifferenz $N_1 - N_2$ zuführen und bei der Leistungsrichtung von dem Netz f_1 nach dem Netz f_2 von der Welle des Umformers die Leistungsdifferenz $N_1 - N_2$ aufnehmen. Im ersten Falle arbeitet die Belastungsmaschine als Motor, im zweiten Falle als Generator.

Ist $f_1 < f_2$ ($N_1 < N_2$), so muß die Belastungsmaschine bei der Leistungsrichtung von dem Netz f_2 nach dem Netz f_1 von der Welle des Umformers die Leistungsdifferenz $N_1 - N_2$ (dem absoluten Betrage nach) aufnehmen und bei der Leistungsrichtung vom Netz f_1 nach dem Netz f_2 der Welle des Umformers die Leistungsdifferenz $N_1 - N_2$ zuführen. Im ersten Falle arbeitet die Belastungsmaschine als Generator, im zweiten Falle als Motor.

Haben die beiden gekuppelten Netze gleiche Nennfrequenzen, die Schwankungen aufweisen ($f_1 \gtrless f_2$), so dreht sich der Läufer des Induktionsumformers bald in der einen, bald in der anderen Richtung, je nachdem ob f_1 größer oder kleiner ist als f_2. Sind die Nennfrequenzen der beiden Netze voneinander verschieden, so hat der Läufer des Umformers stets eine bestimmte Drehrichtung. Die Richtung des Leistungsflusses hängt, wie wir eben gesehen haben, nicht von der Drehrichtung des Läufers sondern nur von der Richtung des Drehmomentes der Belastungsmaschine ab. Man verwendet als Belastungsmaschine am zweckmäßigsten eine Gleichstrommaschine mit Fremderregung. Diese hat die Eigenschaft, daß sie sich auf einfache Weise regeln läßt mit Hilfe eines Leonard-Maschinensatzes, dessen Antriebsmotor an einem der beiden Netze hängt (Abb. 2). Durch Änderung der Erregung der Gleichstrommaschine des Leonard-Satzes können sowohl die Richtung des Leistungsflusses als auch die Größe der übertragenen Wirkleistung beliebig eingestellt werden. Der Antriebsmotor des Leonard-Satzes kann ein Asynchron- oder ein Synchronmotor sein.

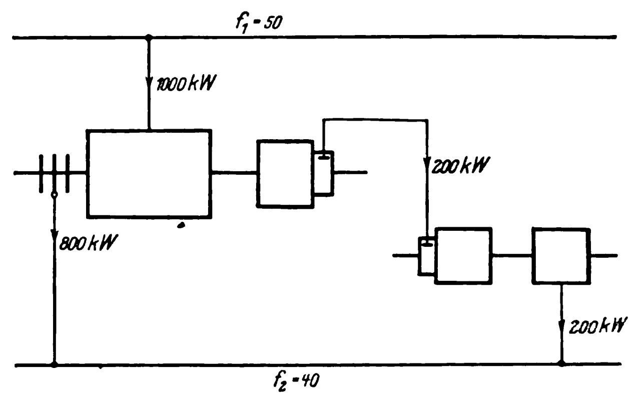


Abb. 3. Induktionsumformer. Der Antriebsmotor des Leonard-Satzes ist angeschlossen an das Netz mit der kleineren Frequenz.

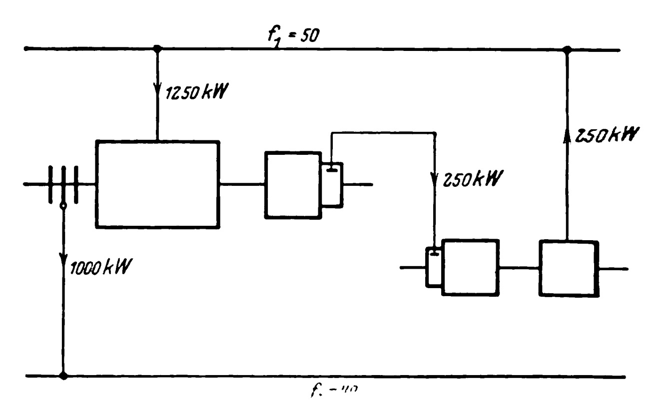


Abb. 4. Induktionsumformer. Der Antriebsmotor des Leonard-Satzes ist angeschlossen an das Netz mit der größeren Frequenz.

Nicht nur hinsichtlich der Regelung der Wirkleistung sondern auch in bezug auf die **Regelung der Blindleistung** ist der Induktionsumformer der Synchronmaschine ähnlich. Bei der Synchronmaschine wird die Blindleistung geregelt durch Änderung ihrer induzierten EMK (der Erregung), bei dem Induktionsumformer durch Änderung seiner Spannung. Die Änderung der Spannung des Induktionsumformers wird vorgenommen mit Hilfe eines Drehtransformators oder eines Stufentransformators (Abb. 1 u. 2), der normalerweise auf der Schleifringseite (Niederspannungseite) des Induktionsumformers liegt. Gewöhnlich ist auf der Schleifringseite des Umformers noch ein Spannungstransformator erforderlich, da man den Läufer nicht für Spannungen über etwa 4000 V ausführen wird.

Die Einstellung der Wirkleistung nach den Regelungsarten a) ... d) läßt sich erreichen mit Hilfe von Lei-

stungsrelais, die auf die Erregung der Gleichstrommaschine des Leonard-Satzes einwirken; in den Fällen b) und c) kann, falls die Leistungsänderungen mit Frequenzschwankungen verbunden sind, auch eine Tachometerdynamo zur Beeinflussung der Erregung der Gleichstrommaschine des Leonard-Satzes verwendet werden. Die Einstellung der Blindleistung läßt sich erreichen mit Hilfe eines Spannungsrelais im Falle der Regelungsart a) bzw. mit einem cos φ-Relais im Falle der Regelungsart b).

Bei Netzen mit ungleichen Nennfrequenzen erhält man für den Induktionsumformer kleinere Abmessungen, wenn man den Drehstromteil des Leonard-Satzes an das Netz mit der kleineren Frequenz anschließt. Dies geht aus den Abb. 3 und 4 hervor, die die Leistungen des Ständers und Läufers des Induktionsumformers bzw. der Belastungsmaschine zeigen unter der Annahme einer übertragenen Wirkleistung von 1000 kW bei Netzfrequenzen von 50 und 40 Hz. (Die Verluste sind außer acht gelassen.) Vielfach wird es jedoch erwünscht sein, den Drehstromteil des Leonard-Satzes umschaltbar auf beide Netze zu machen, da dann im Falle des Ausbleibens der Spannung eines der beiden Netze bei stillstehendem Umformer der Leonard-Satz von dem unter Spannung stehenden Netz angelassen und das fehlende Netz durch den Induktionsumformer ersetzt werden kann.

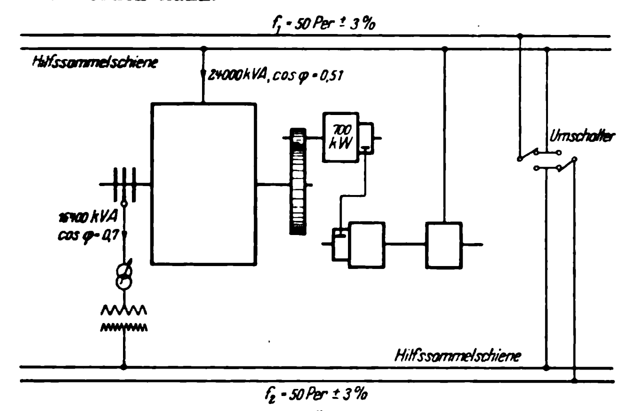


Abb. 5. Induktionsumformer zur Übertragung einer Wirkleistung von 11 500 kW bei cos φ = 0,7. Die Frequenzschwankungen betragen auf jeder Seite ± 3%, die Spannungschwankungen ± 5%.

Soll der Induktionsumformer außer der Wirkleistung noch Blindleistung übertragen (was fast stets der Fall ist) und dabei wechselseitig arbeiten können, so erhält man für ihn kleinere Abmessungen, wenn man die Anordnung so trifft, daß der Ständer stets die Leistung aufnimmt und der Läufer die Leistung abgibt. Bei Umkehr der Leistungsrichtung müssen dann Ständer und Läufer vertauscht werden. In Abb. 5 ist die Leistungsverteilung angegeben unter der Annahme gleicher Frequenz (50 Hz) beider Netze und einer übertragenen Scheinleistung von 16 400 kVA bei einem Leistungsfaktor cos φ = 0,7 entsprechend 11 500 kW Wirkleistung. Die Frequenzschwankungen sind für beide Netze zu ± 3 % und die Spannungschwankungen zu ± 5 % angenommen. Der Eigenbedarf des Induktionsumformers an Blindleistung bedingt, daß der an das Leistung abgebende Netz angeschlossene Teil des Umformers mit einem cos φ ≈ 0,51 bei einer Leistungsaufnahme von 24 000 kVA arbeitet. Macht man den Induktionsumformer umschaltbar, so braucht der Läufer, in dem weniger Platz für die Unterbringung der Leistung vorhanden ist als im Ständer, nur für 16 400 kVA (statt 24 000 kVA) bemessen zu werden. Der kleineren Läuferleistung entsprechen auch kleinere Modelle des Drehtransformators und des Spannungstransformators. Das Vertauschen von Ständer und Läufer muß bei stromlosem Induktionsumformer erfolgen.

Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, einen Teil der Blindleistung von der Drehstrommaschine des Leonard-Satzes erzeugen zu lassen.

Einen älteren Induktionsumformer, der sich seit 1914 in ununterbrochenem, einwandfreiem Betrieb befindet, zeigt Abb. 6[1]. Das zugehörige Schaltbild zeigt Abb. 7. Dieser Umformer verbindet das Netz Lombarda (Italien) mit einer Leistung von rd. 80 000 kVA mit der Zentrale Adamello von etwa 150 000 kVA. Das Netz Lombarda hat eine Nennspannung von 6500 V bei 50 Hz, die Zentrale Adamello ein solche von 6500 V bei 42 Hz. Im 50 Hz-Netz schwankt die Spannung normalerweise zwischen 6200 und 6550 V und die Frequenz zwischen + 2 und — 3 %; im 42 Hz-Netz schwankt die Spannung zwischen 6500 und 6700 V und die Frequenz zwischen + 1 und — 5 %.

Der Induktionsumformer hat nach beiden Richtungen zu arbeiten und eine Leistung von 1100 kW bei cos φ = 0,8 zu übertragen. Sein Ständer liegt am 50 Hz-Netz, sein Läufer am 42 Hz-Netz. Zwischen den Schleifringen, deren Spannung im Leerlauf 770 V beträgt, und dem 42 Hz-Netz liegen ein Spannungstransformator für 700/6500 V und ein Drehtransformator. Die unmittelbar gekuppelte Belastungsmaschine ist für eine Generatorleistung von 135/195 kW bzw. eine Motorleistung von 144/210 kW bei 195/285 U/min bemessen. Der Leonard-Satz liegt mit dem Drehstromteil am 42 Hz-Netz. Sein Asynchronmotor ist sechspolig und kann bei 825 U/min 255 kW abgeben. Seine Gleichstrommaschine ist für eine Leistung von 159/244 kW beim Lauf als Generator bzw. für eine Leistung von 123/180 kW beim Lauf als Motor bemessen.

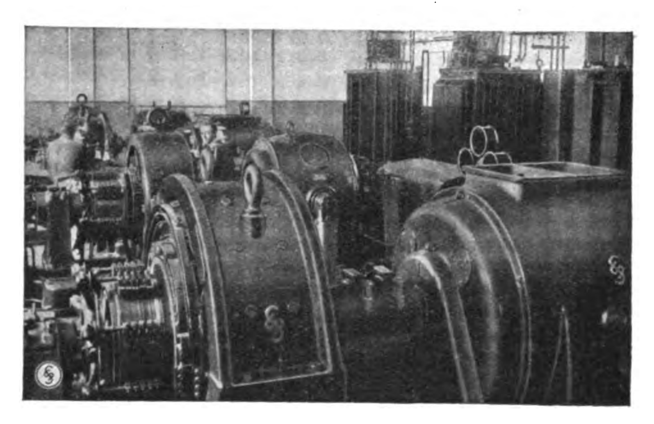


Abb. 6. Induktionsumformer der Anlage Adamello. Die übertragene Leistung beträgt 1100 kW bei cos φ = 0,8. Im 50 Hz-Netz schwankt die Frequenz zwischen + 2 und — 3%, die Spannung zwischen 6200 und 6550 V. Im 42 Hz-Netz schwankt die Frequenz zwischen + 1 und — 5%, die Spannung zwischen 6500 und 6700 V.

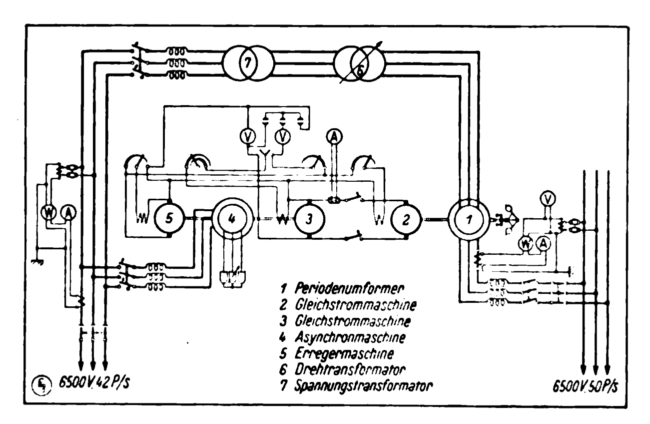


Abb. 7. Schaltbild des Induktionsumformers Abb. 6.

Dem 50 Hz-Netz sollen nicht mehr als 3000 kW entnommen werden. Hauptabnehmer ist der Betrieb Adamello, der am 50 Hz-Netz hängt. Der Induktionsumformer hat nun, falls der Betrieb Adamello weniger als 3000 kW braucht, die überschüssige Leistung dem 42 Hz-Netz abzugeben bzw., falls der Betrieb Adamello mehr als 3000 kW verbraucht, den Unterschied zwischen der verbrauchten Leistung und der zulässigen Leistung von 3000 kW dem Betrieb Adamello zuzuführen. Im ersten Falle überträgt der Induktionsumformer Leistung vom 50 Hz-Netz nach dem 42 Hz-Netz, im zweiten Falle in umgekehrter Richtung. Die Regelung auf konstante Leistungsentnahme aus dem Netz Lombarda wird durch ein in die Leitung von Lombarda eingebautes Leistungsrelais bewirkt, das die Erregung der Gleichstrommaschine des Leonard-Satzes beeinflußt.

Die Belastungsmaschine hat Fremderregung. Die Gleichstrommaschine des Leonard-Satzes hat beim Anlassen des Induktionsumformers Fremderregung, im Betriebe dagegen Selbsterregung und Kompoundierung (Gegenkompoundierung beim Arbeiten als Generator, Kompoundierung beim Arbeiten als Motor).

Das Anlassen des Umformers geschieht wie folgt: Der Leonard-Satz wird zunächst in üblicher Weise vom 42 Hz-

[1] Näheres s. M. Liwschitz, Netzkupplung mittels Induktionsumformer, Siemens-Z. 1926, H. 12.

Netz angelassen. Die Erregermaschine, die auf seiner Welle sitzt, kommt auf Spannung und erregt sowohl die Belastungsmaschine wie seine eigene Gleichstrommaschine. Durch allmähliche Steigerung der Erregung dieser letzteren wird der Induktionsumformer angelassen und nach Erreichung der richtigen Drehzahl auf der 50 Hz-Seite synchronisiert. Die Gleichstrommaschine des Leonard-Satzes wird dann mittels eines besonderen Schalters auf Selbsterregung umgeschaltet.

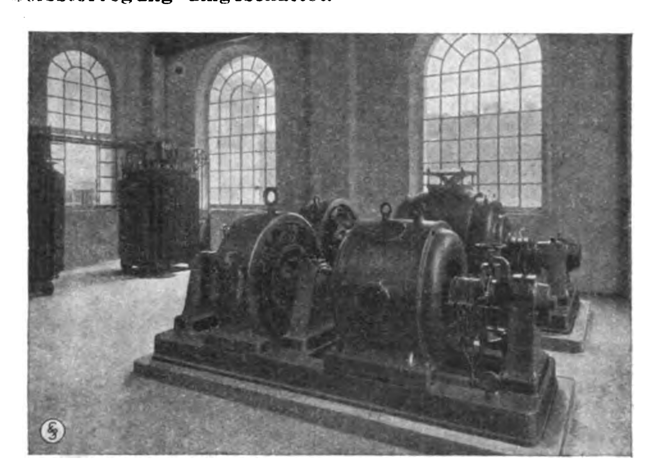


Abb. 8. Induktionsumformer der Anlage Bresciana. Die übertragene Leistung beträgt 900 kW bei cos φ = 0,75. Im 50 Hz-Netz schwankt die Frequenz zwischen 49 und 51 Hz, die Spannung zwischen 11 500 und 14 000 V. Im 42 Hz-Netz schwankt die Frequenz zwischen 42 und 44 Hz, die Spannung zwischen 6600 und 6800 V.

Die Einstellung der Blindleistung geschieht mit Hilfe des Drehtransformators (Abb. 7), der motorischen Antrieb mit Druckknopfsteuerung hat.

Mittels eines Fliehkraftschalters auf der Welle des Induktionsumformers ist dafür gesorgt, daß beim Überschreiten der zulässigen Drehzahl durch den Umformer sowohl der Leonard-Satz vom 42 Hz-Netz als auch der Umformer selbst vom 42- und 50 Hz-Netz abgeschaltet werden.

Die Erregung der Gleichstrommaschine des Leonard-Satzes und somit die Belastung des Umformers kann auch von Hand eingestellt werden.

Ein Reservemaschinensatz gleicher Größe wie der beschriebene (Abb. 6) soll nur dann eingreifen, wenn der im Betrieb befindliche Satz versagt oder wenn die Spannung des 50 Hz-Netzes ausbleibt.

Die Ansicht und das Schaltbild eines weiteren Induktionsumformers, der seit 1925 im Betrieb ist, zeigen die Abb. 8 u. 9. Auch dieser Induktionsumformer ist für Italien geliefert und verbindet die Zentrale Tagliano, die eine Nennspannung von 6800 V bei 42 Hz hat, mit der Zentrale Crespi, die eine Nennspannung von 13 000 V bei 50 Hz hat. Im 50 Hz-Netz schwankt die Spannung zwischen 11 500 und 14 000 V und die Frequenz zwischen 49 und 51 Hz. Im 42 Hz-Netz schwankt die Spannung zwischen 6600 und 6800 V und die Frequenz zwischen 42 und 44 Hz. Die vom Induktionsumformer zu übertragende Leistung beträgt 900 kW bei cos φ = 0,75.

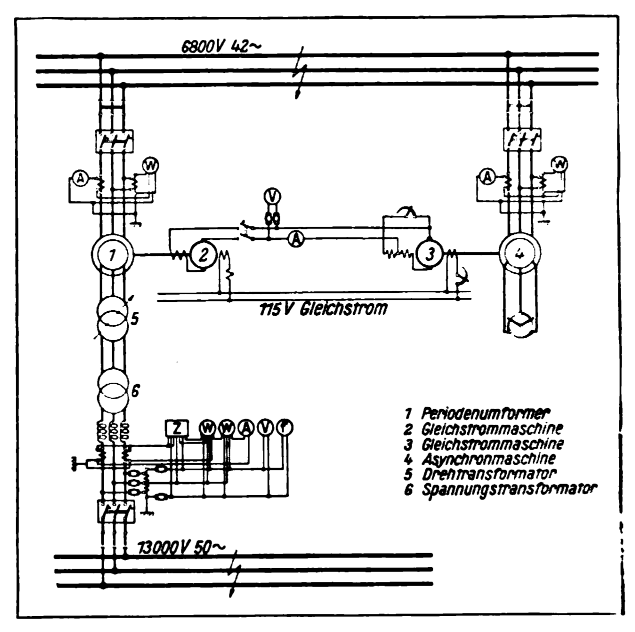


Abb. 9. Schaltbild des Induktionsumformers Abb. 8.

Die unmittelbar gekuppelte Belastungsmaschine ist für eine Generatorleistung von 112/179 kW bzw. eine Motorleistung von 127/190 kW bei 183/300 U/min bemessen. Der asynchrone Leonard-Satz liegt am 42 Hz-Netz. Seine Asynchronmaschine ist sechspolig und kann bei 825 U/min 235 kW abgeben. Seine Gleichstrommaschine ist für eine Leistung von 141/205 kW beim Lauf als Generator bzw. für eine Leistung von 97/164 kW beim Lauf als Motor bemessen. Der Induktionsumformer liegt mit dem Ständer am 42 Hz-Netz, mit dem Läufer über den Drehtransformator und Spannungstransformator am 50 Hz-Netz.

Die Regelung der Wirk- wie Blindleistung erfolgt von Hand. Die beiden beschriebenen Umformer haben Fremdbelüftung. *(Schluß folgt.)*

Die Scheinverbrauchsmessung und ihre Bedeutung für die Elektrizitätswirtschaft.

Von Dipl.-Ing. W. **Janički**, Zug (Schweiz).

Übersicht. Nach einem Hinweis auf die wirtschaftliche und technische Bedeutung des Leistungsfaktorproblems für die Elektrizitätswerke werden die wichtigsten gegenwärtig für die Praxis verwendeten cos φ-Tarife besprochen und gezeigt, daß aus theoretischen und praktischen Erwägungen heraus dem sog. kVA-Tarif (Scheinleistungstarif) der Vorrang vor allen anderen cos φ-Tarifen gebührt. Im Anschluß daran werden die verschiedenen Verfahren zur Messung des Scheinverbrauches und der mittleren Höchstscheinleistung besprochen und auf die zur Verfügung stehenden Apparate hingewiesen.

Zunächst sei mit einigen Worten auf die wirtschaftliche und die technische Tragweite der cos-φ-Frage hingewiesen. Die durch die Magnetisierungsströme von Transformatoren, Motoren und anderen Anschlußapparaten verursachte Phasenverschiebung setzt die Ausnutzbarkeit der Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen in um so höherem Maße herab, je größeren Einfluß Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft auf die Gesamtbelastung der Kraftwerke ausüben. An erster Stelle wird die Ertragsfähigkeit der in den Elektrizitätsunternehmungen investierten Kapitalien eingeschränkt und gleichzeitig werden die jährlichen Netzenergieverluste vergrößert. Somit bedeutet der Blindstrom für die Stromversorgungsgesellschaften eine beträchtliche w i r t s c h a f t l i c h e Belastung infolge der Notwendigkeit der Erhöhung des Anlagekapitals und der Steigerung der Stromwärmeverluste (Ohmsche oder Joulesche Verluste). In zweiter Linie kommen die t e c h n i s c h e n Faktoren in Betracht, die bei der Auseinandersetzung mit dem cos φ-Problem wesentlich ins Gewicht fallen. So spielt die Frage der Spannungsregelung eine bedeutende Rolle und die Zunahme der Kurzschlußströme durch die Netzphasenverschiebung ist eine andere wichtige Folgeerscheinung.

Mit dem steigenden Anteil des Großgewerbes und der Landwirtschaft an der Gesamtbelastung der Kraftwerke nahmen die Auswirkungen der erhöhten Netzphasenverschiebung einen immer größeren Umfang an, besonders in den Zentralen, die zum Schutz ihrer Verteil- und Schaltanlagen Reaktanzen in ihren Netzen vorgesehen hatten. Die Elektrizitätsgesellschaften sahen sich deshalb veranlaßt, den Blindstrom bzw. den Leistungsfaktor und den Scheinstrom mit Hilfe von Tarifmaßnahmen bei der Rechnungstellung zu berücksichtigen. Auf diese Weise entstand eine ganze Anzahl verschiedenartiger Tarife, von denen wir weiter unten eine kleine systematische Zusammenstellung geben, die sich auf das Wesentliche beschränkt und keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erhebt.

Tarifpolitische Erfassung des cos φ.

Zur tarifpolitischen Erfassung des Leistungsfaktors gelangten bis jetzt im Prinzip zwei Hauptverfahren zur Anwendung: entweder wird der Grundgebührentarif (Bereitstellungspreis oder Leistungspreis) auf der Basis der beanspruchten Scheinleistung aufgebaut — wobei die Scheinleistung auf rechnerischem (rein analytischem oder graphischem) Wege oder vermittels der in neuerer Zeit auf dem Markt erschienenen Scheinverbrauchszähler in Verbindung mit registrierenden Höchstscheinlast-Messern ermittelt wird — oder es wird der Blindverbrauch selbst mit Hilfe von Sinus-Zählern gemessen und zu einem bestimmten Satze den Kunden in Anrechnung gebracht. Gelegentlich tritt auch an Stelle des Blindstromes selbst der mittlere Leistungsfaktor für eine bestimmte Periode, dessen genauer Erfassung aber wegen des Mangels an leistungsfähigen registrierenden cos φ-Messern, besonders für Drehstromnetze mit ungleich belasteten Phasen und wegen der Umständlichkeit der Diagrammauswertung immer noch Hindernisse im Wege stehen. Für die Anwendung beider Methoden sind besondere Meßeinrichtungen notwendig; sie kommen daher fast ausschließlich nur bei Großverbrauchern in Frage, im wesentlichen also bei Hochspannungsabnehmern. Wenn man bei Kleinverbrauchern überhaupt nicht von vornherein auf eine Erfassung des Blindstromes verzichtet, begnügen sich die Werke in den allermeisten Fällen damit, bei Verwendung kompensierter Motoren (synchronisierte Asynchronmotoren, die gegenwärtig schon in Größen von 4 PS an aufwärts hergestellt werden) eine Pauschalermäßigung einzuräumen. Viele Elektrizitätsunternehmungen schlagen auch bei der Aufstellung ihrer Leistungsfaktorklauseln den Weg ein, daß sie die gesamten, ihnen durch die Phasenverschiebung erwachsenden Spesen auf den Wattstrom in Anrechnung bringen und dann in Verbindung mit schon anderweitig bestehenden Blindstromverträgen in ihrem Tarif einen Zuschlag für den Leerstromverbrauch einsetzen, der — mehr als Buße für ungenügenden denn als Ermunterung für guten Leistungsfaktor — die tatsächlich bestehenden Verhältnisse viel zu wenig in Berücksichtigung zieht.

Hauptforderungen an Blind- und Scheinstromtarife.

Bevor wir zur kritischen Besprechung der wichtigsten Arten der Blind- bzw. Scheinstromverrechnung an Hand des oben in Aussicht gestellten Überblicks übergehen, wollen wir uns darüber Rechenschaft abzulegen versuchen, welchen Haupterfordernissen ein zweckmäßig aufgebauter Blindstromtarif genügen muß, um zu praktisch befriedigenden Ergebnissen zu führen. Neben den wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gesichtspunkten, die schon weiter oben erwähnt worden sind und die für die Blindstrompreisstellung von Bedeutung sind, spielen bei der Gestaltung eines cos φ-Tarifes meß- und abrechnungstechnische Gründe sowie psychologische Momente und in gewissen Ländern auch gesetzliche Bestimmungen eine Rolle. Heutzutage liegen die Verhältnisse so, daß man auf meßtechnischem Gebiet sozusagen alle Tarifarten verwirklichen kann, auch solche, die auf rein wissenschaftlicher Basis beruhen, wie z. B. diejenigen von Buchholtz[1], Schering[2], Nissel[3], Fracanzoni[4] und Biffi[5]; nur fallen für die letzteren, rein wissenschaftlich aufgebauten Tarife meistens die erforderlichen Meßgruppen so verwickelt und kostspielig aus und die Eichung gestaltet sich so umständlich und langwierig, daß man in der Praxis auf ihre meßtechnische Erfassung und Auswertung verzichten muß. Auch die Zähler, die einen „komplexen Energiewert", nämlich die Wirkenergie und einen bestimmten Bruchteil der Blindenergie, zu einer gemeinsamen Verrechnungseinheit zusammengezogen, zu messen gestatten, haben aus den vorerwähnten Gründen bis jetzt noch nicht die Beachtung bei den Elektrizitätswerken gefunden, die ihnen dank ihrer hervorragend guten meßtechnischen Eigenschaften gebührt.

Einen weiteren Punkt, der bei Aufstellung kombinierter Tarife in Betracht gezogen werden muß, bilden die gesetzlichen Vorschriften. Wie in allen Kulturstaaten die Einheiten der Längen-, Flächen- und Raummaße und der Gewichte auf gesetzgeberischer Grundlage geregelt sind, so ist auch die Wirk-kWh in den meisten Ländern offiziell als Einheit für die elektrische Energie eingeführt worden. Die Stromversorgungs-Gesellschaften stehen daher unter dem Zwang, die Elektrizität den Verbrauchern auf Grund dieser Maßeinheit abzugeben. Es dürfen daher für Verrechnungszwecke keine Zähler ausschließlich benutzt werden, aus deren Angaben sich nicht in eindeutiger Weise der Konsum an elektrischer Energie in Wirk-kWh ergibt. Schon die Eichung in Geldeinheiten ist nicht gestattet. Daneben können allerdings Zähler für Leer-kWh (sin-kWh) oder kVAh in Verbindung mit solchen für Wirk-kWh verwendet werden. Man muß daher an einen Blindstromtarif oder einen kVA-Tarif, wie übrigens auch an jeden anderen Tarif, die Forderung stellen, daß die in Betracht kommenden Größen mit technisch einfachen Mitteln und mit gesetzlich statthaften Meßeinrichtungen erfaßt und zur Verrechnung gebracht werden.

Die vierte Forderung, die sich auf einen cos φ-Tarif bezieht, betrifft das „menschliche Element", den Faktor „Abnehmer". Sie liegt also auf psychologischem Gebiet. Ein Verbraucher wird sich nur durch einen Tarif, dessen Auswirkung ihm verständlich ist, zu einer Umstellung oder Änderung in seinem Betrieb bewegen lassen. Daher muß sich der praktische Tariffachmann vor allem anderen vor der Gefahr hüten, dem Verbraucher verwickelte Formeln für die Verrechnung aufdrängen zu wollen. Ein cos φ-Tarif muß in seinem Aufbau möglichst klar und durchsichtig und auch dem Laien nach einer in geeigneter Form vorgebrachten Erläuterung in großen Zügen verständlich sein. Die Hauptsache ist, daß in diesen Formeln eines nicht außer acht gelassen wird, nämlich die Psyche und der Geldbeutel des Abnehmers[6], auf die im allgemeinen in allen Formeln viel zu wenig Rücksicht genommen wird. Sonst kommt es häufig vor — wie sich dies sogar bei manchen üblichen Tarifen gelegentlich ereignet —, daß der Verbraucher Mißtrauen schöpft und lieber den Zuschlag für schlechten Leistungsfaktor zahlt — auch wenn er dessen sachliche Berechtigung ebensowenig einsieht wie die wirtschaftlichen Vorteile der Blindstromkompensation —, als daß er zu den ihm ungewohnt scheinenden Mitteln der Phasenverbesserung greift.

Zusammenfassend lassen sich die an einen cos φ-Tarif zu richtenden vier Hauptforderungen, die gleichzeitig eine Anleitung und eine Wegweisung für den, an die bestehenden oder zur Einführung empfohlenen Blind- und Scheinstromtarife anzulegenden kritischen Maßstab darstellen, folgendermaßen kennzeichnen:

1. Annäherung an die Selbstkosten der Blindstromerzeugung.
2. Wirtschaftlicher Anreiz für den Verbraucher zur Blindstromkompensation (Phasenverbesserung).
3. Messung und Verrechnung.
4. Verständlichkeit für den Verbraucher.

Es spielen also eine Rolle bei der Aufstellung von cos φ-Tarifen: wirtschaftliche, betriebs- und verrechnungstechnische, meßtechnische und psychologische Gesichtspunkte, und in dem richtigen gegenseitigen Abwägen und Berücksichtigen dieser vier maßgebenden Faktoren liegen der Erfolg eines Tarifs und seine Verbreitung begründet, der sich auf die Erfassung des Leistungsfaktors in der einen oder anderen Gestalt stützt, sei es durch Herbeiziehen des cos φ selbst oder des Blind- oder des Scheinverbrauchs bzw. der Scheinleistung.

Überblick über verschiedene cos φ Tariftypen.

Im folgenden soll nun eine kleine Übersicht über die wichtigsten gegenwärtig in den verschiedenen Kulturländern gebräuchlichen Typen von cos φ-Tarifen gegeben werden sowie auf einige zur Einführung empfohlene oder sich auf theoretische Betrachtungen stützende Blindstromtarifformen hingewiesen werden, die aus dem einen oder anderen Grunde ein besonderes Interesse beanspruchen dürfen. Im Anschluß daran soll ein kritischer Vergleich zwischen den Hauptarten dieser Tarifformen aufgestellt und die sich daraus ergebenden Schlußfolgerungen gezogen werden[7].

Die gegenwärtig in der Praxis gebräuchlichen Tarife zur Berücksichtigung des Leistungsfaktors oder des Blindstromverbrauches lassen sich am zweckmäßigsten und übersichtlichsten in drei Gruppen einteilen, von denen die einzelnen wiederum eine ganze Reihe verschiedener Modalitäten und Varianten aufweisen, auf die alle an

[1] Buchholtz, ETZ 1919, S. 101, 115.
[2] Schering, ETZ 1919, S. 330.
[3] H. Nissel, ETZ 1928, S. 1678, und Dissertation: Einfluß des cos φ auf die Tarifgestaltung der Elektrizitätswerke unter besonderer Berücksichtigung großstädtischer Verhältnisse. Verlag Julius Springer, Berlin 1928.
[4] G. Fracanzoni, Sulla energia reattiva nella economia generale della produzione e distribuzione dell'energia elettrica. L'Elettrotecnica Bd. 11, S. 573. — Rapport sur un système employé dans la tarification pratique de l'énergie réactive. Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 379.
[5] E. Biffi, Lo sfasamento degli impianti di utilizzazione nella vendita del 'energia elettrica. L'Elettrotecnica Bd. 14, S. 880.
[6] Vgl. in dieser Hinsicht den Artikel von Köchlin, Studien über die Berücksichtigung des Leistungsfaktors bei Strompreisstellung. Rev. Gén. de l'El. Bd. 9, S. 572.
[7] Literatur am Schluß des Aufsatzes.



dieser Stelle einzugehen wegen ihrer großen Anzahl ein Ding der Unmöglichkeit wäre".

1. Der kVA- oder Scheinleistungstarif.

In neuerer Zeit wird häufig dazu übergegangen, bei Tarifen mit Leistungs- und Arbeitsgebühr an Stelle des früher gebräuchlichen Grundgebühren- oder Maximalansatzes, bei dem die kW und die kWh der Verrechnung zugrunde gelegt wurden, auf die kVA und die kWh abzustellen, wobei bei der kVA-Bewertung die Jahresgrundgebühr auch vom durchschnittlichen Jahresleistungsfaktor abhängig gemacht werden kann, so daß z. B. die Preise für die ersten kVA folgendermaßen nach dem $\cos\varphi$ abgestuft sein können: bei $\cos\varphi = 1$: 360 Geldeinheiten für die ersten kVA, bei $\cos\varphi = 0{,}8$: 450 und bei $\cos\varphi = 0{,}5$: 720 Geldeinheiten. Durch die Einführung des Scheinleistungstarifs wird der Einfluß der Anlagen bzw. des investierten Kapitals und auch die bereitgehaltene Leistung betont. Der Haupteinwand, der gegen die kVA-Tarife in der Praxis erhoben wird, besteht darin, daß diese Verrechnungsmethode zuverlässige kVA-Zeiger voraussetze und ferner den wirklichen Verhältnissen nur dort gerecht werde, wo mit ungefähr gleichbleibendem Leistungsfaktor und konstanter Belastung gearbeitet werde. Bei stark schwankendem Betriebe trage diese Methode den tatsächlich vorliegenden Verhältnissen zu wenig Rechnung, da die Ermittlung der Scheinleistung gewöhnlich zu den Zeiten stärkster Belastung erfolge, die üblicherweise den höchsten Leistungsfaktor aufweise. Zu den Stunden schwacher Belastung, in denen gewöhnlich auch der $\cos\varphi$ den kleinsten Wert hat, finde seine Berücksichtigung nicht statt. Der Abnehmer habe das Bestreben, lediglich in den Stunden der Höchstbelastung einen günstigen Leistungsfaktor zu erreichen, während der übrigen Zeit biete ihm diese Verrechnungsmethode keinen Anreiz, eine Verbesserung der Phasenverschiebung herbeizuführen. Anderseits könne das kVA-Maximum des Abnehmers zu einer Zeit auftreten, in der die Belastung der betreffenden Fernleitung oder des Kraftwerkes ihren Höchstwert nicht erreicht. Auch die Abhängigkeit der Übertragungsverluste von Leistungsfaktor solle nicht vollkommen unberücksichtigt bleiben.

Diesen Einwänden kann man durch folgende Tarifmaßnahmen begegnen: Man verrechnet, wie ursprünglich angegeben, nach kVA und kWh, bestimmt aber das kVA-Maximum, indem man den höchsten kW-Wert verwendet und durch denjenigen mittleren Leistungsfaktor dividiert, der sich aus dem gesamten Wirkverbrauch und Scheinverbrauch eines bestimmten Zeitabschnitts, z. B. eines Monats ergibt. Bei Verwendung von Scheinverbrauchszählern in Verbindung mit schreibenden Höchstlastanzeigern, wie solche z. B. durch die Firma Landis & Gyr A. G. in Zug (Schweiz) unter dem Namen „Trivector", kombiniert mit einem „Maxigraph" hergestellt werden[9], kann man sogar noch einen Schritt weiter gehen und denjenigen Wert des Leistungsfaktors der Berechnung zugrunde legen, der der mittleren Höchstscheinlast innerhalb einer bestimmten Zeitspanne entspricht, da die fortlaufende synchrone Registrierung aller in Frage stehenden Größen diese Erfassung der in Betracht kommenden Werte des Leistungsfaktors ohne weiteres gestattet. Dadurch wird erreicht, daß auch der bei dem laufenden Verbrauch sich einstellende Leistungsfaktor berücksichtigt werden kann und der Abnehmer veranlaßt wird, auch außerhalb der Spitzenzeit auf die Einstellung eines günstigen $\cos\varphi$ Bedacht zu nehmen. Die Verwendung eines Trivector-Scheinverbrauchszählers bietet außerdem den Vorteil, daß die Registrierung für jeden Wert des Leistungsfaktors von 1 ... 0 reicht, bei gegenseitiger Belieferung zweier Werke sogar für den ganzen Leistungsfaktorbereich von 0 ... 360° bei Benutzung zweier Apparate mit Umschalt- und Stopprelais.

Der kVA-Tarif bietet auch den großen Vorteil, daß er dem theoretischen, auf den Selbstkosten des Blindstromes aufgebauten $\cos\varphi$-Tarif sich am meisten nähert[10]. Bei einer Benutzungsdauer von 2000 h/Jahr, die für industrielle Betriebe mit einer einzigen Arbeitschicht normal ist, stimmen diese beiden Tarife fast vollkommen überein. Bei geringerer Benutzungsdauer liefert der kVA-Tarif verglichen mit dem theoretischen $\cos\varphi$-Tarif nach Nissel etwas zu hohe Preise, bei langer Benutzungsdauer liegen die Preise etwas zu niedrig. Die Unterschiede sind jedoch nicht beträchtlich und können durch geeignete Wahl von Leistungs- (Grundgebühren-) Preis und Arbeitspreis in der Praxis noch mehr ausgeglichen werden. Durch eine Anlehnung der Strompreise beim Scheintarif an den theoretischen, auf den reinen Blindstrom-Selbstkosten aufgebauten Tarif nach Nissel wird außerdem der Anreiz für den Abnehmer für Phasenkompensation, der nach den eingangs angeführten Überlegungen am meisten angestrebt werden soll, bei geringer Benutzungsdauer erhöht. Wenn nämlich die Preisansätze bei niederer Benutzungsdauer eine nicht genügend stark ausgeprägte Abhängigkeit vom Leistungsfaktor aufweisen, so könnte der Fall eintreten, daß unter Umständen die durch die Phasenverbesserungseinrichtungen erzielten Ersparnisse nicht ausreichen, um die hierfür aufgewendeten Kosten zu kompensieren. Daher ist bei niedriger Benutzungsdauer ein stärkeres Anwachsen der Preise bei schlechtem Leistungsfaktor aus tarifpolitischen Gründen empfehlenswert, wie sich ein solches bei Anlehnung an den theoretischen $\cos\varphi$-Tarif nach Nissel ergibt. Anderseits ist bei langer Benutzungsdauer auch bei weniger stark ausgeprägter Variation der Preise in Funktion vom $\cos\varphi$ die Wirtschaftlichkeit einer Blindstrom-Kompensationseinrichtung immer noch gewährleistet, wie dies aus den Untersuchungen von Nissel einwandfrei hervorgeht.

Will man die Scheinleistung der Berechnung des $\cos\varphi$ zugrunde legen, so ergibt sich eine sehr einfache Berücksichtigung des Leistungsfaktors durch einen Benutzungs-Dauerrabatt. Der Quotient aus Kilowattstundenzahl und Scheinleistung in kVA ist gleich dem Produkt aus $\cos\varphi$ und der scheinbaren Benutzungstundenzahl; dieser Bruch wird also um so größer, je besser der mittlere Leistungsfaktor ist. Zur Bestimmung dieses Verhältnisses eignet sich wiederum am besten ein Scheinverbrauchszähler in Verbindung mit einem kVA-Zeiger oder mit einem schreibenden Höchstscheinlastzeiger.

2. Blindverbrauchtarife.

Bei diesem Tariftypus wird, abgesehen von dem Arbeitspreis und einem allfälligen Leistungspreis (Bereitstellungspreis) für den Wirkverbrauch, ein bestimmter Betrag für die zu Magnetisierungszwecken benötigte Blindenergie oder ein prozentualer Zuschlag vom Arbeitspreis bei sinkendem $\cos\varphi$ erhoben. Bei dieser Tarifart wird meistens ein nomineller Leistungsfaktor, z. B. $\cos\varphi = 0{,}8$ oder 0,75, der Preisbildung zugrunde gelegt und ein Zuschlag für den Überverbrauch bei ungenügendem $\cos\varphi$ verrechnet, während für eine Erhöhung über den Nennwert (Sollwert) des Leistungsfaktors eine Rückvergütung gewährt wird. Die letzte fällt allerdings häufig auch weg, da es nicht immer im Interesse der Werke liegt, wenn ihre Netze mit einem höheren durchschnittlichen Leistungsfaktor als ursprünglich vorgesehen wurde betrieben werden. Außerdem könnte der Abnehmer in Versuchung kommen, seine Anlage mit einer Phasenvoreilung zu betreiben, was ebenfalls meistens unerwünscht ist, besonders wenn es sich um ein Kabelnetz handelt.

Die für die Verrechnung der Blindenergie in den Blindverbrauchtarifen aufgestellten Formeln lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen: in solche, bei denen die Verrechnung der Blindenergie unabhängig von der Wirkenergie erfolgt, und in solche, bei denen die Tarifikation des Blindverbrauches auf die Größe des Wattverbrauches Rücksicht nimmt. Die Formeln der ersten Kategorie enthalten zwei voneinander unabhängige Glieder, von denen sich das eine auf die aktive und das andere auf die reaktive Energie bezieht. Im nachfolgenden seien einige der wichtigsten Blindverbrauchstarife angeführt.

I. „Komplexe Energie" nach Arnò[11] und Illiovici[12]. — Arnò empfiehlt die Anwendung besonders geeichter Zähler, die so eingestellt sind, daß sie ⅔ der Wirkleistung und ⅓ der Blindleistung messen, d. h.

---

[8] So gibt es z. B. in den V. S. Amerika und in Kanada allein nach einem 1922 erstatteten Bericht des Leistungsfaktor-Unterausschusses der Zählerkommission der National Electric Light Association bei 59 Werken (von 418 in Städten mit mindestens 20 000 Einwohnern) besondere Gebühren und Klauseln für niedrigen $\cos\varphi$, wobei nicht weniger als 20 verschiedene Blindstromklauseln zur Anwendung gelangen. (Vgl. T-2-'22. Report of the Subcommittee on Power Factors and kVA of the National Electric Light Association Meter Committee, New York City.)

[9] Vgl. z. B. ETZ 1929, S. 501. Bull. SEV Bd. 18, S. 501, u. Bd. 20, S. 508. El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 1072 u. 32. Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 785. El. Arbeit (TRUA) Bd. 11, S. 121.

[10] Vgl. H. Nissel, wie Fußnote 3. — Boucherot, Rev. Gén. de l'El. Bd. 3, S. 83. — R. Rolland, ETZ 1925, S. 289.

[11] R. Arnò, Nuovi metodi di misure industriali. Atti dell' Associazione Elettrotecnica Italiana, maggio, aprile e luglio-agosto 1910, S. 101. — Di una soluzione del problema della compravendita dell'energia. Watt-Volt-amperometri elettrodinamici ad induzione. Congresso internazionale delle applicazioni elettriche, Torino 1911. — Apparecchi di controllo del fattore di potenza e metodi di misura relative. L'Elettrotecnica, Bd. 8, S. 142. — Sur la définition pratique et exacte de la charge complexe. Lumière Electrique Bd. 14, S. 35. — Lumière Electrique Bd. 5, S. 212, 232, 264, 296; Bd. 13, S. 396. — Perfectionnements apportées aux methodes et aux appareils pour la mesure industrielle de la puissance et de l'energie complexe. Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 5, S. 955.

[12] A. Illiovici, Rev. Gén. de l'El. Bd. 4, S. 102.

mit anderen Worten: bei einem cos φ von rd. 0,7 (φ = 45 °) wird der normale Kilowattstundenpreis berechnet, während bei cos φ = 1 eine Ermäßigung um ⅓ stattfindet, bei schlechtem Leistungsfaktor jedoch eine entsprechende Verteuerung eintritt. Dieser ursprünglichen Methode der Verrechnung einer komplexen Energie haftet, abgesehen von ihrer Ungenauigkeit, vor allem der Nachteil an, daß der Abnehmer keine Kenntnis davon hat, mit welcher Phasenverschiebung seine Anlage arbeitet und daher auch für ihn jeder Ansporn entfällt, den Leistungsfaktor seines Betriebs zu erhöhen. Eine wesentliche Vereinfachung wird erzielt, wenn die wattlose Leistung besonders registriert wird, also zwei getrennte Zähler für Blind- und Wirkverbrauch verwendet werden. In französischen Stromlieferungsverträgen findet sich beispielsweise häufig die Bestimmung, daß zur Vereinfachung des Abrechnungswesens an Stelle der unmittelbaren Fakturierung der wattlosen Energie 30 % (in neuerer Zeit 20 %) der Blindkilowattstunden den Wirkkilowattstunden hinzugezählt werden, wobei der Gesamtbetrag der so erhaltenen Kilowattstunden als „komplexe Energie" bezeichnet wird. Diese komplexe Energie wird vom Abnehmer zu einem Preis von so und so viel Centimes für die Kilowattstunde bezahlt. Häufig findet sich auch der Zusatz, daß für den Fall, wo der Abnehmer seine Anlage so verbessert, daß sich der Leistungsfaktor zwischen 0,9 und 1 bewegt, überhaupt keine Blindkilowattstunden verrechnet werden. Diese Art der Tarifierung der komplexen Energie wird vom französischen Ministerium für öffentliche Arbeiten in einem Rundschreiben vom 24. XI. 1919 zur Anwendung empfohlen.

II. RWE-sin φ-Tarif (Bußmann-Tarif). — In Deutschland sind die Blindverbrauchszähler bei der Stromverrechnung unseres Wissens zum erstenmal von Dir. Bußmann beim Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerk eingeführt worden. Als Sollwert des Leistungsfaktors wird beispielsweise cos φ = 0,75 vorausgesetzt. In diesem Falle zeigt der Blindverbrauchzähler 88 % der Wirkenergie an. Ist die Anzahl der Blindkilowattstunden kleiner, so hat der Verbraucher durchschnittlich während einer bestimmten Zeitperiode mit einem höheren Leistungsfaktor gearbeitet und das Elektrizitätswerk vergütet z. B. für die Fehlmenge 6 % des Rechnungsbetrages. Übertreffen die Blindkilowattstunden 88 % der Wirkkilowattstunden, so ist die Anlage des Abnehmers mit einem schlechteren durchschnittlichen cos φ betrieben worden, und das Stromversorgungsunternehmen erhebt einen Zuschlag von beispielsweise 12 % der Blindkilowattstunden, berechnet vom normalen Preise der Arbeitskilowattstunden. Für gegenseitige Belieferung ergeben sich naturgemäß kompliziertere Verrechnungsbedingungen, auf die hier nur hingewiesen werden kann[13].

III. Direkte Verrechnung des Blindverbrauchs. — Sofern die gesetzlichen Bestimmungen eines Landes es zulassen, besteht naturgemäß kein Hindernis, bei Verwendung von Sinus-Zählern jede verbrauchte Blindenergieeinheit mit einem bestimmten Einheitspreis in Anrechnung zu bringen, der jeweils entsprechend den vorliegenden Verhältnissen festgelegt wird. Diese Art der Verrechnung ist allerdings äußerst einfach und dem Abnehmer wohl auch verhältnismäßig leicht verständlich zu machen. Aber einerseits ist es sehr schwer, den richtigen Preis für die Blindkilowattstunde zu bestimmen, anderseits wird durch diese Art der Tarifikation bei dem Kunden der Eindruck hervorgerufen, als ob das Elektrizitätswerk durch den Verkauf von Blindkilowattstunden ein besonderes Geschäft erzielen wolle, was im beiderseitigen Interesse zu vermeiden ist.

IV. Direkte Leistungsfaktortarife. — Den bisher aufgezählten Verrechnungsmethoden der Blindenergie ist die unmittelbare Berücksichtigung der Leer-Kilowattstunden gemeinsam. Der cos φ tritt an und für sich bei der Tarifikation nicht in Erscheinung. Jedoch kann er auch in einfacher Weise in den Stromlieferungsbedingungen erfaßt und hierbei auch zur direkten Verrechnung herangezogen werden. Es kann z. B. festgesetzt werden, daß der übliche Kilowattstundenpreis bei einem Leistungsfaktor von 0,8 gilt. Für jedes Hundertstel Verbesserung erhält der Verbraucher eine Preisermäßigung (Preisvergünstigung) von beispielsweise 1 %, für jedes Hundertstel Verschlechterung wird von ihm ein Mehrbetrag im gleichen oder höheren Wert erhoben. An Stelle des prozentualen Zuschlages können auch von vornherein festgelegte Koeffizienten treten, mit denen der Preis der normalen Kilowattstunde bei verschiedenen Leistungsfaktoren multipliziert wird, beispielsweise:

cos φ = 1	Koeffizient 0,68
= 0,9	0,75
= 0,8	0,87
= 0,7	1,00
= 0,6	1,18
= 0,5	1,56.

Beide Verfahren sind vom tariftechnischen (aber nicht vom meßtechnischen) Standpunkt aus betrachtet einfach und wohl auch im großen und ganzen für den Verbraucher verständlich, sie weisen überdies den großen Vorzug auf, dem Abnehmer einen Anreiz zu bieten, für die Verbesserung des Leistungsfaktors seiner Anlage Sorge zu tragen, da er hierfür gewissermaßen eine Belohnung erhält. Dies erscheint schon, wie oben bereits erwähnt, aus psychologischen Gründen angezeigt, da der Abnehmer sicherlich eher geneigt ist, auf ein Preisstellungsverfahren einzugehen, das ihm unter gewissen Voraussetzungen und Bedingungen eine Vergünstigung in Aussicht stellt, statt ihm, wie eine Polizeibehörde, mit einer Buße zu drohen. Vom meßtechnischen Standpunkt aus betrachtet, stoßen jedoch die direkten Leistungsfaktortarifierungen auf Umständlichkeiten und Schwierigkeiten, sofern man auf große Genauigkeit Wert legt und keine schreibenden Scheinverbrauchzähler verwenden will. Am genauesten, aber auch am langwierigsten geschieht dies durch einen registrierenden Leistungsfaktoranzeiger, aus dessen Angaben der mittlere cos φ bestimmt werden kann. Bei Anwendung eines Sinus-Zählers kann der durchschnittliche Leistungsfaktor aus dem Quotienten der Ablesungen des Wirk- und Blindverbrauchzählers ermittelt werden. Durch die Division der wattlosen Leistung durch die Wattleistung folgt tg φ, so daß mittels einer Tabelle der Leistungsfaktor abgelesen werden kann. Dagegen ergibt sich der cos φ unmittelbar, wenn an Stelle des Blindverbrauchzählers der Scheinverbrauch in Kilovoltamperestunden oder die Scheinleistung in Kilovoltampere durch einen schreibenden Scheinverbrauchzähler registriert wird.

V. Phasenverschiebungsformeln. — Zwei weitere Verfahren der Blindstromverrechnung, die in dem bereits erwähnten Zirkular des französischen Ministeriums für öffentliche Arbeiten vom 24. XI. 1919 empfohlen werden und die sich in Frankreich einer ziemlich beträchtlichen Verbreitung erfreuen, werden in der französischen Fachliteratur üblicherweise als Phasenverschiebungsformeln („formules de déphasage") bezeichnet. Das erste Berechnungsverfahren besteht darin, daß man den Preis der Werkkilowattstunde mit dem Koeffizienten $1 + 0{,}02\,n$ multipliziert, wenn der mit Hilfe der Angaben eines Blindverbrauchzählers ermittelte Wert des Leistungsfaktors kleiner als 0,8 ist, wobei n die Anzahl Hundertstel bedeutet, um welche der berechnete Wert des mittleren Leistungsfaktors innerhalb eines gewissen Zeitabschnittes geringer ist als der Soll- oder Vergleichswert von 0,8. Die zweite Verrechnungsmethode besteht in der Multiplikation des Kilowattstundenpreises mit dem Faktor 0,8 : cos φ. Dadurch wird nicht nur automatisch eine Tarifikation der Blindenergie für alle Werte des Leistungsfaktors kleiner als 0,8 ermöglicht, sondern auch eine Rückvergütung zugunsten des Abonnenten für jede Verbesserung des cos φ zwischen 0,8 und 1 gewährleistet. Diese zweite Formel wird in Frankreich und auch in anderen Ländern ziemlich häufig verwendet, allerdings mit einigen Abschwächungen, da sonst bei einem Leistungsfaktor von 0,55, der noch ziemlich häufig vorkommt, der Energiepreis sich bereits um 50 % erhöhen würde. Außerdem ist dieses Tarifikationsverfahren dadurch noch stärker fortschreitend und ausgreifender gestaltet worden, daß die Erhöhung des Prozentsatzes staffelweise in dem Maße vorgenommen wird, wie der Leistungsfaktor sinkt.

Weitere Phasenverschiebungsformeln sind von Illiovici[14], Fracanzoni[15] und Biffi[16] sowie von verschiedenen anderen Autoren aufgestellt worden, auf die hier aber nicht näher eingegangen werden kann.

VI. Verrechnung der Blindenergie in Abhängigkeit von der Netzbelastung oder der Tageszeit. — A. M. Mieg[17] hat in einer bemerkenswerten Arbeit darauf hingewiesen, daß alle bis jetzt in der Praxis gebräuchlichen Tarifformen für Blindenergie an dem Übelstand kranken, daß kein Unterschied zwischen dem zur Spitzenzeit und zu Zeiten schwacher Belastung stattfindenden wattlosen Stromverbrauch gemacht wird, trotzdem es vollständig logisch erscheint, die Blindenergie während der Stunden starker und stärkster Netzbeanspruchung zu einem höheren Preisansatz zu verrech-

[13] Vgl. z. B. Sonderheft der Verein. d. Elektrizitätsw. zur cos φ-Tagung, November 1921, S. 123.

[14] A. Illovici, Rev. Gén. de l'El. Bd. 22, S. 313.
[15] G. Fracanzoni, L'Elettrotecnica Bd. 11, S. 573. — Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 384.
[16] E. Biffi, L'Elettrotecnica Bd. 14, S. 882.
[17] A. M. Mieg, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 325.



nen als während solcher mäßiger oder schwacher Inanspruchnahme.

Um zu einer befriedigenden Lösung zu gelangen, wird daher vorgeschlagen, die wattlose Energie in Abhängigkeit von dem jeweiligen momentanen Belastungszustand des Netzes bzw. der in Frage stehenden Linie (Freileitung oder Kabel) zu registrieren und dementsprechend zur Verrechnung zu bringen. Man kann dieses Ergebnis auf zwei verschiedene Arten erzielen: entweder betrachtet man die Blindenergie in Funktion der augenblicklich herrschenden Wirknetzbelastung oder in Funktion der Tagesstunden.

a) Registrierung der Blindenergie in Abhängigkeit der jeweiligen Netzbelastung. — Eine erste Lösungsmöglichkeit besteht in der Verwendung eines Blindverbrauchzählers mit Doppel- oder Dreifachtarifzählwerk, wobei die Tarifumschalteinrichtung von einem besonderen wattmetrischen Relais gesteuert wird, u. zw. derart, daß beispielsweise der Tarif Nr. 1 des Zählwerkes für eine Leistungsbelastung von 0... ⅓ der Nennlast zur Anwendung gelangt, der Tarif Nr. 2 für eine solche von ⅓... ⅔ und der Tarif Nr. 3 für eine solche, die ⅔ der Solleistung (Normallast) überschreitet. Allerdings ist die Verwirklichungsmöglichkeit dieses Verfahrens an das Vorhandensein eines wattmetrischen Relais gebunden, das genügend empfindlich und ausreichend genau ist, um einen einwandfreien Betrieb zu gewährleisten.

Eine zweite Lösungsmöglichkeit bietet sich dar durch die Anwendung des bei der Wirkenergie üblichen Maximaltarifes auf den Blindverbrauch. Man darf jedoch für diesen Zweck nicht einfach einen Sinus-Zähler mit Maximumzeiger gebrauchen, da die Höchstwerte der wattlosen Energie zeitlich nicht notwendigerweise mit denen der Wattenergie zusammenfallen. Diesem Übelstand kann dadurch abgeholfen werden, daß man einen Scheinverbrauchzähler mit Maximumzeiger oder mit einer schreibenden Höchstscheinlast-Registriervorrichtung herbeizieht, der für diesen Zweck besonders geeignet ist, da es in Wahrheit die Höchstscheinleistung ist, die sich für das Netz in lästiger Weise bemerkbar macht. Es muß allerdings hervorgehoben werden, daß die konstruktive Durchbildung eines solchen Scheinverbrauchsapparates keine einfache Angelegenheit ist. Jedoch gibt es auf dem Markte eine Reihe von Ausführungsformen, die den praktischen Anforderungen vollauf genügen. Es sei in diesem Zusammenhang beispielsweise wieder auf den Scheinverbrauchzähler „Trivector" hingewiesen, der gegenüber anderen Systemen den Vorteil bietet, für alle Werte des Leistungsfaktors von 0...1 die Scheinenergie mit hinreichender Genauigkeit zu registrieren.

b) Registrierung der Blindenergie in Abhängigkeit von den Tageszeiten. — Die einfachste Methode besteht in diesem Falle in der Verwendung eines Doppel- oder Dreifach-Sinus-Zählers, der aber diesmal nicht von einem wattmetrischen Relais sondern von einer Schaltuhr gesteuert wird. Der Kalendertag wird zu diesem Zwecke in mehrere Zeitabschnitte eingeteilt, während deren die Blindenergie zu verschiedenen Preisansätzen verrechnet wird. Wenn der notwendigerweise vorhandene Wirkverbrauchzähler ebenfalls eine Mehrfachtarifeinrichtung aufweist, werden die Tarifumschaltzeiten der beiden Zähler nicht unbedingt dieselben sein. Daher muß in diesem Falle die Doppel- oder Dreifachtarifschaltuhr mit einer besonderen Vorrichtung ausgerüstet sein, die zur unabhängigen Steuerung des zweiten Zählers in Funktion von seinen Tarifzeiten dient.

Eine zweite Lösungsmöglichkeit, die der Forderung nach Berücksichtigung der Höchstlasten zu den verschiedenen Tagesstunden Rechnung tragen würde, beruht auf dem Gebrauch schreibender Höchstblindlastzeiger, wie sie zum Beispiel durch die Verbindung eines Sinus-Zählers mit einem „Maxigraph", System Landis & Gyr[18], verwirklicht werden. Wie oben kann man die 24 Stunden des Kalendertages in mehrere Gruppen unterteilen und für jede von ihnen der mittleren Maximalblindleistung bei der Tarifikation Rechnung tragen. Es sei noch bemerkt, daß es in diesem Falle nicht mehr erforderlich ist, die Scheinenergie zu berücksichtigen, doch kann dies bei Verwendung eines Scheinverbrauchzählers Trivector z. B. für Zwecke der Grund- oder Leistungsgebührverrechnung in zwangloser Weise geschehen, da bei diesem Zählertyp sowohl die Schein- als auch die Blind- und Wirkenergie registriert und auf Wunsch mit Hilfe von Maxigraphen aufgezeichnet werden können.

[18] Siehe Elektro-Journ. Bd. 9, S. 135. — Rev. Gén. de l'El. Bd. 25, S. 933. — Génie civil Bd. 98, S. 411. — Meßtechn. Bd. 4, S. 205.

3. Der gemischte cos φ-Tarif.

Als letzter Tariftypus, der aber bis jetzt keine besonders große Verbreitung gefunden hat, sei noch der sogenannte gemischte cos φ-Tarif angeführt, bei dem die Leistung in kVA verrechnet und daneben noch ein Zuschlag für die Blindenergie erhoben wird. Dieser Tarif will einerseits durch Basierung der Grundgebühr auf Scheinleistung der Erhöhung der Anlagekosten und anderseits durch einen Zuschuß zum Arbeitspreis der Kilowattstunden den vermehrten Verlusten Rechnung tragen.

Kritischer Vergleich der drei Haupttariftypen.

Gehen wir nun auf einen kritischen Vergleich der drei Hauptverrechnungsmöglichkeiten der Blindenergie etwas näher ein, so haben wir schon weiter oben erwähnt, daß auf Grund der eingehenden und tiefschürfenden theoretischen Überlegungen von H. Nissel mit Hinblick auf die Gestehungskosten der Blindkilowattstunde dem Scheinleistungstariftypus vor den beiden anderen Tarifgruppen der Vorzug gebührt.

Was den wirtschaftlichen Ansporn für den Verbraucher zur Phasenverbesserung anbetrifft, so hat ein Abnehmer naturgemäß ein um so höheres Interesse daran, den von seiner Installation aufgenommenen Blindstrom zu kompensieren, je größer der Mehrbetrag ist, den er bei ungenügendem Leistungsfaktor dem Elektrizitätsunternehmen entrichten muß. Daher werden mehr Kompensationseinrichtungen in Stromversorgungsgebieten solcher Kraftwerke aufgestellt, die einen Scheinleistungstarif[19] oder einen gemischten cos φ-Tarif[20] anwenden. Anderseits ist der wirtschaftliche Anreiz zur Verbesserung des Leistungsfaktors für den gering, der seinen Strom nach einem reinen Blindverbrauchtarif[21] bezieht. Bei diesem Tarif wird also nur in einer Anlage mit sehr schlechtem Leistungsfaktor und hoher Benutzungsdauer eine Phasenkompensationseinrichtung wirtschaftlich sein. Da nach dem gemischten cos φ-Tarif die Preise noch stärker vom Leistungsfaktor abhängen als beim Scheinleistungstarif, so ist bei ihm in jedem Falle eine wirtschaftliche Kompensation möglich. Allerdings wird dies nur durch eine starke finanzielle Belastung des Verbrauchers bei schlechtem cos φ erreicht, die in den meisten Fällen über die Selbstkosten hinausgeht, weshalb dieser Tarif nur in einzelnen Fällen angezeigt sein dürfte. Der Scheinleistungstarif erlaubt somit in allen Fällen die Aufstellung einer wirtschaftlich arbeitenden Kompensationseinrichtung, während der Blindverbrauchtarif nur bei hoher Benutzungsdauer und niedrigem Leistungsfaktor einen wirtschaftlichen Ansporn zur Verbesserung des cos φ liefert. Um die Abnehmer zur Verbesserung des Leistungsfaktors zu veranlassen, ist daher der Scheinleistungstarif sehr geeignet.

Es ist oben bereits erwähnt worden, daß die leichte Verständlichkeit eine der wichtigsten psychologischen Forderungen eines Tarifes ist, mit dem ein Elektrizitätswerk bestimmte Absichten verbindet. Dies gilt insbesondere für die cos φ-Tarife, da es sich hier um eine Angelegenheit handelt, die dem Konsumenten im allgemeinen fremd und schwer verständlich ist. In diesem Zusammenhang ist es interessant, eine Äußerung von R. C. Fryer[22], Abteilungsvorstand der Union Gas- und Electric Co., Cincinnati, Ohio (U. S. A.) anzuführen: „Viele Werke hatten versuchsweise eine Leistungsfaktorklausel in ihre Tarife eingeführt. Sie fanden aber bald, daß dieses Vorgehen ihre Stromlieferungsverträge verwickelter gestaltete, daß viele Kunden die cos φ-Klausel nicht verstanden oder nicht verstehen konnten, daß die meisten Stromverbraucher nicht die Berechtigung dessen einsahen, was die Elektrizitätsgesellschaften als „Penalisation im Falle eines niederen Leistungsfaktors" bezeichneten. Ferner fanden sie, daß es ihnen unmöglich war, direkt die Faktoren zu erfassen, die im „menschlichen Element" liegen und in hohem Maße in die verschiedenen Verrechnungsverfahren eingehen. Endlich fanden sie, daß die Rückvergütungen, die den Kunden kraft der Leistungsfaktorverbesserungsklausel gewährt wurden, in keinem richtigen Verhältnis zu seinen Kapitalinvestierungen für die erforderlichen Phasenverbesserungsapparate standen. Daher wurden viele Werke dazu geführt, die Leistungsfaktorklausel zu einem toten Buchstaben in den Stromlieferungsverträgen werden zu lassen."

[19] H. Nissel, Dissertation wie Fußnote 3, S. 33/34, Abb. 28/31.
[20] H. Nissel, Dissertation wie Fußnote 3, S. 39/40, Abb. 36/39.
[21] H. Nissel, Dissertation wie Fußnote 3, S. 36/37, Abb. 32/35
[22] R. C. Fryer, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 42, S. 123.



Aus diesen Äußerungen geht zur Genüge hervor, daß die Blindstromtarife, insbesondere mit Hinblick auf die cos φ-Klausel, beim Laien wenig Verständnis begegnen, ja häufig sogar auf Widerspruch stoßen. Es wird sich daher kaum vermeiden lassen, daß das Stromversorgungsunternehmen, wenn es den Verbraucher zur Verbesserung des Leistungsfaktors veranlassen will, ihn in dieser Frage berät oder beraten läßt. Der Zweck dieser Beratung besteht darin, dem Abnehmer die sachliche Berechtigung des Elektrizitätsunternehmens nachzuweisen, bei schlechtem Leistungsfaktor einen höheren Strompreis zu verlangen, und gleichzeitig dem Abonnenten den Weg zu zeigen, auf dem eine Verbilligung des Strombezuges erlangt werden kann. Was den ersten Punkt anbetrifft, so hat es sich in der Praxis erwiesen, daß es im allgemeinen leichter ist, dem Abnehmer den Zusammenhang zwischen Leistungsfaktor und Scheinleistung, besonders durch Vergleiche aus der Mechanik, Hydraulik und Volkswirtschaft, zu erläutern und hieraus die Vergrößerung des investierten Kapitals abzuleiten, als ihm die Beziehungen darzulegen, die zwischen dem cos φ und den Stromwärmeverlusten bestehen. Daher ist den Abonnenten die Tarifierung nach Scheinleistung im allgemeinen verständlicher als eine Blindstromklausel, wie sie in den Blindstromverbrauchtarifen vorgesehen wird. Dem Kunden leuchtet es meistens nicht ein, weshalb gerade 0,8 der Nominalwert des Leistungsfaktors sein soll und weshalb er bei ungünstigem cos φ einen höheren Betrag zu entrichten hat als ihm bei einem guten zurückvergütet wird. Auch sonst führen die vier in Betracht kommenden verschiedenen Verrechnungsgrößen, nämlich Grundgebühren- oder Leistungspreis, Arbeitspreis, Blindstromzuschuß und Blindstromrückvergütung häufig zu Mißverständnissen. Ähnlich liegen die Verhältnisse natürlich beim gemischten cos φ-Tarif.

Es darf allerdings nicht außer acht gelassen werden, daß diese beiden Tarifarten dem Scheinleistungstariftypus gegenüber den Vorzug aufweisen, daß der Blindstrommehrbetrag (beim gemischten cos φ-Tarif allerdings nur teilweise) als besonderer Buchungsposten bei der Abrechnung auftritt, wodurch dem Verbraucher die erzielten Rückstellungen unmittelbar aufgedeckt werden können. Es ist aber jedenfalls ebenso leicht möglich — beispielsweise mit Hilfe einer dem Tarif beigefügten Tafel — auch beim kVA-Tarif die Höhe der Mehrauslagen dem Abnehmer vor Augen zu führen. Gegenüber den beiden anderen Tariftypen weist der Scheinleistungstarif den nicht hoch genug zu veranschlagenden Vorteil des einfachen und durchsichtigen Aufbaues auf, der dem Verbraucher das Verständnis ganz bedeutend erleichtert. Man gelangt daher nach Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Gesichtspunkte zu der Auffassung, daß auch mit Bezug auf die dritte Forderung, die an einen cos φ-Tarif gestellt werden muß, nämlich seine leichte Verständlichkeit für den Abnehmer, die für den Erfolg und die Verbreitung eines Stromverrechnungsverfahrens von wesentlicher, wenn nicht sogar ausschlaggebender Wichtigkeit ist, dem kVA-Tariftypus vor den beiden anderen Preisstellungsarten der Blindenergie der Vorrang gebührt.

Was nun die messungs- und verrechnungstechnischen Gesichtspunkte bei den drei Haupttypen der cos φ-Tarife anbetrifft, so kommen für sie in der Hauptsache folgende Meßeinrichtungen in Betracht (mit Ausnahme jener Fälle, die weiter oben schon gesondert untersucht worden sind)

1) beim Scheinleistungstarif:

Ein Scheinverbrauchzähler mit Scheinlast-Maximumzeiger und ein Wirkverbrauchzähler. Bei Verwendung eines Scheinverbrauchmeßgeräts, das eine Kombination eines in einem Gehäuse untergebrachten Sinus- und Wattstundenzählers darstellt, wie z. B. der oben bereits erwähnte Trivector, kann man sich mit einem einzigen Instrument behelfen, da ihm alle erforderlichen Angaben ohne weiteres entnommen werden können. Wird eine fortlaufende Registrierung der mittleren Scheinleistungsmaxima gewünscht, so kann der Scheinverbrauchzähler unter Zuhilfenahme einer Kontaktzählvorrichtung und unter Zwischenschaltung eines Kontaktrelais mit einem schreibenden Höchstlastanzeiger, z. B. dem bereits früher angeführten Maxigraph, verbunden werden, der dann selbsttätig die durchschnittlichen Scheinlasthöchstwerte innerhalb bestimmter Zeitperioden auf ein Registrierband aufschreibt.

2) beim Blindverbrauchtarif:

Ein Wattstundenzähler mit Maximumzeiger oder schreibendem Höchstverbrauchanzeiger und ein Sinus-Zähler mit Doppeltarifzählwerk und einem Phasenrelais, das z. B. auf cos φ = 0,8 oder cos φ = 0,75 induktiv abgeglichen ist und dementsprechend die Tarifeinrichtung des Sinus-Zählers bei cos φ = 0,8 bzw. 0,75 umschaltet, so daß das eine Zählwerk des Sinus-Zählers den Überschußblindverbrauch unter cos φ = 0,8 bzw. 0,75, das andere den Fehlbetrag an Blindenergie über cos φ = 0,8 bzw. 0,75 registriert, entsprechend der verschiedenen Verrechnungsart und Preisstellung der beiden Blindenergien (z. B. Bußmann-Tarif).

3) beim gemischten cos φ-Tarif:

Ein Scheinleistungs-Maximummesser in Verbindung mit einem Wirk- und einem Blindverbrauchzähler, also am einfachsten ein Scheinverbrauchzähler in der Art des Trivectors, dessen Kilovoltamperestunden-Zählwerk mit einem Maximumzeiger ausgerüstet ist oder wiederum wie oben beim reinen Scheinleistungstarif mit einem Maxigraph kombiniert ist. Der zur Ermittlung des Blindverbrauchzuschlages erforderliche durchschnittliche Leistungsfaktor für eine vorgeschriebene Zeitperiode kann dann rechnerisch durch einfache Division aus den Angaben des Wirk- und Scheinverbrauchzählwerks bestimmt werden. Die bis zum Auftauchen leistungsfähiger Scheinverbrauchzähler auf dem Markte früher und zum Teil heute noch übliche Methode der Verwendung eines Wattstunden- und eines Sinus-Zählers, von denen jeder mit einem Maximumzeiger versehen wird und deren Angaben durch vektorielle Addition zwecks Bestimmung des Scheinverbrauches zusammengesetzt werden, ist umständlich und langwierig. Außerdem ist die Ermittlung des Scheinlasthöchstwertes aus den getrennt gemessenen Wirk- und Blindleistungsmaxima unbedingt zu verwerfen, da dieses Verfahren wegen der dabei möglichen Addition zeitlich verschobener Maxima sehr ungenau ist. Die Ersetzung dieses Verfahrens durch die Verwendung einwandfreier Scheinverbrauchzähler ist daher in allen Fällen auf das dringendste zu empfehlen.

Legen wir uns noch Rechenschaft über die Zahl der für Tarifikationszwecke erforderlichen Meßgrößen ab, so sehen wir, daß wir beim reinen Scheinleistungstarif mit zwei Größen, nämlich dem Scheinleistungsmaximum und dem Wirkverbrauch auskommen, also mit zwei Werten. Beim Blindverbrauchtarif benötigt man im allgemeinen schon vier Verrechnungsgrößen, nämlich Wirkleistungshöchstwert, Wattverbrauch in Wirkkilowattstunden und Blindenergieverbrauch in Blindkilowattstunden unterhalb und oberhalb cos φ = 0,8 bzw. 0,75. Beim gemischten Leistungsfaktortarif braucht man schließlich im allgemeinen drei Größen, nämlich kVA-Maximum, Wirkverbrauch in kWh und cos φ. Hieraus folgt, daß der Scheinlasttarif, vom meß- und verrechnungstechnischen Gesichtspunkt aus betrachtet, am einfachsten ist, da er die geringste Anzahl von Meß- und Verrechnungsgrößen verlangt. Außerdem ist bei ihm die Abrechnung unmittelbar aus den gemessenen Werten möglich, während man zum Beispiel beim gemischten cos φ-Tarif den Leistungsfaktor, den Blindstromzuschlag und bei dem bis jetzt in der Praxis üblichen Meßverfahren auch die Scheinleistung erst durch Umrechnung ermitteln muß. Auch mit Hinblick auf die meß- und verrechnungstechnischen Gesichtspunkte steht daher der kVA-Tarif in erster Reihe vor den anderen cos φ-Preisstellungsverfahren. Faßt man die Ergebnisse der obigen Betrachtungen zusammen, so gelangt man zu der Einsicht, daß der Scheinleistungstarif für die Praxis die geeignetste Tarifform ist, um dem Elektrizitätswerk die durch den Blindstrom verursachten Mehrgestehungskosten zu vergüten und die Verbesserung des Leistungsfaktors durch Phasenkompensation beim Abnehmer zu erzielen.

Werfen wir noch einen Blick auf die Apparate, die beim Scheinleistungstarif und beim gemischten cos φ-Tarif zur Anwendung gelangen, so sehen wir, daß für diese beiden Preisstellungsverfahren in erster Linie die sog. Scheinverbrauchzähler in Betracht kommen. Wie schon oben erwähnt, gibt es gegenwärtig auf dem Markte eine ganze Reihe verschiedener Ausführungsformen dieser Apparate, auf alle die wir allerdings hier nicht näher eingehen können und uns mit einem Hinweis auf die entsprechende einschlägige Fachliteratur begnügen müssen[23]. Allerdings ist zu bemerken, daß den bis jetzt auf dem Markte erschienenen kVAh-Zählern nicht allen die gleiche Bedeutung hinsichtlich ihrer Genauigkeit und Einwandfreiheit des Betriebs zukommt. Alle Apparate, die nicht nach dem Prinzip des einfachen Induktionszäh-

[23] W. Kesseldorfer, Helios Bd. 34, S. 233. W. Beetz, Siemens-Z. Bd. 8, S. 657. — Angus, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 42, S. 105. — F. R. Innes, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 43, S. 392. — O. Schmidt, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 43, S. 441. Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 103.

lers mit ungewöhnlicher innerer Phasenverschiebung (d. h. der Verschiebung zwischen Stromtriebfluß und Spannungstriebfluß) gebaut sind, leiden an dem Übelstand, daß es sich um unübersichtliche und teilweise schwer zu eichende Geräte handelt, soweit sie nicht praktisch überhaupt undurchführbar sind. Unter den Scheinverbrauchzählern, die auf dem Prinzip der Induktionszähler mit starker innerer Phasenverschiebung beruhen, nimmt der von der Firma Landis & Gyr A. G. Zug (Schweiz) konstruierte „Trivector" insofern eine besondere Stellung ein, als bei ihm die Messung des Scheinverbrauches für alle Werte des Leistungsfaktors zwischen 0 und 1 mit einer für die Praxis vollkommen ausreichenden Genauigkeit erfolgt. Was die konstruktive Ausführung und die Wirkungsweise dieses Apparates anbetrifft, so verweisen wir auf die diesbezügliche Fachliteratur[23].

Literaturverzeichnis.

1. M. Ailleret, Rapport sur la tarification de l'énergie électrique présenté à la Semaine de discussions d'octobre 1928, de la Société Française des Electriciens. Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 883.
2. A. Barbagelata, Fattore di potenza e tarificazione dell'energia. L'Elettrotecnica Bd. 5, S. 543.
3. J. G. Bellaar-Spruyt, Rapport Général sur la tarification relative à l'énergie électrique. Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 379.
4. E. Biffi, Lo sfasamento degli impianti di utilizzazione nella vendita dell'energia elettrica. L'Elettrotecnica Bd. 14, S. 880.
5. P. Boucherot, La tarification de l'énergie électrique en égard au cos φ de l'abonné. Rev. Gén. de l'El. Bd. 3, S. 83.
6. C. Budeanu, Puissances réactives et fictives. Edité par l'Institut National Roumain pour l'Etude de l'Aménagement et de l'Utilisation des Sources d'Energie à Bucarest (1927). Ref. in Rev. Gén. de l'El. Bd. 23, S. 762.
7. G. Dettmar, Über den Ausgleich der Einzelbelastungen bei Elektrizitätswerken und über Elektrizitätstarife. ETZ 1926, S. 33. 78, 100, 184 u. 545.

[24] Wie Fußnote 9.

8. P. Dumartin, La question du facteur de puissance. Rev. Gén. de l'El. Bd. 8, S. 238.
9. G. Fracanzoni, Sulla energia reattiva nella economia generale della produzione e distribuzione dell'energia elettrica. L'Elettrotecnica Bd. 11, S. 563.
10. G. Fracanzoni, Rapport sur un système employé dans la tarification pratique de l'énergie réactive. Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 384.
11. L. Groslier, Rapport sur la tarification de l'énergie électrique en France présenté au Congrès de Paris (juillet 1928) de l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie électrique Bd. 15, S. 15...30. — Vgl. auch Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 379.
12. A. Illiovici, Tarification de l'énergie réactive. Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 8, S. 179.
13. A. Illiovici, Tarification rationelle de l'énergie électrique. Rev. Gén. de l'El. Bd. 22, S. 313.
14. A. Illiovici, Etudes de la tarification de l'énergie électrique dans laquelle le prix du kilowattheure est fonction de cos φ. Bull. Soc. Int. des El., Bd. 8, S. 179.
15. A. Illiovici, Etudes de la tarification de l'énergie en fonction du facteur de puissance. Rev. Gén. de l'El. Bd. 4, S. 102.
16. W. Koch, Zur Bewertung der wattlosen Arbeit eines Stromabnehmers mit dem Sinus-Zähler. ETZ 1920, S. 1325.
17. W. v. Krukowski, Die Verrechnung elektrischer Energie unter Berücksichtigung der Blindströme. Siemens-Z. Bd. 4, S. 160 u. 217.
18. W. v. Krukowski, Leistungsfaktor und Stromtarife. ETZ 1926, S. 1177.
19. A. M. Mieg, L'application pratique des modes de tarification de l'énergie électrique. Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 325.
20. F. Niethammer, Cos φ im Stromtarif. El. u. Maschinenb. Bd. 45, Das Elektrizitätswerk H. 2, S. 13.
21. F. Niethammer, Cos φ im Stromtarif. Mitt. V. El. W. Bd. 20, S. 3?5.
22. H. Nissel, Tarifgleichung und Tarifmodell. ETZ 1926, S. 654.
23. A. Pugliese, Sulla tarificazione dell'energia secondo delle condizioni di carico. L'Elettrotecnica Bd. 5, S. 478.
24. E. Quenstedt, Blindstromtarife. ETZ 1927, S. 100.
25. R. Rolland, Einfluß des Leistungsfaktors auf die Tarifbildung des Elektrizitätswerkes. ETZ 1925, S. 289.
26. Note sur la tarification de l'énergie réactive. Rev. Gén. de l'El. Bd. 20, S. 597.
27. Fattori di potenza e tarife. L'Energia el. Bd. 3, S. 554.
28. Power factor and tariffs. J. Inst. El. Engs. London Bd. 64, S. 625 u. 875.
29. Power factor rate clauses. The Electric Journ. Bd. 25, S. 14.
30, Die Verrechnung des induktiven Verbrauches. ETZ 1919, S. 101

Herstellung und Verwendung von Leichtmetallen*.

Die Verwendung der Leichtmetalle hat, wie auch die Werkstoffschau Berlin 1928 vor Augen führte, sehr große Bedeutung gewonnen. Für die Gewinnungsweise der Leichtmetalle sind ihre besonderen physikalischen Eigenschaften wesentlich. Zahlentafel 1 gibt für diese durch Elektrolyse geschmolzener Verbindungen gewonnenen Metalle Dichte, Schmelz- und Siedepunkt. Je nachdem das geschmolzene Metall leichter oder schwerer als das Bad ist, scheidet es sich am Boden ab oder steigt zur Oberfläche. Je näher der Siedepunkt des Metalles dem Schmelzpunkt des Bades liegt, um so schwieriger ist eine gute Ausbeute zu erzielen.

Zahlentafel 1. Leichtmetalle.

	Dichte	Schmelzpunkt	Siedepunkt
Aluminium	2,7	658°	> 2200°
Beryllium	1,8	1285°	?
Magnesium	1,7	650°	1120°
Kalzium	1,5	800°	?
Natrium	1,0	98°	883°
Lithium	0,5	179°	> 1400°

Bayern besitzt nicht weit von München im Innwerk das größte Aluminiumwerk Deutschlands, welches mit Wasserkraft jährlich etwa 10 000 t Aluminium herstellt. Um die Ausbildung der Aluminiumgewinnung durch Schmelzelektrolyse hat sich vor 40 Jahren der Würzburger Kiliani große Verdienste erworben. Das Schmelzbad besteht aus Aluminiumnatriumfluorid, in welchem Aluminiumoxyd gelöst ist. Die reine Tonerde wird von dem Lautawerk der Vereinigten Aluminiumwerke in der Lausitz geliefert, welches nahe einer großen Braunkohlengrube liegt und die Tonerde aus ungarischem Bauxit herstellt. Zwei andere deutsche Aluminiumwerke liegen in Bitterfeld und in Grevenbroich bei Köln. Die gesamte deutsche Erzeugung betrug 1927 etwa 27 000 t, das ist ein Achtel der Welterzeugung. Verbraucht wurden in Deutschland 1927 36 000 t Aluminium.

Abb. 1 deutet durch die schwarzen Kreise die deutschen Aluminiumwerke an; mit aufgenommen ist das älteste Werk der Aluminium-Industrie A. G. am Rheinfall und ihr kleines Werk in Rheinfelden oberhalb Basel, das bis zum Kriege das einzige Aluminiumwerk im deutschen Reiche war.

Zahlentafel 2 zeigt, wie sich die Welterzeugung auf die verschiedenen Länder verteilte; Zahlentafel 3 zeigt das gleiche für den Verbrauch. Abb. 2 bringt eindringlich das Anwachsen des Verbrauches in den wichtigsten Ländern und das gewaltige Übergewicht Amerikas auch auf diesem Gebiete vor Augen. Abb. 3 stellt das Anwachsen der Aluminiumerzeugung und die Preisbewegung bis 1928 zeichnerisch dar. Während 1928 die Erzeugung

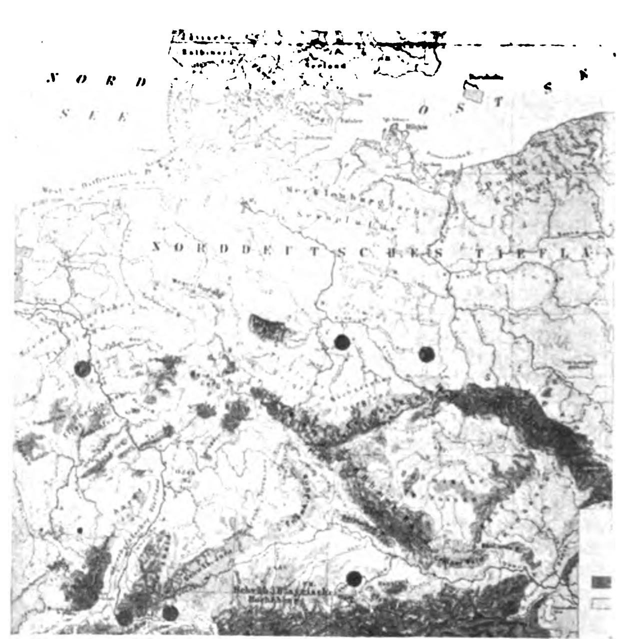


Abb. 1. Lage der deutschen Aluminiumwerke.

nur wenig zugenommen hat, ist der Preis weiter herabgesetzt worden; er betrug im April 1929 für Barren 1,91 RM/kg und steht damit erheblich unter dem augenblicklich hohen Kupferpreis von 2,06 RM für Elektrolytkupfer.

Weil zur Abscheidung von 1 kg Aluminium etwa 25 kWh gebraucht werden, so bedeutet die 1927 gewonnene Menge von 206 000 t Aluminium einen Verbrauch von über 5 Mrd kWh; das größte deutsche Wasserkraftwerk, das Innwerk, müßte mehr als 10 Jahre lang ausschließlich daran arbeiten. Die Hälfte der Welterzeugung an Aluminium entfällt auf die Aluminum Co. of America, welche

* Nach einem Vortrage von Prof. Dr. K. Arndt im südbayerischen Bezirksverein des Vereins deutscher Chemiker in München am 23. II. 29.

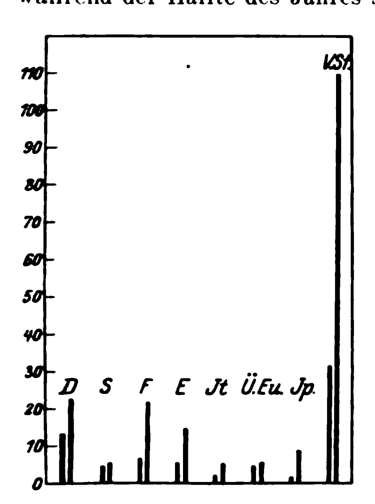
Zahlentafel 2. Erzeugung von Aluminium[1].

tausend metr. t	1913	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927
Frankreich . . .	14,5	12,3	8,4	7,5	14,3	18,5	20,0	24,0	25,0
Schweiz	10,0	12,0	12,0	13,0	15,0	20,0	22,0	22,0	21,0
Deutschland . .	1,0	10,9	10,0	15,0	15,9	18,7	26,2	29,6	27,4
Deutsch-Oesterreich[2]	3,0	2,0	2,0	2,0	1,5	2,2	3,0	3,0	2,5
England	7,6	8,0	5,0	5,0	8,0	7,0	9,7	7,3	7,9
Norwegen . . .	1,5	5,6	4,0	4,9	13,3	20,0	21,3	24,4	22,0
Italien	0,8	1,7	0,7	0,8	1,5	2,1	1,9	1,8	2,3
Europa . . .	38,4	52,5	42,1	48,2	69,5	88,5	104,1	112,1	108,1
V. S. Amerika . .	20,9	62,6	24,5	33,6	58,5	68,3	68,0	72,0	75,0
Canada	5,9	12,0	8,0	10,0	10,0	12,5	15,0	18,0	23,0
Nordamerika	26,8	74,6	32,5	43,6	68,5	80,8	83,0	90,0	98,0
Produktion . . .	65,2	127,1	74,6	91,8	138,0	169,3	187,1	202,1	206,1
Durchschn.-Preis in New York in cents per lb .	23,64	30,61	21,22	18,68	25,41	27,03	27,19	26,99	25,40
dgl. in Dollar für 1000 kg . .	521,17	674,84	467 82	411,83	560,10	595,91	599,44	595,03	559,98
Wert der Produktion i. Mill. Dollar	34,0	85,4	34,9	37,8	77,3	100,9	112,2	118,8	115,4

Zahlentafel 3. Verbrauch von Aluminium[1].

tausend metr. t	1913	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927
Deutschland	13,6	15,8	11,2	18,3	21,3	23,0	32,6	22 6	35,9
Schweiz	4,0	8,0	4,0	5,0	5,7	7,5	7,0	5,0	7,8
Frankreich	7,0	14,5	7,5	6,0	15,2	19,3	19,0	21,4	18,0
England	5,0	7,0	4,0	7,0	8,0	13,7	16,1	14,5	14,0
Italien	1,0	2,0	1,0	1,0	3,2	4,5	8,4	4,9	5,2
übriges Europa ..	4,0	5,0	3,0	4,0	5,2	7,0	5,0	5,0	6,0
Europa	34,6	52,3	30,7	41,3	58,6	75,0	88,1	73,4	86,9
Asien (Japan) ..	0,3	2,0	3,0	3,0	4,0	4,5	5,0	8,0	6,0
V. S. Amerika ..	31,2	76,5	37,5	53,6	75,6	90,0	90,0	106,0	88,0
Verbrauch	66,1	130,8	71,2	97,9	138,2	169,5	183,1	187,4	180,9

vor einigen Jahren ein neues Werk im nordöstlichen Kanada am Saguenay-Fluß erbaut hat, wo bei vollem Ausbau gegen 1 Mill kWh zur Verfügung stehen, aber freilich während der Hälfte des Jahres strenger Winter herrscht. Die Karte Abb. 4 zeigt, auf welchen Riesenraum sich die amerikanischen Werke verteilen. Die gesamte Tonerde wird für sie in East St. Louis aus Bauxit hergestellt, der von Guyana kommt.



D Deutschland
S Schweiz
F Frankreich
E England
Jt Italien
Ü.Eu. Übriges Europa
Jp Japan
V.St. V. S. Amerika

Abb. 2. Verbrauch von Aluminium 1914 und 1926 (in 1000 t).

Aus reinem Aluminium werden große Kessel für das Gärungsgewerbe, Destillierblasen für die Lackindustrie, Starkstromleitungen, viele Geräte für Fabrik und Haus, dünnste Metallblätter zum Einwickeln von Käse oder Schokolade, ferner Tuben, Flaschenkapseln usw. hergestellt. Wo es auf Festigkeit besonders ankommt, verwendet man Aluminiumlegierungen, Duralumin, Lautal, Silumin usw., z. B. für Kraftwagen, Motorräder und Flugzeuge. Diese Legierungen werden zum Teil vergütet, indem man sie von höherer Temperatur abschreckt; beim Lagern nimmt ihre Festigkeit wesentlich zu. Die Verarbeitung von deutschem Ton anstatt des ausländischen Bauxits ist bisher aus wirtschaftlichen Gründen nicht im großen durchgeführt worden.

Für das Magnesium, welches jetzt als Elektronmetall, z. B. mit 6 % Al, 1 % Zn und 0,2 % Mn viel verwendet wird, steht der Rohstoff Karnallit (Magnesiumkaliumchlorid) uns in unerschöpflichen Mengen zur Verfügung. Abgesehen von dem Gebrauch des Magnesiums selbst zu Blitzlicht, Leuchtraketen usw. werden schätzungsweise 2000 t Elektronmetall jährlich für Flugzeuge, Kolben von Verbrennungsmotoren, Räder von Kraftwagen, bewegte Teile an Webmaschinen oder Werkzeugmaschinen, Kamerateile usw. wegen der außerordentlichen Leichtigkeit des Baustoffes verwendet. Diese Legierungen lassen sich sehr leicht bearbeiten und erlauben eine außerordentlich hohe Schnittgeschwindigkeit (bis 1500 m/s). Die Hauptmenge des Magnesiums wird in Bitterfeld vom Werk Griesheim-Elektron, jetzt einem Teile der I. G. Farbenindustrie, erzeugt, welches vor dem Kriege auch das Ausland mit Magnesium versorgte[3].

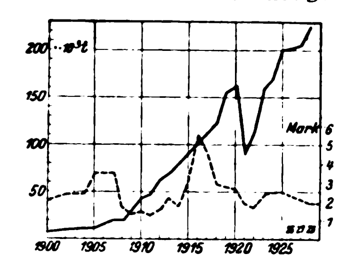


Abb. 3. Erzeugung und Preis (gestrichelte Kurve) von Aluminium.

Das Kalziummetall wurde als Zusatz zum Blei während des Krieges gewürdigt, weil es dem Blei die nötige Härte verlieh, um als Lagermetall das knapp gewordene Zinn zu ersetzen. Die Reichsbahn verwendet jetzt in großen Mengen eine Bleilegierung mit je 0,6 % Kalzium und Natrium sowie 0,04 % Lithium. Dieses von der Lurgi-Gesellschaft gelieferte „Bahnmetall" hat vor dem

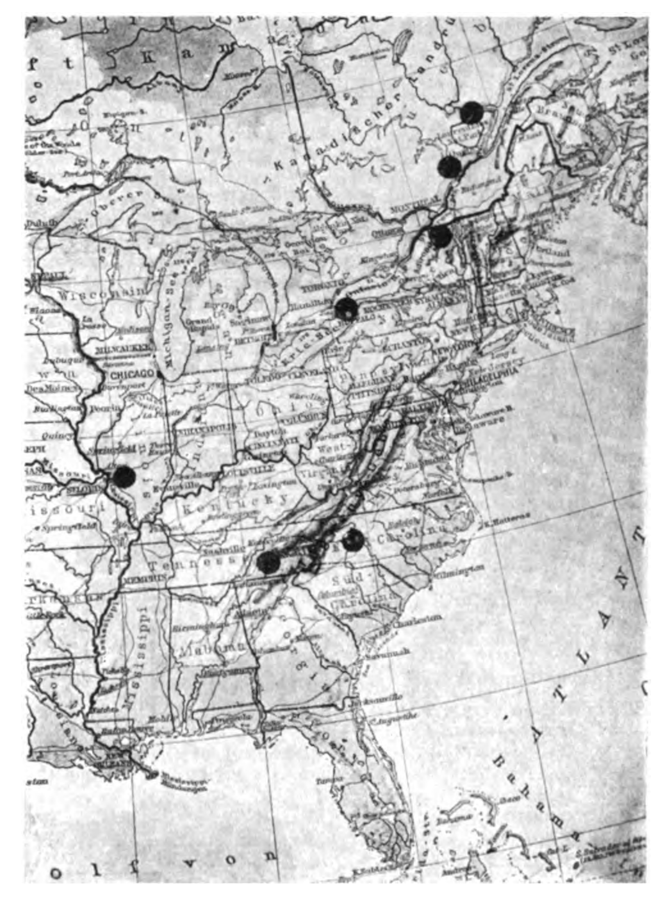


Abb. 4. Werke der Aluminium Co. of America.

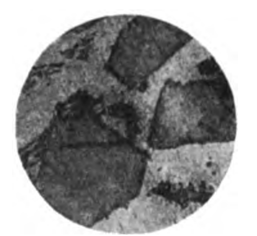


Abb. 5a. Gefüge von Silumin ohne Na.



Abb. 5b. Gefüge von Silumin mit 0,1 % Na.

[1] Nach den Veröffentlichungen der Metallgesellschaft in Frankfurt a. M.
[2] 1913 noch für Österreich-Ungarn.

[3] Vor kurzem hat die I. G. Farbenindustrie die seit mehr als 40 Jahren bestehende Aluminium- und Magnesiumfabrik Hemelingen (bei Bremen) erworben.



„Regelmetall" den besonderen Vorzug, daß es bedeutend höher schmilzt, so daß bei einem heißgelaufenen Lager Öldämpfe rechtzeitig die Gefahr anzeigen.

Auch das Leichtmetall Beryllium hat sich als Zusatz zum Kupfer nützlich erwiesen; 2½ % Be machen das Kupfer fester, elastischer und vergütbar[3].

Natriummetall wird in Deutschland von der Deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt in Rheinfelden hergestellt, u. zw. nach dem vor 40 Jahren von Castner angegebenen Verfahren aus geschmolzenem Ätznatron. Die Versuche, aus dem weit billigeren Kochsalz durch Elektrolyse das Metall zu gewinnen, haben seit einiger Zeit zu technischen Erfolgen geführt. Das Natriummetall wird größtenteils durch Erhitzen mit Luft in Natriumperoxyd Na_2O_2, ein kräftiges Bleichmittel und Rohstoff für Wasserstoffperoxyd, oder durch Erhitzen mit Ammoniak in Natriumamid $NaNH_2$, welches für die Indigoherstellung gebraucht wird, und schließlich mit Kohle in Natriumzyanid NaCN übergeführt, welches von der Galvanotechnik und besonders der metallurgischen Industrie (zum Auslaugen von Edelmetallen aus Erzen) in den größten Mengen gebraucht wird. Als Legierungsbestandteil spielt Natrium im Silumin, Aluminium mit 12 % Silizium, eine bedeutende Rolle; der Zusatz von 0,1 % Natrium läßt die großen, der Festigkeit schädlichen Siliziumkristalle verschwinden und gibt ein sehr feinkörniges Gefüge (Abb. 5a und b). *K. A.*

[3] ETZ 1929, S. 907.

Beitrag zur Ermittlung der Belastbarkeit von Eisenwiderständen.

Von **Paul Hennig**, Wildau (Kr. Teltow).

Übersicht. Es werden zwei Näherungsformeln für die Berechnung der Belastbarkeit von Widerständen aus Eisendraht entwickelt und die Ergebnisse der Berechnungen miteinander verglichen.

In den vom VDE herausgegebenen „Regeln und Normen für Anlasser und Steuergeräte" sind unter den für Anlasserwiderstände als normal zugelassenen Widerstandsmaterialien unter der Bezeichnung WM 13 Eisenwiderstände aufgenommen worden. Wegen ihres hohen Temperaturkoeffizienten wurden sie jedoch für Regelwiderstände nicht zugelassen. Wenn somit ihre durch Messung leicht zu ermittelnde Belastbarkeit im Beharrungszustande von geringer praktischer Bedeutung ist, so wird man um so mehr Wert auf eine einfache Berechnungsweise zur Feststellung der kurzzeitigen Belastbarkeit legen. Sie ist nach der aufgenommenen Wärmemenge grundsätzlich von der für Materialien mit kleinem Temperaturkoeffizienten nicht verschieden. Die Berechnung wird jedoch dadurch erschwert, daß bei gleichbleibender Stromstärke die in der Sekunde aufgenommene Energie mit der Temperatur wesentlich zunimmt, während man bei den anderen Stoffen mit gleichbleibender Energiezufuhr rechnen kann.

Wendet man die weiter unten zusammengestellten Bezeichnungen an, so ist die in der Sekunde bei der Drahttemperatur t zugeführte Wärmemenge

$$Q_t = Q_0 (1 + \alpha\, t) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (1)$$

Die im Zeitabschnitt $\mathrm{d}\,y$ zugeführte Wärmemenge ist dann

$$Q_x \,\mathrm{d}\, y = G\, c\, \mathrm{d}\, x + k\, F\, x\, \mathrm{d}\, y = Q_0 (1 + \alpha\, x)\, \mathrm{d}\, y\,.$$

Es sollen bedeuten:

- l Länge [cm],
- d Durchmesser [cm],
- R Widerstand bei der Anfangstemperatur [Ω],
- ϱ spezifischer Widerstand bei der Anfangstemperatur,
- c spezifische Wärme,
- v spezifisches Volumen,
- α Temperaturkoeffizient,
- I Stromstärke [A],
- Q_t in 1 s bei der Temperatursteigerung t zugeführte Energie [cal],
- G Gewicht [g],
- F Oberfläche [cm²],
- k Abkühlungskoeffizient,
- t Übertemperatur am Ende der Belastungszeit,
- x Übertemperatur [° C],
- y Zeit der Belastung [s],
- $\mathrm{d}\,x$, $\mathrm{d}\,y$ die zugehörigen Differentiale.

Durch Auflösung nach $\mathrm{d}\,y$ erhält man

$$\mathrm{d}\, y = \frac{G\, c\, \mathrm{d}\, x}{Q_0 + (\alpha\, Q_0 - k\, F)\, x}$$

$$y = \frac{G\, c}{\alpha\, Q_0 - k\, F} \ln \frac{Q_0 + (\alpha\, Q_0 - k\, F)\, t}{Q_0} \quad . \; . \; . \; (2)$$

Setzt man hierin

$$Q_0 = 0{,}238\, I^2 R = \frac{0{,}952\, I^2\, l\, \varrho}{\pi\, d^2 \,.\, 10\,000} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (3)$$

$$F = \pi\, d\, l \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (4)$$

$$G = \frac{d^2\, l}{4\, v} \,, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (5)$$

so ergibt sich

$$y = \frac{10\,000\, \pi^2\, d^4\, c}{4\, v\, (0{,}952\, \alpha\, \varrho\, I^2 - 10\,000\, k\, \pi^2\, d^3)} \times \ln\left(1 + \frac{0{,}952\, \alpha\, \varrho\, I^2 - 10\,000\, k\, \pi^2\, d^3}{0{,}952\, I}\, t\right). \quad . \; . \; (6)$$

Für Eisen ist

$$\varrho = 0{,}13, \quad c = 0{,}13, \quad v = 0{,}127, \quad \alpha = 0{,}0045, \quad . \; (7)$$

mit welchen Werten Gl. (6) nachstehende Gestalt annimmt:

$$y = \frac{45\,360\,000\, d^4}{I^2 - 177\,253\,000\, k\, d^3} \ln\left(1 + \frac{I^2 - 177\,253\,000\, k\, d^3}{222{,}3\, I^2}\, t\right). \quad (8)$$

Wählt man ferner

$$d = 0{,}1\,, \qquad t = 300\,, \qquad k = 0{,}001\,029\,^{*1}, \quad . \; . \; (9)$$

so wird weiterhin

$$y = \frac{4536}{I^2 - 182} \ln\left(1 + \frac{I^2 - 182}{0{,}741\, I^2}\right). \quad . \; . \; (10)$$

In Zahlentafel 1, Spalte 2 sind die nach dieser Formel ausgerechneten Werte von y für die in Spalte 1 angegebenen Stromstärken eingetragen. Da jedoch die Ausrechnung für die Praxis noch zu umständlich ist, sei im folgenden noch eine einfachere Näherungsformel angegeben, für welche die ausgerechneten, in Spalte 3 der Tafel 1 eingetragenen Werte für die Stromstärke eine hinreichende Übereinstimmung mit den Werten der Spalte 1 zeigen. Zu dieser Näherungsformel gelangt man durch die Annahme, daß der Widerstandsdraht während der ganzen Dauer der Belastung einen unveränderlichen Widerstand entsprechend der Temperatursteigerung $t/2$ hat. Wird ferner auch die Abkühlungstemperatur als unveränderlich mit einem Wert von $t/2$*2 angenommen, so erhält man die Formel

$$Q_0 \left(1 + \alpha\, \frac{t}{2}\right) y = G\, c\, t + k\, F\, \frac{t}{2}\, y\,. \quad . \; . \; . \; (11)$$

Unter Benutzung der Gleichungen (3) ... (5) und der Werte (7) und (8) findet man

$$I = \sqrt{\frac{3650}{y} + 75{,}2}\,. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; (12)$$

Zur Prüfung der Brauchbarkeit der Näherungsformel (11) auch für andere Querschnitte ist die Vergleichsrechnung ferner für $d = 0{,}3$ durchgeführt worden. Die entsprechenden Werte sind in Zahlentafel 2 eingetragen worden.

Zahlentafel 1.

I	y nach Gl. (10)	I nach Gl. (12)
50	1,58	48,8
40	2,42	39,5
30	4,6	29,6
25	6,85	24,7
20	11,47	19,9
17	17,1	17
15	24,15	15,05
14	29,75	14,07
13	38,7	13,67
12	52,5	12,5
11	84,8	10,9
10,5	132,5	10,1
10,22	∞	8,67

Zahlentafel 2.

	y nach Gl. (10)	I nach Gl. (12)
300	3,55	293
250	5,15	244
200	7,97	197
150	15,04	147,5
125	22,5	123,4
100	37,77	99,3
85	57,12	84,8
70	104,3	69,4
65	139	64,3
60	205	58,6
55	318,6	54,01
54	483,7	50,95
53,25	∞	44,57

*1 ETZ 1925, S. 996, Gl. (7).
*2 ETZ 1925, S. 997.

Die Gl. (10) weist noch eine Eigentümlichkeit auf. Für $I^2 = 182$, entsprechend einem Belastungstrom von 13,5 A, nimmt y die unbestimmte Gestalt 0/0 an. Den wahren Wert findet man durch Reihenentwicklung:

$$y = \frac{4536}{0{,}741\, I^2}\left[1 - \frac{1}{2}\cdot\frac{I - 182}{0{,}741\, I^2} + \frac{1}{3}\left(\frac{I-182}{0{,}741\, I^2}\right)^2 - \frac{1}{4}\left(\frac{I-182}{0{,}741\, I^2}\right)^3 + \ldots\ldots\ldots\right].$$

Für $I^2 = 182$ werden sämtliche Glieder der Klammer mit Ausnahme des ersten gleich Null, und es ist daher

$$y = \frac{4536}{0{,}741 \cdot 182} = 33{,}6\,.$$

Wendet man die Reihenentwicklung auf Gl. (2) an, so ergibt sich

$$y = \frac{G\,c\,t}{Q_0}\left[1 - \frac{1}{2}\,\frac{(\alpha Q_0 - k F)\,t}{Q_0} + \frac{1}{3}\left(\frac{\alpha Q_0 - k F}{Q_0}\,t\right)^2 - \frac{1}{4}\left(\frac{\alpha Q_0 - k F}{Q_0}\,t\right)^3 + \ldots\ldots\right].$$

Für $\alpha Q_0 = k F$ wird $y = \frac{G\,c\,t}{Q_0}$, woraus zu entnehmen ist, daß bei dem entsprechenden Wert von I (im vorstehenden Beispiel 13,6 A) der Einfluß des Umstandes, daß bei steigender Temperatur des Drahtes der Widerstand und damit auch seine Belastung zunehmen, gerade durch die Abkühlung aufgehoben wird.

Berechnet man aus Gl. (2) die Temperatur, so ist

$$t = \left(e^{\,y\,\frac{\alpha Q_0 - k F}{G c}} - 1\right)\frac{Q_0}{\alpha Q_0 - k F}\,.$$

Für Dauerbelastung ($y = \infty$) wird im Bereich $k F \geq \alpha Q_0$

$$t = \frac{Q_0}{k F - \alpha Q_0}\,.$$

Bei $k F = \alpha Q_0$ wird $t = \infty$.

Hiernach würde also bei Erreichung einer bestimmten Belastungstromstärke die Temperatur und damit der Widerstand des Drahtes auf ∞ steigen. Da jedoch bei höheren Temperaturen die Wärmeabgabe durch Strahlung erheblich stärker zunimmt als die Temperatur, was in den vorstehenden Formeln nicht berücksichtigt ist, so tritt dies in der Praxis nicht in so ausgeprägter Weise in Erscheinung. Man kann jedoch aus vorstehendem schließen, daß es zweckmäßig ist, bei Verwendung von Eisenwiderständen als Strombegrenzer die Wärmeabgabe durch Strahlung möglichst zugunsten der durch Leitung zu unterdrücken.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Elektrizitätswerken durch Akkumulierung. — An Hand des auf die einfachste Form gebrachten Grundschemas einer Akkumulierungsanlage entwickelt W. Binswanger in seiner Doktordissertation eine Methode, das allgemeine Problem der Akkumulierung in seiner technisch-wirtschaftlichen Gesamtheit zu erfassen. Er bestimmt zunächst die Rechnungsgrößen, welche einer analytischen Behandlung zweckmäßig zugrunde gelegt werden und zeigt daran anschließend in den Maximalwerten der Ladeleistung, der Entladeleistung und des Speicherinhalts die für die technische Ausbildung bestimmenden Hauptdimensionierungsgrößen auf. Leistungsgrößen und Wirkungsgrade sind in allgemein üblicher Darstellung gebracht, dagegen die Verbrauchszahlen für Erzeugung und Akkumulierung nach dem Gesichtspunkt formuliert, daß die totale Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage ein Maximum werden soll. Infolgedessen werden von vornherein die reinen Energiestoffkosten mit den Kosten für zusätzliche Betriebsmittel und Bedienung zusammengefaßt; hierzu ist ein einfaches Verfahren angegeben, wie sie als veränderliche Kostengrößen aus den Betriebsunterlagen gewonnen werden können, obwohl ihnen zum Teil nur in bedingtem Maße der Charakter von veränderlichen Kosten eigen ist. Die Einheiten dieser Größen sind dabei so gewählt, daß ihre Integration im weiteren Verlaufe unmittelbar zu den gesuchten Wirtschaftlichkeitsgrößen führt. Auf diese Weise entfernt sich das Verfahren an keiner Stelle von dem ihm vorangestellten Gesichtspunkte der Gesamtwirtschaftlichkeit, welcher bei analysierender Behandlung der Einzelersparnisse unter Umständen zeitweise in den Hintergrund gerückt zu werden Gefahr läuft.

Abb. 1.

Eine besondere Schwierigkeit tritt bei der anschließenden Behandlung der festen Kosten zutage; sie wird die praktische Anwendung einer allgemeinen Methode heute noch in den meisten Fällen in Frage stellen. Es ist dies der vom Verfasser auch an anderer Stelle hervorgehobene Umstand, daß über diese Kosten wissenschaftlich gesichertes Zahlenmaterial in dem notwendigen Umfange heute noch nicht vorliegt, sondern erst durch planmäßige Arbeit technisch-wirtschaftlicher Archive geschaffen und allgemein zugänglich gemacht werden müßte. Man wird aber in diesem nur zeitlich bedingten Mangel keine grundsätzliche Unmöglichkeit der Methode erblicken dürfen, welche nunmehr aus einer Darstellung der funktionellen technischen Zusammenhänge zunächst in analytischer Form eine Grundgleichung gewinnt zwischen den maximalen Leistungsgrößen, dem gegebenen Belastungsverlauf und jenen Arbeitsgrößen, welche beim Ladungsvorgang im Speicherbogen angesammelt, beim Entladungsvorgang aus ihm entnommen werden. Im Verlauf der weiteren analytischen Untersuchung zeigt sich dann, daß die rein mathematische Auswertung selbst bei Zugrundelegung einfachster Näherungsfunktionen praktisch nicht durchführbar ist, weswegen auch der Weg einer differentialen Behandlung zur Ermittlung von Maximal- und Minimalwerten der Wirtschaftlichkeit nicht eingeschlagen wird.

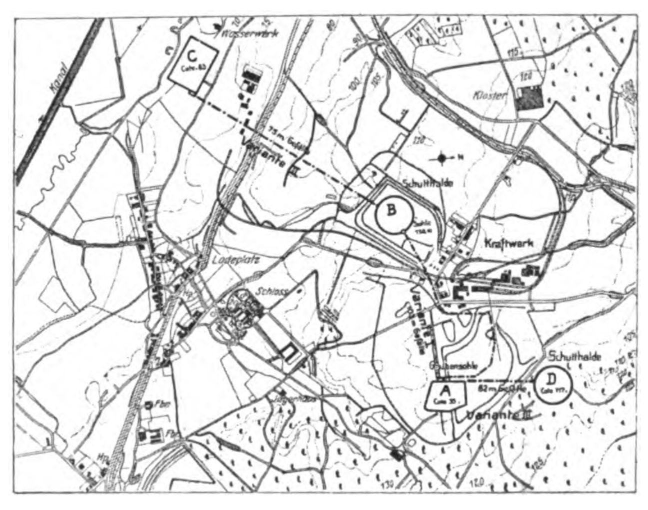


Abb. 2.

Statt dessen entwickelt der Verfasser eine graphische Methode der Integration der Lade- und Entladeleistungen für verschiedene Werte der maximalen Lade- und Entladeleistungen durch Flächenscharen. Die Integration erfolgt dabei über einen Zeitraum des Betriebes, welcher die nötigen charakteristischen Eigenschaften aufweist und die bekannte Umgruppierung zeitlich in ein „geordnetes Belastungsdiagramm" erfährt. Das in Abb. 1 gezeigte schematische Beispiel läßt ersehen, wie man ein

solches Diagramm auch zur bequemen graphischen Integration der veränderlichen Kostenwerte verwendet, so daß schließlich, ebenfalls in Flächenscharen, für verschiedene gewählte maximale Lade- und Entladeleistungswerte die Summenwerte der veränderlichen Kosten erscheinen. Die paarweise Zuordnung der einzelnen Integralflächenwerte wird durch die aus der Wirtschaftlichkeitsforderung sich ergebende Gleichsetzung der gesamten Ladearbeit mit der gesamten Entladearbeit gewonnen und dann für jedes Wertepaar aus dem Arbeitspiel der Akkumulierungsanlage das maximale Speicherfassungsvermögen ermittelt. Die so gefundenen gegenseitigen Zusammenhänge der Grundgrößen werden durch neue Kurven in einheitlicher Abhängigkeit von einer frei gewählten Ausgangsgrundgröße dargestellt und lassen die Gesamtheit der veränderlichen und festen Kosten, ebenfalls in Abhängigkeit von dieser Größe erkennen. Eine geeignete Zusammenfassung der Kostenkurven führt dann schließlich zu einer kritischen Wirtschaftlichkeitsgröße der Akkumulierungsanlage, die sich als eine Differenz zwischen dem Mehraufwand an festen Kosten und den Ersparnissen an veränderlichen Kosten ergibt, da wohl fast ohne Ausnahme die Anlagekosten von Akkumulierungsanlagen höher liegen als die Anlagekosten reiner Erzeugungseinrichtungen für Spitzenleistungen und gerade dieses Kostenverhältnis die logische Voraussetzung für die eigentliche Stellung des Problems bildet. Je nachdem dieser Differenzwert für eine Akkumulierungsart positiv, null oder negativ wird, ist ihre Anwendung unwirtschaftlich, ohne Interesse oder von wirtschaftlichem Vorteil. In letzterem Bereich zeigt wieder die Lage des negativen Höchstwertes, welcher Wert der Ausgangsleistungsgröße zu der wirtschaftlich besten Lösung der Aufgabe führt; die zu dieser Ausgangsgröße zugeordneten übrigen Dimensionierungs- und Kostengrößen werden durch graphische Interpolation aufgefunden. Schließlich wird noch die Anwendung dieser graphischen Methode vom Verfasser an einem Paradigma gezeigt, das an Hand einer kurzen Erläuterung ohne Schwierigkeit verständlich ist.

Abb. 3.

Außer dieser allgemeinen Untersuchung wird weiterhin die praktische Behandlung eines speziellen Falles von hydroelektrischer Akkumulierung für eine Braunkohlendampfzentrale durchgeführt. Es wird hier im Gegensatz zu den meisten Fällen von ausgeführten Akkumulierungsanlagen im Anschluß an Wasserkraft-Elektrizitätswerke nicht mit Wasserüberschußstrom Triebwasservorrat in ein hochgelegenes Sammelbecken gepumpt und zur Spitzendeckung herangezogen, sondern vielmehr das Wasser mit Energiemengen gespeichert, welche ebenfalls mit Dampf erzeugt werden. Die Methode dieser Untersuchung ist hier den besonderen Verhältnissen des gegebenen Falles angepaßt und beschränkt sich in erster Linie auf den Beitrag des Wasserkraftingenieurs zu der gestellten Aufgabe. Abb. 2 gibt einen Überblick über die örtlichen Verhältnisse und läßt auch die vorhandenen Niveauunterschiede und die Flächengrößen der Energiesammelbecken erkennen. Die nähere Untersuchung lehrt, daß von vornherein nur drei praktische Möglichkeiten für die Wahl der Akkumulierung in Betracht zu ziehen sind, es wird daher infolge dieser Begrenztheit der Weg einer Untersuchung durch Varianten eingeschlagen, deren Anzahl angesichts besonderer Rücksichten auf den Grubenbetrieb weiterhin auf zwei vermindert werden kann. Für diese beiden Fälle wird zunächst die Einwirkung der Verdunstung auf die Beckeninhalte untersucht, dann die tiefbautechnische Ausführung des Druckbeckens und

insbesondere eine eigenartige Sicherung der Betonsohle in Eisenbeton mit Fugenteilung und deren Deckung beschrieben. Anschließend erfolgt die Behandlung der übrigen baulichen sowie der maschinellen Anlage und Einrichtungen in allen wesentlichen Einzelheiten sowie die Darstellung der Inbetriebnahme für den Füllungs- und Entleerungsfall des Druckbeckens.

In dem abschließenden und ausschlaggebenden wirtschaftlichen Teil wird für beide Varianten der Gesamtwirkungsgrad und damit das Verhältnis der aufgewendeten Pumparbeit zum Arbeitsrückgewinn ermittelt und an Hand der Werkbelastungsdiagramme nach systematischer Ermittlung der Ladungs- und Entladungsvorgänge des Energiespeichers, wie in Abb. 3 an dem Beispiel einer Sommer- und einer Winterwoche gezeigt wird, eine eingehende Untersuchung darüber angestellt, in welchem Maße die Vergleichmäßigung der Belastung eine Verringerung des Kohlenaufwandes der nutzbar erzeugten Arbeitseinheit bedingt. Hierbei werden verschiedene deutsche und ausländische Erfahrungswerte über die funktionelle Abhängigkeit des Wirkungsgrades von dem Belastungsfaktor einander gegenübergestellt, um daraus eine mittlere Kurve für die weitere Untersuchung zu gewinnen. Die Kohlenverbrauchszahlen für beide Varianten führen zu Ersparniswerten, zunächst nach Jahreszeiten unterschieden, die schließlich durchschnittliche jährliche Kohlenersparniszahlen für jede der beiden Varianten errechnen lassen. Diese Zahlen, mit den Anlagekosten, den daraus abgeleiteten Festkosten für Verzinsung, Erneuerung, Reparaturen, Verwaltung usw. und den Bedienungskosten zusammengefaßt, werden schließlich für beide Varianten mit den Kosten für das Kraftwerk ohne Akkumulierungsanlage, aber gleicher Spitzenleistung verglichen und zeigen, daß selbst unter Annahmen, welche nicht besonders zugunsten der Akkumulierung gemacht wurden, eine Verminderung der jährlichen Gesamtausgaben um etwa 27 ... 29 % erzielt werden kann. Den Abschluß dieses Teiles bildet eine Betrachtung über den Einfluß von Änderungen an den vorausgesetzten Annahmen bezüglich Lohnkosten, Zinsfuß und Kohlenkosten auf die Gestehungskosten der Arbeitseinheit; aus einer graphischen Additionstafel können auch diese mittels eines beigefügten Maßstabes unmittelbar entnommen werden. (W. Binswanger, Dr.-Ing.-Dissertation. T. H. Darmstadt 1927. Verlag Rich. Pflaum, München.) G. v. Ammon.

Das 220 kV-Lighthipe-Umspannwerk der Southern California Edison Co. — Das zunächst mit 150 000 kVA Leistung in Betrieb genommene, im Vollausbau für 800 000 kVA vorgesehene neue, nach dem verstorbenen Chefingenieur der Gesellschaft benannte Lighthipe-Unterwerk ist zum künftigen Hauptverteilerpunkt des Netzes der Southern California Edison Co. ausersehen. Der außerordentlich rasche Absatzzuwachs zwang die Gesellschaft schon vor längerer Zeit dazu, zur Unterstützung ihrer im fortschreitenden Ausbau begriffenen Wasserkraftanlagen am Big Creek[1] Dampfkraftwerke zu errichten, und so entstanden zunächst zwei kleinere Werke an der Pazificküste, Long Beach Nr. 1 und 2, die vorwiegend zur Spitzendeckung dienten. Neuerdings wurde ein neues Dampfwerk in der Nähe der beiden ersterwähnten, Long Beach 3[1], mit 100 000 kVA Leistung in Betrieb gesetzt, welches mit allen, größte Wirtschaftlichkeit verbürgenden Einrichtungen ausgestattet, auch zur Übernahme von Grundlast herangezogen werden soll, wodurch eine teilweise Verschiebung der gesamten Krafterzeugung Hand in Hand gehen wird und sonach die unmittelbare Einbindung dieses Werkes in das 220 kV-Übertragungsnetz notwendig wurde. Das neue Umspannwerk liegt ungefähr 14,5 km von Long Beach, auf halbem Wege zum Laguna-Bell-220 kV-Umspannwerk entfernt und steht in unmittelbarer Verbindung sowohl mit den Long-Beach-Dampfanlagen, als auch über Laguna Bell mit den Big-Creek-Wasserkraftwerken. An Leitungsanschlüssen wurden im ersten Ausbau hergestellt: eine 220 kV Doppelleitung nach Long Beach 3, eine 220 kV Doppelleitung nach Laguna Bell und sechs 66 kV-Leitungen zu den Werken Long Beach 1 und 2. Im Vollausbau kann eine weitere Doppelleitung nach Long Beach 3, dessen endgültige Leistung mit 800 000 kVA vorgesehen ist, angeschlossen werden, ferner vier 220 kV-Leitungen für anderweitige Zwecke; die z. Z. elf betragende Zahl der abgehenden 66 kV-Leitungen kann auf 26, die Transformatorenleistung auf 300 000 kVA erhöht werden.

Wie das in Abb. 4 wiedergegebene Schaltbild zeigt, sind sämtliche 220 kV-Leitungen an gemeinsame Doppelsammelschienen angeschlossen, von welchen die zu den Transformatoren führenden Leitungen abzweigen. Im Gegensatz hierzu sind die 66 kV-Sammelschienen in drei Abschnitte unterteilt und werden, von getrennten Kraftquellen gespeist, in der Regel unabhängig betrieben, um allzugroße Kurzschlußleistungen zu vermeiden. Die abgehenden Leitungen sind an die beiden äußeren Abschnitte angeschlossen; der mittlere, nur für Kraftzufuhr vorgesehene Anschlüsse enthaltende Abschnitt kann nach Bedarf an den einen oder anderen angeschlossen werden. Aus demselben Grunde werden die an dieses Umspannwerk angeschlossenen Unterwerke nur durch von hier abgehende Radialleitungen gespeist und besitzen keine Verbindung mit den anderen Hauptumspannwerken. Im übrigen ist die Schaltanordnung auf der 66 kV-Seite grundsätzlich gleich mit jener für 220 kV ausgeführt. Wie das Schaltbild des weiteren zeigt, sind im Umspannwerk zur Zeit zwei 50 000 kVA-Phasenschieber für Spannungs- und Blindleistungsregelung aufgestellt, die von besonderen, an die 66 kV-Sammelschienen angeschlossenen Transformatoren gespeist werden. Die Unterspannungsseite der Transformatoren ist mit einer Anzapfung für die Entnahme der für das Anlassen notwendigen, auf etwa 1/3 ermäßigten Spannung ausgerüstet. Bemerkenswert ist die Aufstellung der für das Anlassen notwendigen Anlaßschalter ebenfalls im Freien, was in dieser Anlage zuerst ausgeführt wurde.

Die 75 000 kVA-Haupttransformatorengruppen sind aus drei Einphaseneinheiten gebildet, die bis zu 60 % ihrer Nennleistung ohne künstliche Kühlung arbeiten. Bei Überschreitung dieses Wertes und demzufolge eintretender weiterer Temperaturerhöhung werden von in die Transformatorkessel eingebauten Thermostaten Lüfter in Betrieb gesetzt, welche die an die Kästen angebauten Radiatoren anblasen und eine bis zur Vollast ausreichende Kühlung bewirken. Die die Synchronphasenschieber speisenden Transformatoren sind mit gleichartiger Kühlung ausgestattet, die jedoch unabhängig vom Belastungszustand ständig im Betrieb bleibt. Die Synchronphasenschieber selbst sind mit Luft-Umlaufkühlung ausgestattet, wobei die im Kreislauf sich bewegende Kühlluft durch Wasser rückgekühlt wird.

Abb. 4. Schaltbild des Lighthipe-Umspannwerkes.

Die 220 kV-Ölschalter sind für 600 A Dauerstrom gebaut und können 5900 A bei voller Betriebsspannung noch sicher abschalten. Die 220 kV-Sammelschienen und Leitungsverbindungen wurden aus Schmiedeeisenrohren von 100 mm Dmr. hergestellt; es war vermöge der auf diese

[1] ETZ 1926, S. 453.

[1] ETZ 1927, S. 1914.

Weise erzielten Starrheit möglich, die Zahl der Stützpunkte weitgehend zu verringern, was vom Standpunkt der Betriebsicherheit von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. Die 220 kV-Trennschalter haben in einer senkrechten Ebene bewegte Messer, die von Isolatorsäulen getragen werden, die aus fünf 73 kV-Stützisolatoren zusammengebaut sind; dieselbe Type wurde auch für die Stützisolatoren von Sammelschienen und Leitungen verwendet.

Abb. 5. Grundriß des Lighthipe-Umspannwerkes.

Den Überstrom- und Erdstromschutz der ankommenden 220 kV-Leitungen besorgen Differenzrelais, welche an die zu diesem Zwecke paarweise zusammengefaßten Stromwandler jeder Doppelleitung angeschlossen sind und bei Auftreten von Differenzströmen zwischen den zusammengehörenden Phasen bzw. Erdleitungen ansprechen. Bei Ausfall einer Leitung übernehmen Energierichtungsrelais und Erdschlußrelais den Schutz des in Betrieb gebliebenen Stranges. In ähnlicher Weise ist auch der Relaisschutz der 66 kV-Leitungen ausgebildet, nur werden diese bei Einzelbetrieb von gewöhnlichen Überstromrelais geschützt. Auch die Sammelschienen haben Differentialschutz gleich wie die Transformatoren erhalten, wobei die Summe der den Sammelschienen, bzw. bei den 66 kV-Schienen den einzelnen Abschnitten zufließenden und von diesen abfließenden Ströme miteinander verglichen wird. Bei der Ausbildung des Differentialschutzes für die die Synchronphasenschieber speisenden Transformatoren war auf die Verschiedenheit des Sekundärstromes zwischen Anlauf und Normalbetrieb zu achten, der von in die Durchführungen der betreffenden Ölschalter eingebauten Stromwandlern geliefert wird. Um auch in diesem Fall einen genügend empfindlichen Relaisschutz bei allen Verhältnissen zu erhalten, wurde das Übersetzungsverhältnis der betreffenden Stromwandler in geeigneter Weise abgeglichen, wobei die Sekundärwicklungen der Wandler der Anlaßschalter und Betriebschalter ständig parallel und gegen jene des primärseitigen Transformatorschalters geschaltet liegen. Der Phasenschieber ist für sich mit Stromdifferentialschutz ausgerüstet, der im Falle seines Ansprechens die Kohlensäurelöscheinrichtung gleichzeitig mit dem Schalter betätigt. Bei auf den 220 kV-Leitungen auftretenden Isolatorenüberschlägen wird die Erregung der Synchronphasenschieber durch in den Erregerkreis eingeschaltete Widerstände selbsttätig herabgesetzt, was von in die 220 kV-Sternpunkterdung der Transformatoren eingebauten Relais bewirkt wird.

Abb. 5 zeigt den Grundriß des ganzen Umspannwerkes und läßt die sehr zweckmäßige, auf die künftige Erweiterung weitgehendst Rücksicht nehmende Disposition klar erkennen. Die 220 kV-Seite zeigt eine vollständige Abkehr von der bisher in den V. S. Amerika üblich gewesenen, in die Höhe gehenden, schwere und die Übersicht beeinträchtigende Eisenkonstruktionen bedingenden Bauart und eine bemerkenswerte Annäherung an die erstmalig in Deutschland entwickelte Flachbauweise, welche bei uns sich in jeder Hinsicht bestens bewährt hat. (R. B. Pollock, El. World Bd. 92, S. 559.) *Bp.*

Über das Parallelarbeiten elektrischer Kraftwerke. — Die wachsende Ausdehnung des Parallelbetriebes elektrischer Zentralen hat verschiedene recht verwickelte Fragen aufgerollt. Unter ihnen sind besonders wichtig die Frage der unabhängigen Spannungsregelung an den Verbrauchszentren und diejenige der kleinsten Übertragungsverluste. Es gilt darzulegen, wie das Problem der Spannungsregelung durch Verwendung von Transformatoren mit hohem Spannungsabfall vorteilhaft gelöst wird und wie dadurch gleichzeitig die Energieübertragung wirtschaftlich geschehen kann.

Im Interesse einer völligen Klärung der Verhältnisse muß zunächst unterschieden werden zwischen der Art, wie sich einerseits das Problem der Spannungsregelung bei der Energieübertragung zwischen einer Zentrale und eines Unterwerks und anderseits beim Energieaustausch zwischen Zentralen stellt. Methodisch hat die Frage der Spannungsregelung verschiedene Lösungen gefunden, welche sich alle auf zwei Grundformen zurückführen lassen. Die eine davon besteht darin, daß in die Übertragungsleitungen veränderliche Zusatzspannungen eingeschaltet werden. Bei der zweiten werden durch geeignete Mittel Größe und Sinn des übertragenen Blindstromes derart beeinflußt, daß der Spannungsabfall des resultierenden Stromes in der Übertragung nur eine Phasenverschiebung zwischen den beiden Endspannungen, jedoch keine Differenz zwischen ihren skalaren Werten verursacht.

Mittel zur Durchführung der ersten Methode sind Stufentransformatoren und Induktionsregler. Während ihre Verwendung in einer Übertragungsleitung zwischen Zentralen die Möglichkeit bietet, den Blindstromaustausch zu beeinflussen und ihn gegebenenfalls ganz zu unterdrücken, haben diese Regelungsmittel bei Energieübertragungen zwischen Zentrale und Unterstation ohne Synchronmaschinen auf den Leistungsfaktor keinen wesentlichen Einfluß. Rüstet man dagegen die Unterwerke mit Synchronkompensatoren aus, d. h. versetzt man sie in die Lage, die Blindenergie, welche in ihrem Versorgungsgebiet benötigt wird, selber zu erzeugen, so wirken hier Stufentransformatoren und Induktionsregler gleich wie im Falle von Energieübertragungen zwischen Zentralen. Wie die folgenden Ausführungen zeigen sollen, bietet nun der Einbau von Synchronkompensatoren an sich ein Mittel, um die zweite, früher erwähnte Grundform der Spannungsregelung zu verwirklichen. Ebenso wird gezeigt, wie reichliche Reaktanz der Übertragungssysteme ihre regelnde Wirkung unterstützt.

Synchronkompensatoren sind leerlaufende Synchronmotoren, deren Wirkung auf der Eigenschaft der Synchronmotoren beruht, je nach dem Grad der Erregung einen mehr oder weniger großen und der Netzspannung gegenüber vor- oder nacheilenden Strom aufzunehmen. In der Praxis läßt sich die Spannungsregelung zwischen Leerlauf und Vollast des Netzes auf zwei verschiedene Arten durchführen. Entweder nimmt der Synchronkompensator einen größeren und stärker voreilenden Strom auf, um den durch die Erhöhung der Belastung hervorgerufenen Spannungsabfall zu kompensieren, oder er nimmt einen voreilenden Strom auf bei Vollast und einen nacheilenden bei Leerlauf. Am Ende einer langen Leitung mit großer Kapazität ist es vorteilhaft, wenn der Synchronkompensator nacheilenden Strom aufnimmt, um den Ladestrom der leerlaufenden Leitung zu kompensieren. Man erkennt sofort, daß durch diese Methode die Spannung an den verschiedenen Verbrauchszentren leicht konstant gehalten

werden kann. Man ersieht auch, daß der Leistungsfaktor des in den Zentralen erzeugten und bis zur Anschlußstelle der Synchronkompensatoren übertragenen Stromes bedeutend verbessert werden kann dadurch, daß der voreilende Strom des Kompensators einen mehr oder weniger großen Teil des induktiven Stromes, welchen die Apparate mit induktiven Eigenschaften erfordern, kompensiert. Die Größe des voreilenden Stromes wird durch die Bedingungen der Spannungsregelung bestimmt. Man vermeidet also die durch die Übertragung des Blindstromes bis zu den Verteilungspunkten verursachten Verluste. Diese Art der Spannungsregelung bietet zum mindesten bei einigermaßen wichtigen Netzen nennenswerte Vorteile gegenüber den Regelmethoden mit zusätzlichen elektromotorischen Kräften.

S t a r k i n d u k t i v e T r a n s f o r m a t o r e n. Die Betrachtungen, die uns dazu geführt haben, die Verwendung von Transformatoren mit großem induktiven Spannungsabfall zur Verbesserung der Spannungsregelung zu empfehlen, können wie folgt kurz zusammengefaßt werden:

1. Die durch die Einwirkung des Blindstromes erreichbare Regelung ist um so ausgedehnter, je größer die Induktivität des Kreises ist.

2. Die Einführung einer Blindkomponente hat eine Änderung des Leistungsfaktors zur Folge, und da der Wert 1 ein Maximum für die kontinuierliche Funktion $\cos\varphi$ bildet, wird deren Änderung um so weniger fühlbar, je näher der Leistungsfaktor bei 1 liegt.

Betrachtet man von einem allgemeineren mathematischen Gesichtspunkte aus eine elektrische Zentrale und eine Stelle des Netzes, wo sich Synchronmaschinen befinden, so findet man leicht, daß für einen gegebenen mittleren Leistungsfaktor die größte Elastizität der Regelung dann erreicht wird, wenn das Verhältnis der Reaktanz zum Widerstand der Verbindungsorgane der Beziehung $\frac{r}{\omega L} = \frac{\sin\varphi}{\cos\varphi}$ (absolute Werte) entspricht (φ Phasenverschiebung im elektrischen Mittelpunkt der Verbindung). Definiert man den Grad der Elastizität der Regelung, ε, durch den Differentialquotienten $\frac{d(\Delta V)}{d\varphi}$ (ΔV Spannungsabfall) und bringt man die soeben erwähnte Beziehung in die Gleichung, welche diesen Elastizitätsgrad darstellt, so findet man, daß ε um so größer ist, je näher der Leistungsfaktor bei 1 liegt. Die günstigsten Bedingungen zur Spannungsregelung sind also dann vorhanden, wenn die Induktivität so groß als möglich ist und der Strom mit einem mittleren Leistungsfaktor nahezu gleich 1 in der Leitung fließt, ein Wert, um den herum die durch den Blindstrom hervorgerufenen Änderungen liegen werden. Die Zunahme der Induktivität erhält man durch die stark induktiven Transformatoren und den hohen Wert des Leistungsfaktors durch die Synchronkompensatoren, welche neuzeitliche Netze kaum noch entbehren können. Die Regelung des nötigen Blindstromes erfolgt durch eine angemessene Erregung der Synchronmaschinen. Theoretisch wäre man in dieser Richtung durch die Stabilitätsbedingungen auf beiden Seiten der Leitung begrenzt. Man wird sich jedoch praktisch zweifellos immer weit von den zulässigen Grenzen befinden.

Handelt es sich um einen Leistungsaustausch zwischen zwei Zentralen, verbunden durch eine Leitung mit höherer Spannung als diejenige der Generatoren, so wird an beiden Enden der Verbindungsleitung je ein Transformator mit großem induktiven Spannungsabfall eingebaut. Die Regelung wird dann einfach dadurch geschehen, daß die Erregung der Generatoren in beiden Zentralen beeinflußt wird. Befinden sich im Netze Synchronkompensatoren, so wird der gesamte Ausgleichstrom zwischen beiden Zentralen wieder mit hohem Leistungsfaktor und demgemäß mit einem Minimum von Verlusten fließen. Die nötigen Änderungen der Erregung können übrigens sehr vorteilhaft mittels selbsttätiger Spannungsregler erfolgen.

Auf ähnliche Weise kann die Spannungsregelung einer Unterstation mit Synchronkompensatoren, welche an eine Zentrale oder ein Netz angeschlossen ist, deren Spannung mit der Belastung um einige Prozent variieren kann, durch Verwendung von Transformatoren mit großem Spannungsabfall begünstigt werden. Durch Einwirkung auf die Erregung der Synchronmaschinen des Unterwerks so, daß der erforderliche Blindstrom erzeugt wird, kann der induktive Spannungsabfall auf den nötigen Wert gebracht werden. Auch hier wird es von Vorteil sein, wenn die Änderung der Erregung selbsttätig mit Hilfe von Spannungsreglern geschieht.

Verschiedene praktische Beispiele, welche in der Originalarbeit durchgerechnet sind, haben bestätigt, daß man durch Vergrößerung der Elastizität der Netze mittels Reaktanzen bedeutende Vorteile erzielen kann. Die Tatsache, daß zu diesem Zwecke stark induktive Transformatoren verwendet werden können, führt zu einer einfachen und wirtschaftlichen Lösung des Regelproblems[1]. Einerseits braucht man keine besonderen Apparate mehr einzubauen, wie Stufentransformatoren oder Induktionsregler; man beschränkt sich darauf, den Induktionskoeffizienten von Transformatoren, welche ohnehin unentbehrlich sind, zu verstärken. Anderseits werden wegen des hohen Leistungsfaktors, den man bei Vollast aufrechterhalten kann, die Verluste im Kupfer auf ein Minimum reduziert. Insbesondere können die Transformatoren mit großem Spannungsabfall für einen hohen $\cos\varphi$ berechnet werden. Durch allgemein bessere Ausnutzung der Anlageteile erzielt man somit eine gewisse Ersparnis in den Anlagekosten und erhält eine in den weitesten Grenzen genaue und kontinuierliche Regelung. Es ist noch hervorzuheben, daß die Verwendung von Transformatoren mit starker Reaktanz einen sehr wirksamen Schutz gegen Kurzschlüsse bieten würde. Durch richtige Verteilung einer angemessenen Anzahl mittels stark induktiver Transformatoren an das Netz angeschlossener Synchronkompensatoren erlangt man besonders günstige Bedingungen zur Spannungsregelung. (J. D e f r e y n, BBC-Mitt. Baden Bd. 15, S. 73.) *Sb.*

Elektromaschinenbau.

Gleichstromdynamos für Automobil- und Zugbeleuchtung. — Abb. 6a stellt schematisch die Pole, Anker und Bürsten eines gewöhnlichen Gleichstromgenerators dar, in dessen Ankerleiterquerschnitte die Richtungen des induzierten Stromes durch Punkte und Kreuze (Pfeil-Spitzen und -Enden) angedeutet sind. In welchem Sinn der Strom fließt, wird unter Berücksichtigung des Drehsinnes und der Richtung $O—A$ des Erregerfeldes am leichtesten mit

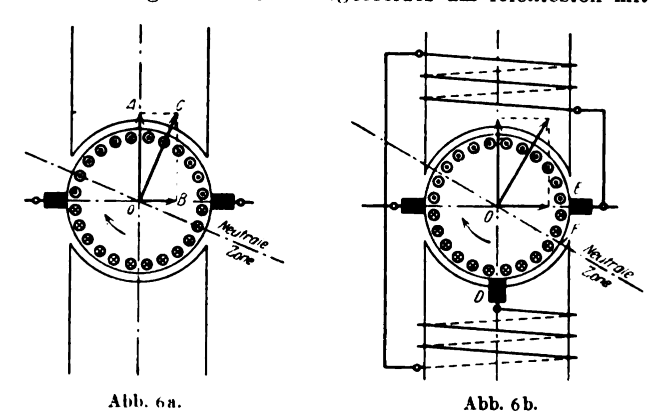


Abb. 6a. Abb. 6b.

der bekannten Schwimmerregel bestimmt, die der Dreifingerregel vorzuziehen ist, weil sie unverändert für Generator und Motor gilt. Sie lautet: „Man schwimmt mit den Kraftlinien und schaut in der Richtung des B e k a n n t e n (Verschiebungsrichtung beim Generator, bzw. Stromrichtung beim Motor), dann ist das U n b e k a n n t e (Stromrichtung beim Generator, bzw. Bewegungsrichtung beim Motor) nach r e c h t s gerichtet. Dies ergibt in Abb. 6 die dargestellte Stromrichtung. Mit Hilfe der weiteren Regel, gemäß welcher der in einem Solenoid kreisende Strom die durch ihn erzeugten Kraftlinien im Sinne einer r e c h t s - gängigen Schraube „verschiebt", erkennt man, daß das Armaturreaktionsfeld $O—B$ nach rechts gerichtet ist und zusammen mit dem Erregerfeld $O—A$ (abgesehen von der Verschiedenheit des magnetischen Luftwiderstandes unter und neben den Polen) das resultierende Feld $O—C$ ergibt. Die neutrale Zone liegt also in einer Linie ungefähr senkrecht zu $O—C$.

Wenn man unter einem der Pole eine dritte Bürste D anbringt (Abb. 6b) und die Spannung zwischen dieser und derjenigen Hauptbürste E, die von D aus gesehen jenseits der neutralen Zone liegt, zur Erzeugung des Erregerstromes benutzt, so ist der Generator nicht imstande, mehr als eine gewisse Stromstärke abzugeben, wie groß auch die Drehgeschwindigkeit oder wie klein auch der äußere Nutzwiderstand sein mag. Die neutrale Zone dreht sich nämlich um so mehr im Sinne des Uhrzeigers, je größer der abgegebene Strom ist. Je mehr sich aber die neutrale Zone dreht, um so mehr negativ induzierende Kraftlinien werden zwischen dem neutralen Ankerpunkt F und der Bürste E wirksam und um so

[1] Diese Verwendung der Reaktanz der Leitungen und Transformatoren ist übrigens schon erwähnt worden von H. C. K l o n i n g e r, Elektro-Journ. Bd. 5, S. 63.



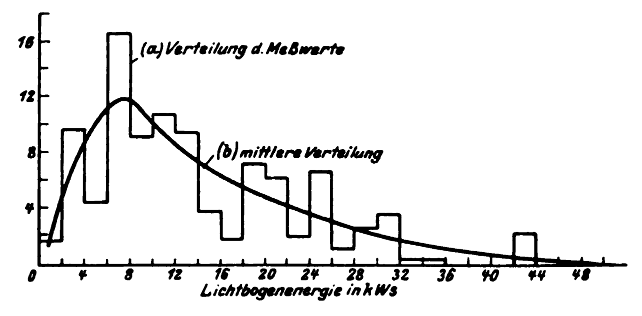
kleiner wird gleichzeitig der Ankerbogen *D—F*, längs welchem eine positive erregende Spannung entsteht. Es gibt eine Stromgröße, bei welcher das negative Feld zwischen *E* und *F* die Wirkung des Feldes *F—D* aufhebt, und es kann also diese Stromstärke niemals erreicht werden, weil sonst die Maschinenerregung gleich Null würde.

Dieser Abtötungszustand tritt bei einer um so kleineren Nutzstromstärke ein, je kleiner das positive Feld an sich ist, d. h. ein je kleineres resultierendes Feld gebraucht wird, mit anderen Worten, je schneller die Maschine läuft. Der vom Generator abgebbare Strom steigt also mit zunehmender Drehzahl zuerst an, nähert sich einem Grenzwert und fällt, je nach den Polabmessungen und Windungszahlverhältnissen, bei noch größeren Geschwindigkeiten mehr oder weniger wieder etwas ab.

Die Hilfsbürste *D* braucht im allgemeinen nicht in der Mitte des Polbogens zu stehen. Nur wenn, wie bei der elektrischen Zugbeleuchtung, in beiden Drehrichtungen Strom abgegeben werden muß, ist diese Lage bedingt. Dann muß der eine Pol der Erregerwicklung hinter dem notwendigen Polwechsler, der bei Drehrichtungswechsel die Ableitungen der beiden Hauptbürsten miteinander vertauscht, angeschlossen werden. Wie aus den Strom- und Feldrichtungen ersichtlich, muß die Feldwicklung stets an die Hauptbürste angeschlossen werden, die zur Hilfsbürste entgegengesetzt zur Drehrichtung liegt. (A. Castel, L'Electricien Bd. 43, S. 26.) *D. J.*

Apparate.

Über die Anzahl der zur Ermittlung der Abschaltleistung eines Ölschalters notwendigen Versuche. — Die Methoden, welche zur Bestimmung der Abschaltleistung eines Ölschalters Anwendung finden, beruhen ausnahmslos auf dem Experiment, wobei meistens Schlußfolgerungen aus Versuchsresultaten an Schaltern ähnlicher Konstruktion gezogen und verallgemeinert werden. Die Frage, wie solche Versuchsergebnisse bewertet werden dürfen, behandeln E. B. Wedmore, W. B. Whitney und C. E. R. Bruce[1].

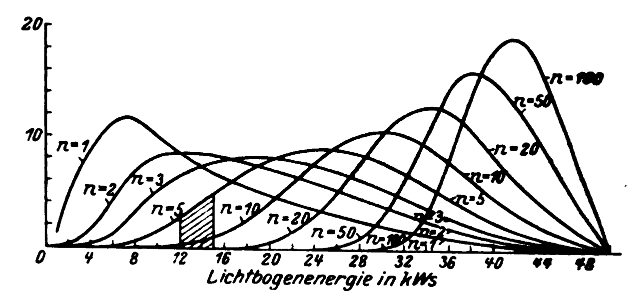


in Kurve (*b*) stellt die mittlere Ordinate einer Abszissenteilung von 2 kWs den Prozentsatz aller Versuche dar, deren Lichtbogenenergie den betreffenden Abszissenwert erreicht hat

Abb. 7. Verteilung der Versuchsresultate in Abhängigkeit von der Lichtbogenenergie.

Die Auswertung der Versuchsreihen, welche an einem im offenen Ölkübel von 107 cm Dmr. aufgestellten Schalter mit einer Unterbrechung (10 cm unter Öl) gemacht wurden, führten die Verfasser zunächst in üblicher Weise an Hand der aufgenommenen Oszillogramme aus. Die im Abschaltlichtbogen jeweils entwickelte Energie wurde alsdann, unter Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung, auf die Häufigkeit der unter gegebenen Versuchsbedingungen höchstmöglichen Schalterbeanspruchung untersucht. Die Kurzschlüsse wurden zwischen zwei Klemmen eines 5000 kW-Drehstromgenerators der Zentrale Carville, bei einer Leerlaufspannung von 5,5 kV, 40 Hz, erzeugt (Kurzschlußleistung 9000 ... 16 000 kVA bei cos φ = rd. 0,1).

Die Beanspruchung des Schalters wies von Versuch zu Versuch große Schwankungen auf, welche auch bei konstant gehaltener Erregung des Generators, der Impedanz und des Leistungsfaktors des Stromkreises auftraten. Aus einer Anzahl unter gleichen Versuchsbedingungen durchgeführter Abschaltungen leiten die Verfasser ab, daß die Lichtbogenenergie von 1 ... 50 kWs schwankt. Auch bei unverändert bleibendem Stromkreis ist die Amplitude des unsymmetrischen Stromstoßes bzw. der Gleichstromkomponente vom Zeitpunkt des Kontaktschlusses abhängig. Der quadratische Mittelwert einer vollständig unsymmetrischen Stromwelle ist gewöhnlich 1,6mal größer als der Effektivwert der Wechselstromkomponente allein. Die Ausrechnung der auftretenden kVA unter Berücksichtigung der Gleichstromkomponente enthält deshalb einen zwischen 1 und 1,6 veränderlichen Zahlenfaktor. Nach der Ausscheidung dieser äußeren Ursache der Streuung durch die entsprechende Analyse der Versuchsergebnisse haben die Verfasser keine wesentliche Verkleinerung der beobachteten Schwankungen der Schalterarbeit feststellen können. Die Untersuchung beruht auf 90 Meßwerten. Die Verteilung der Meßpunkte in % der sämtlichen Versuche ist in Abb. 7 durch die Kurve (*a*) in Funktion der Lichtbogenenergie wiedergegeben. Für die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung wurde eine mittlere Verteilung entsprechend der Kurve (*b*) angenommen. Aus dieser ist ersichtlich, daß das Maximum der entwickelten Energie willkürlich von 44 auf 50 kWs erhöht wurde. Dieses neue Maximum läßt sich im übrigen aus den Meßwerten durch Aufzeichnung der Gaußschen Wahrscheinlichkeitskurve ableiten und scheint ohne Einfluß auf die Schlußfolgerungen zu sein. Aus Abb. 7 kann die Anzahl der Schaltungen abgeleitet werden, welche ausgeführt werden müssen, um den ungünstigsten Wert der Schalterarbeit zu erhalten. Es tritt z. B. bei 14 Versuchen nur eine Schaltung mit über 30 kWs auf.



die mittlere Ordinate einer Abszissenteilung von 2 kWs gibt die Wahrscheinlichkeit in % an, daß der Maximalwert der Lichtbogenenergie gemessen bei *n* Versuchen den Abszissenwert erreicht

Abb. 8. Verteilung der Maximalwerte der entwickelten Energie bei Reihen von *n* Versuchen.

Die Verfasser untersuchen weiter, wie nahe man an die maximale Beanspruchung kommt, wenn nur 5, 10 oder 20 Schaltungen gemacht werden. Die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf Grund der mittleren Kurve (*b*) der Abb. 7 führt zu der Kurvenschar der Abb. 8. Diese veranschaulicht die Wahrscheinlichkeit, mit welcher bei einer bestimmten Anzahl (1 ... 100) von Schaltungen eine gegebene Schalterarbeit erreicht wird. Das Verhältnis der in der Kurve $n = 5$ eingezeichneten gestrichelten Fläche zu der Gesamtfläche stellt beispielsweise die Wahrscheinlichkeit dar, mit welcher die maximale Schalterarbeit bei einer Reihe von fünf Versuchen einen oberen Grenzwert von 12 ... 15 kWs aufweist.

Die Verfasser rechnen für eine gegebene Anzahl der Versuche die Grenzwerte aus, zwischen welchen der höchste Wert der Schalterarbeit mit einer Wahrscheinlichkeit von 1 ‰ bzw. 1 % bzw. 10 % fällt (Zahlentafel 1 A, B und C). Die Lichtbogenenergie, welche als untere

Zahlentafel 1. Maximale Lichtbogenenergie in kWs bei *n* Schaltungen.

Reihe von *n* Versuchen *n*	A: Grenzwerte, innerhalb welcher die Wahrscheinlichkeit eines Extremalwertes bei *n* Versuchen 1 : 1000 ist, untere Grenze	A: obere Grenze	A: Verhältnis der Grenzwerte	B: Grenzwerte, innerhalb welcher die Wahrscheinlichkeit eines Extremalwertes bei *n* Versuchen 1 : 100 ist, untere Grenze	B: obere Grenze	B: Verhältnis der Grenzwerte	C: Grenzwerte, innerhalb welcher die Wahrscheinlichkeit eines Extremalwertes bei Versuchen 1 : 10 ist, untere Grenze	C: obere Grenze	C: Verhältnis der Grenzwerte
1	1	47	47	2	39,5	19,7	4,4	27,4	6,23
2	2	48	24	4	42,5	10,6	8,15	32,0	3,93
3	4	48	12	6	43,5	7,2	11,0	34,4	3,13
5	6	48,5	8,1	9,5	45	4,7	15,4	36,9	2,40
10	11	49	4,5	15,5	46,5	3,0	21,45	39,9	1,86
20	17	49	2,9	21,5	47,5	2,2	26,9	42 55	1 58
50	25.5	49	1,9	28,5	48	1,7	32,85	45,05	1,37
100	30,5	49,5	1,6	33	48,5	1,5	36,5	46,2	1,27

[1] Vgl. a. E. B. Wedmore: The Present State of Rating Switches and Circuit-Breakers with Special Reference to the Experimental Determination of Rupturing Capacity, Intern. El. Commission, Bellagio 1927, Expertenbericht Nr. 839.

Grenze angegeben ist, wird mit einer Sicherheit von 999 ‰ bzw. 99 % bzw. 90 % erreicht. Wenn ein mit einer Unterbrechung ausgerüsteter Schalter z. B. zweimal eine Leistung von 10 000 kVA abschaltet, so darf daraus nur geschlossen werden, daß der Schalter für eine Abschaltleistung von 400 kVA betriebsicher ist (999 ‰ Sicherheit). Mit einer etwas niedrigeren Sicherheit (90 %) kann man nach diesen Versuchen die Nennleistung mit 1630 kVA angeben. Nach einer Reihe von 50 Versuchen wird man erwarten können, daß der Schalter für rd. 5000 kVA bzw. für rd. 6600 kVA betriebsicher ist.

Diese Schlußfolgerungen beruhen auf der Annahme, daß die Versuchsbedingungen unverändert bleiben, die Kontakte, wenn nötig, ersetzt und das Öl erneuert werden. Eine zweite Voraussetzung ist, daß bei größeren bzw. kleineren Abschaltleistungen die Meßwerte sich entsprechend der Kurve (*b*) der Abb. 7 (in Funktion der Schalterarbeit) verteilen und außerdem maximale bzw. minimale Werte proportional der Abschaltleistung aufweisen. Eine solche Gesetzmäßigkeit konnte jedoch experimentell bis jetzt nicht nachgewiesen werden, was die Tragweite obiger Schlußfolgerungen, welche sowieso nur für Schalter mit einer Unterbrechung gültig wären, beeinträchtigt. Die Verfasser bemerken deshalb, daß noch weitere Forschungsarbeiten notwendig sind, um die Form und die Grenzen der Verteilungskurven bei verschiedenen Leistungen zu bestimmen. Die Lösung der Frage erblicken die Verfasser in einer systematischen Untersuchung und eingehendem Studium aller Faktoren, welche in Zusammenhang mit der Schalterarbeit stehen. Es sollen alsdann die Gesetze und Formeln aufgestellt werden, welche jeweils einer gegebenen Schalterkonstruktion, durch Veränderung der Formelkonstanten, experimentell angepaßt werden. Es wird auf diese Weise möglich sein, rechnerisch die obere Grenze der Lichtbogenenergie für die in Frage kommende Abschaltleistung und Schalterkonstruktion zu bestimmen. Bereits seit einigen Jahren wurden die Arbeiten der Brit. Electr. & Allied Ind. Res. Assoc. in diese Richtung gelenkt und ergaben ein interessantes Versuchsmaterial; die Verfasser haben gute Hoffnung, die Untersuchungen bald erfolgreich zu Ende führen zu können. (E. B. Wedmore, W. B. Whitney, C. E. R. Bruce, J. Inst. El. Engs. London Bd. 65, S. 913.) *Kpw.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Ein Meßkondensator für Höchstspannungen. — Von praktisch verlustfreien Kondensatoren für Meßzwecke bei Spannungen über 100 kV sind zwei Arten bekannt: Die Luftkondensatoren nach W. Petersen und die Preßgaskondensatoren. Die Luftkondensatoren werden jedoch bei einigen 100 kV sehr groß und kommen daher für eine allgemeine Verwendung kaum in Betracht. Aber auch Preßgaskondensatoren, bei denen bisher die Belegungen in einem Metallgehäuse mit Durchführungsisolator untergebracht wurden, sind in dieser Bauweise kaum ausführbar, da bei den genannten hohen Spannungen die Durchführung sehr groß und schwer ausfällt.

Die Schwierigkeiten der isolierenden Durchführung wurden nun von H. Schering und R. Vieweg in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt dadurch umgangen, daß der ganze Kondensator in einem dem Druck standhaltenden Isoliergehäuse, z. B. einem langen Hartpapierrohr, angeordnet wurde. Das Rohr wird an den Enden mit Flanschen und Deckeln gasdicht geschlossen. An den einen Deckel wird Erde, an den anderen die hohe Spannung gegen Erde gelegt. Die Verbindungen zu dem im Inneren befindlichen Kondensator sind in dem Preßgas mit hoher Durchschlagsfestigkeit angeordnet. Die den eigentlichen Kondensator bildenden Elektroden sind in das Isolierrohr von beiden Seiten her so eingeführt, daß sie bis auf die Einführungsstellen allseitig vom Preßgas umgeben sind. Durch eine einfache Abschützung der Niederspannungselektrode werden Verlustfreiheit und definierte Kapazität erreicht.

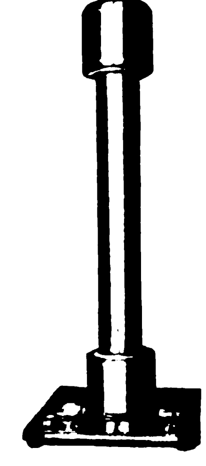


Abb. 9. Meßkondensator für Höchstspannungen.

Der nach dem umrissenen Prinzip hergestellte erste Kondensator (Abb. 9) hat bei einer Gesamthöhe von etwa 2,5 m 350 kV einwandfrei ausgehalten und ist bereits bis zu 300 kV zu Meßzwecken benutzt worden. Die Kapazität beträgt 42 µµF. Mit der Erstausführung ist der Spannungsbereich, für den Meßkondensatoren zur Verfügung stehen, etwa verdoppelt worden, es steht aber zu erwarten, daß man in ähnlicher Weise auch Kondensatoren für noch erheblich höhere Spannungen günstig wird bauen können. Die Meßkondensatoren in Isoliergehäuse werden von der Firma Hartmann & Braun, Frankfurt a. M., hergestellt. (Schering u. Vieweg, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 442.) *Sb.*

Fehlschaltungen und Störungen an Drehstromzählern. — Die bekannten Fehlschaltungen an Drehstromzählern werden von H. Krüzner systematisch zusammengestellt und durch die bekannten Diagramme erläutert. Dann wird für einige Fehlschaltungen die Fehlangabe als Funktion vom Leistungsfaktor aufgetragen. Um die Korrektur an den Fehlangaben anzubringen, müßte der Leistungsfaktor bekannt sein; es wird der Versuch gemacht, einen mittleren Leistungsfaktor mit Hilfe der Benutzungszeit und dem an einem Instrument abgelesenen Strom zu bestimmen. Dies ist natürlich ebenso ungenau, als wenn man für die normalen Betriebsverhältnisse den Leistungsfaktor durch Messung bestimmt und diesen der Korrektur zugrunde legt. (H. Krüzner, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 253.) *Schm.*

Heizung. Öfen.

Elektrischer Anlaßofen für Kohlenstoffstahl mit Wärmeübertragung durch bewegte Luft. — Es ist eine bekannte Tatsache, daß, wenn Mittel vorgesehen sind, die Luft in einem Ofen umzuwälzen, nicht nur die Heizgeschwindigkeit der Materialien, die darin enthalten sind, sehr erhöht wird, sondern es wird auch eine Gleichförmigkeit der Wärmeverteilung erzielt. Dieses Prinzip ist seit einigen Jahren in Öfen zum Trocknen von Kernen und anderen Materialien benutzt worden und hat eine bemerkenswerte Gleichförmigkeit der getrockneten Gegenstände zur Folge. Wendet man dieses Prinzip für kleine Öfen zum Anlassen von Stahl an, so ist es notwendig, in der Heizkammer einen Ventilator anzubringen, der von außen durch einen Motor angetrieben wird. Der vom Ventilator erzeugte Luftstrom geht um die Werkstücke herum, aber auch zwischen dieselben und erwärmt sie in der halben Zeit, die erforderlich ist, um denselben Einsatz durch natürliche Wärmeübertragung in einem Ofen mit ruhender Luft zu erwärmen. Auch die Gleichförmigkeit ist viel besser als diejenige, die man in einem Ofen mit natürlichem Zug erhält. Tatsächlich ist diese verbesserte Gleichförmigkeit der wichtigste Vorteil des Ofens, obgleich natürlich die erhöhte Heizgeschwindigkeit nicht übersehen werden darf.

Das Rahmenwerk des Ofens besteht aus geschweißten Winkeleisen mit Stahlblechverkleidung. Eine Mauer aus Wärmeisoliermaterial von genügender Stärke umgibt die Heizkammer, sobald die Tür geschlossen ist. Versuche über die Höhe der Ausstrahlung haben gezeigt, daß die Verluste gering sind. Der Betrieb des Ofens ist sehr wirtschaftlich nicht nur bei hohem Ausbringen, sondern auch beim unterbrochenen Betrieb, da die erforderliche Strommenge, um den Ofen warm zu halten oder ihn jederzeit betriebsfertig zum Einsetzen von Werkstücken zu halten, nur 0,9 kWh für 280 ° beträgt. Die beiden Heizkörper sind an der Decke und am Boden des Ofens angebracht. Jeder Heizkörper verbraucht 2,5 kW bei 110 V. Der Gesamtstromverbrauch ist also 5 kW von entweder 110 oder 220 V, je nachdem ob die Heizkörper parallel an 110 V oder in Serie an 220 V angeschlossen sind. Der eingeführte Strom genügt, um den leeren Ofen in 20 ... 25 min von Raumtemperatur auf 280 ° zu erwärmen. Der Stromverbrauch während dieses Anwärmens beträgt angenähert 2 kW. Die Heizkörper bestehen aus einer spiralförmigen, gekapselten Drahtkonstruktion u. zw. aus einem Heizelement aus Nickel-Chromstahldraht in Form einer Spirale, umgeben von einem dichten, hochkompakten Isolationspulver, durch das der Draht von dem Stahlmantel oder der Umhüllung getrennt wird. Das Element, welches besonders stark konstruiert ist, ist gut gegen mechanische Beschädigungen beim gewöhnlichen Betrieb geschützt, und da das Heizelement vollkommen eingeschlossen ist, kann kein Kurzschluß durch Berührung mit Metall vorkommen.

Mit dem Ofen sind Betriebsversuche angestellt, um die Wirtschaftlichkeit und Heizgeschwindigkeit für verschiedene Arten und Gewichte von Materialien festzustellen. Die kleinsten Stücke waren gewöhnliche Kisten-

nägel, von denen jedes Stück ungefähr 3,5 g wiegt. Die nächste Größe waren ½″-Bolzen von 75 mm Länge im Gewicht von etwa 0,17 kg, und die anderen benutzten Materialien waren Stahlblöcke von 0,36 .. 2,95 kg Gewicht. Jeder Versuch wurde mit einem bestimmten Gewicht eines dieser Materialien gemacht, die gleichmäßig über eine Metallschale verteilt waren. Thermoelemente wurden in Löcher eingelassen, die in der Mitte von vier Stücken gebohrt waren, um die Wärmeverteilung im Ofen zu zeigen und auch die Zeit, die erforderlich ist, um das Material auf Temperatur zu bringen. Diese Stücke waren im Ofen verteilt. Die Thermoelemente waren mit einem Temperaturanzeiger durch eine Einrichtung so verbunden, daß das Instrument nacheinander mit jedem Thermoelement verbunden werden konnte, so daß jedesmal 30 s verstrichen, ehe das nächste Thermoelement die Temperatur anzeigte. Auf diese Weise wurden Kurven aufgezeichnet, die die höchsten und niedrigsten Temperaturen im Ofen zu einer bestimmten Zeit als auch die allgemeine Steigerung anzeigten. Die in Abb. 10

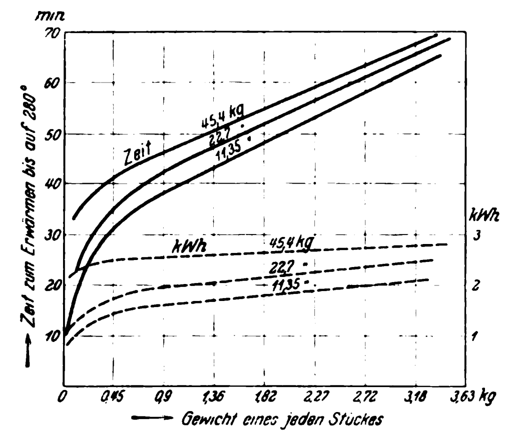


Abb. 10. Zeit und Stromverbrauch zum Erwärmen von verschiedenen Einsätzen.

gezeigten Kurven wurden bei 280° mit laufendem Ventilator aufgenommen. Diese Kurven geben sowohl die Zeit als auch die Kilowattstunden, die verbraucht sind, um einen bestimmten Einsatz von beliebiger Größe von Raumtemperatur auf 280° zu bringen. Aus diesen Kurven läßt sich im voraus angenähert bestimmen, welche

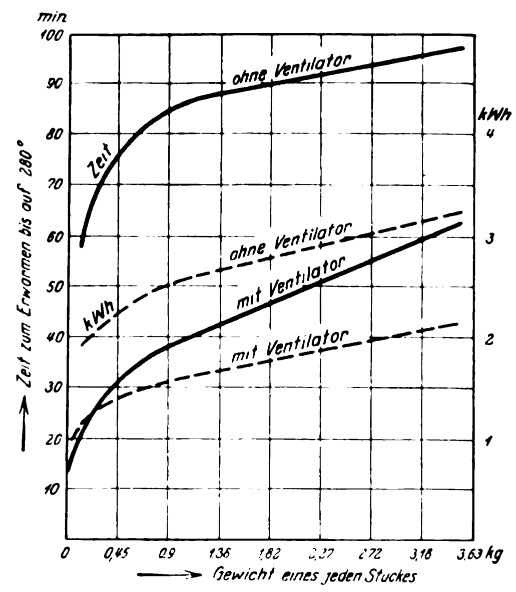


Abb. 11. Wirkung des Ventilators auf die Zeit und den Stromverbrauch.

Zeit ein gegebener Einsatz von Stücken, die bis zu etwa 3,6 kg wiegen, im Ofen bleiben muß, um die Temperatur von 280° zu erreichen. Für andere Temperaturen wird die Zeit von derjenigen für 280° abweichen, was von der gewünschten Temperatur und der Art des Einsatzes abhängt. Wie groß dieser Unterschied ist, kann durch Erfahrung mit verschiedenem Einsatz festgestellt werden. Abb. 11 zeigt die Wirkung des Ventilators auf die Zeitdauer und den Stromverbrauch, der für das Erwärmen von verschiedenem Einsatz erforderlich ist im Gegensatz zu der Wirkung ohne Ventilator. Aus den Kurven dieser Abbildung ist ersichtlich, daß die Zeit, um einen Einsatz ohne Ventilator zu erwärmen, durchschnittlich ungefähr doppelt so lang ist, als die zur Erwärmung mit Ventilator benötigte Zeit. Alle Punkte dieser Kurve wurden an demselben Ofen und unter genau denselben Bedingungen genommen.

Diese Kurven zeigen auch, daß, obwohl der Stromverbrauch des Ofens mit oder ohne Ventilator nicht sehr schwankt, eine entschiedene Abnahme in der Menge des Stromverbrauchs beim Erwärmen eines bestimmten Einsatzes wahrzunehmen ist, wenn der Ventilator in Betrieb ist. Das liegt hauptsächlich an der geringeren Zeitdauer zur Erwärmung des Einsatzes, wodurch die jedem Einsatz anhaftenden Ausstrahlungsverluste verringert werden. Das verursacht wieder verringerte Anlaßkosten auf ein Werkstück, wenn die Erzeugung mehr oder weniger kontinuierlich ist. Der Ofen wurde von der General Electric Co. entworfen. (Iron Trade Rev. Bd. 82, S. 1667.) *Jll.*

Installation.

Selbsttätige benzinelektrische Lichtanlage. — Bei der Durchbildung einer vom Sachsenwerk gebauten selbsttätigen benzinelektrischen Beleuchtungsanlage waren zwei Gesichtspunkte ausschlaggebend: größte Betriebstüchtigkeit und einfachste Bedienung, wobei allen Betriebsfällen Rechnung getragen werden sollte. Diese Bedingungen wurden unter Verwendung normaler Konstruktionen sowie der Beschränkung der Schaltgeräte auf ein Mindestmaß zu verwirklichen versucht.

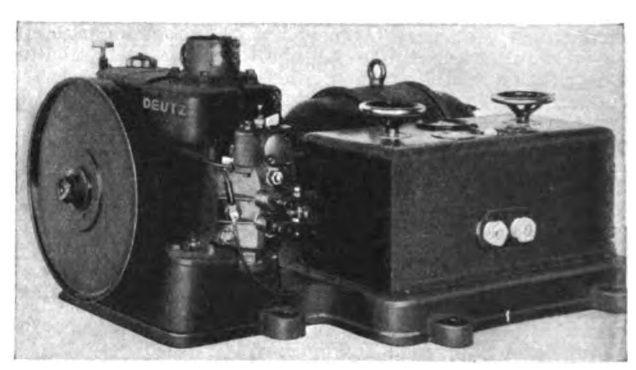


Abb. 12. Benzinelektrische Hauszentrale für halbselbsttätigen Betrieb.

Die Einrichtung (Abb. 12) besteht in der Hauptsache aus einem liegenden Einzylinder-Viertakt-Benzinmotor der Firma Deutz, Motoren-Gesellschaft, einer damit unmittelbar und elastisch gekuppelten Gleichstromdynamo, mit einem auf der gemeinsamen Grundplatte aufgebautem Schaltkasten und schließlich aus einer Akkumulatorenbatterie. Der Benzinmotor ist mit Wasserumlaufkühlung sowie mit Magnetzündung ausgestattet und hat zwei Schwungräder zur Erzielung eines flimmerfreien Lichtes. Die Motorleistung beträgt 2 PS bei 1200 U/min. Ein selbsttätiger Regler hält diese Drehzahl von Leerlauf bis Vollast innerhalb der für den praktischen Betrieb notwendigen Grenzen und spricht auf Schwankungen der Drehzahl schnell genug an. Die Dynamo ist eine Lademaschine für konstante Leistung mit einer in der Mitte unterteilten Kompoundwicklung, die teils feldschwächend bei Ladebetrieb, teils feldverstärkend bei reinem Netzbetrieb zu wirken hat. Der Motorleistung entsprechend wurde die Größe der Dynamo mit 1,1 kW festgelegt und die Spannung mit Rücksicht auf die zugehörige Batterie mit 32 V als wirtschaftlich günstigste gewählt. Die zugehörige Batterie selbst besteht aus 16 Einzelzellen in Glasgefäßen. Die Accumulatorenfabrik A. G., Berlin, hat für den vorliegenden Fall eine geeignete Type auf den Markt gebracht, welche fertige Plattensätze besitzt und somit die bisher übliche Lötung an der Aufbaustelle überflüssig macht. Als geeignete Batteriegrößen kommen solche für eine Kapazität von 81 Ah gegebenenfalls von 108 Ah in Betracht.

Die für den Betrieb der Einrichtung erforderlichen Apparate und Meßinstrumente sind in einem Schaltkasten vereinigt, der auf der gemeinsamen Grundplatte unmittelbar neben der Dynamo montiert ist. Die wesentlichsten

Apparate (Abb. 13) sind ein Flachbahn-Umschalter (1) mit zwei darunter angeordneten Justierwiderständen (9) sowie ein Anlasser (2) mit Nullspannungsmagnet und einem besonderen Hilfskontakt. Dieser Anlasser dient gleichzeitig auch als Umschalter. Der Anlasserkontaktarm schnellt durch Federkraft in seine Nullage zurück, sobald der Haltemagnet durch Überbrückung spannungslos wird. Dieses kann bewirkt werden durch Druckknöpfe (7), durch ein Nullstromrelais (5), durch ein Kontaktvoltmeter (3) mit zugehörigem Hilfsrelais (4). Schließlich sind noch vorgesehen: ein einpoliger Drehschalter (6) zum Abschalten des Kontaktvoltmeters,

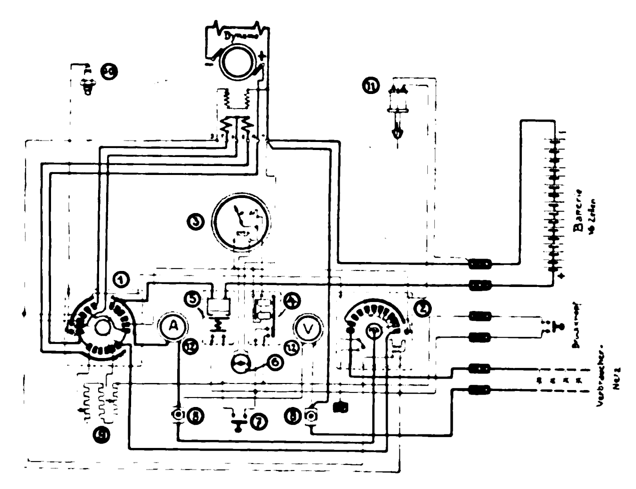


Abb. 13. Ausführungsschaltbild.

zwei Sicherungen für 35 A (8), ein Voltmeter und ein Drehspul-Amperemeter mit doppelseitigem Ausschlag (12). Ein besonderer Magnet (11) ist vorgesehen, um bei Außerbetriebsetzung des Benzinmotors die Schmierölzufuhr zu sperren. Die Zündkerze des Motors (10) ist über eine Unterbrechungstelle am Umschalter sowie über einen Kontakt am Anlasser derart mit dem Eisen verbunden, daß der Induktorstromkreis hierdurch kurzgeschlossen werden kann. Auf der rechten Seite des Schaltkastens sind je zwei Klemmen für den Netz- und Batterieanschluß angeordnet, sowie zwei weitere Klemmen für einen an beliebiger Stelle montierbaren Druckknopf.

Die mit dem Beleuchtungsatz erzielbaren Betriebsmöglichkeiten sind folgende:

1. Anlassen des Benzinmotors mittels Batteriestromes lediglich durch Betätigung des Anlassers.
2. Selbsttätiges Batterieladen ohne Zuhilfenahme eines Zellenschalters und ohne äußere Beeinflussung des Feldstromes.
3. Stromabgabe in das Verbrauchernetz während des Ladevorganges, aber nur bis zur Erreichung einer willkürlich am Kontaktvoltmeter einstellbaren Höchstspannungsgrenze.
4. Selbsttätiges Abschalten der Dynamo, Stillsetzen des Antriebsmotors und Umschalten der Batterie auf das Verbrauchernetz durch Ansprechen der Überwachungsrelais (Strom- und Spannungsrelais).
5. Willkürliches Stillsetzen des Satzes durch Druckknöpfe.
6. Selbsttätiges An- und Abstellen der Ölzufuhr beim Anlassen sowie beim Außerbetriebsetzen des Satzes.
7. Stromabgabe der Dynamo allein in das Verbrauchernetz bei abgetrennter Batterie.
8. Stromabgabe der Batterie allein in das Verbrauchernetz.
9. Parallelbetrieb der Dynamo mit Batterie.

Der in dem Schaltbild wiedergegebene Fall zeigt die Stellung der Apparate beim Ladebetrieb, wobei gleichzeitig Strom in das Verbrauchernetz abgegeben werden kann, oder auch bei Parallelbetrieb von Dynamo mit Batterie bei einem die Dynamoleistung überschreitenden Netzbedarf.

Wesentlich ist hierbei, daß irgendwelche Regelungen nicht notwendig sind. Die Bedienung ist denkbar einfach. Durch Drehen des Anlasserhandrades wird der Maschinensatz durch Batteriestrom in bekannter Art in Betrieb gesetzt, wobei gleichzeitig der Kontakt in der Leitung zur Zündkerze geöffnet wird. Sobald nun der Benzinmotor einige Umdrehungen gemacht hat, setzt die Zündung ein und nach Erreichung der Normaldrehzahl gibt die Dynamo Strom zurück in die Batterie bzw. über den Kontaktarm des Anlassers auch in das Verbrauchernetz. Auf der letzten Kontaktstellung des Anlassers erhalten auch das Kontaktvoltmeter sowie der Magnet, welcher am Öler angeordnet ist, Spannung, so daß diese ebenfalls betriebsbereit sind. Der Kontaktarm des Anlassers wird in der Endlage durch den vom Feldstrom durchflossenen Haltemagnet festgehalten, so daß nunmehr das Handrad freigegeben werden kann. Eine besondere Wartung ist also nicht mehr notwendig. Sobald nun der Magnet den Kontaktarm des Anlassers wieder losläßt, schnellt dieser durch Federkraft in die Nullage zurück. Dieser Fall tritt betriebsmäßig ein durch das Ansprechen des Kontaktvoltmeters nach Erreichung der eingestellten Grenze für die Ladespannung oder durch das Nullstromrelais, welches entweder bei einer Störung an der Zündkerze oder nach Verbrauch des Benzins in Wirkung tritt. Schließlich kann die Auslösung auch durch Druckknöpfe in gleicher Weise bewirkt werden. Hierdurch wird der Maschinenstromkreis unterbrochen und die Batterie auf das Verbrauchernetz umgeschaltet. Gleichzeitig wird die Zündung des Motors über die beiden Zündkontakte kurzgeschlossen, so daß dieser von selbst stehen bleibt. Der Ölermagnet wird stromlos und schließt das Ventil in der Ölleitung. Desgleichen wird das Kontaktvoltmeter außer Betrieb gesetzt. Im Ruhezustand des Maschinensatzes liegt also die Batterie stets unmittelbar am Verbrauchernetz.

Bei Betrieb mit angeschlossener Batterie ist die Dynamo stets voll belastet, wodurch der Satz wirtschaftlich ausgenutzt wird. Bei gleichzeitiger Netzbelastung während der Ladeperiode erhält die Batterie nur den jeweils differierenden Strom. Übersteigt der Netzbedarf die Maschinenleistung, so wird ohne weiteres diese Differenz aus der Batterie gedeckt. Wird der Netzbedarf ungefähr gleich der Maschinenleistung und der Batteriestrom somit gleich Null, so bewirkt das Nullstromrelais eine Umschaltung. In diesem Fall kann dann auch mit der Dynamo unmittelbar Strom ins Verbrauchernetz gegeben werden. Es ist hierzu nur notwendig, den Umschalter, welcher gewöhnlich auf der mit „Batterie" bezeichneten Stellung steht, am Handrad bis in die andere Endlage „Maschine" zu drehen. Diese Umschaltung kann auch bei größerem Verbrauch im Netz nach dem Anlassen erfolgen. Die erforderlichen weiteren Umschaltungen werden durch die eine Drehbewegung ausgelöst, und die Maschine arbeitet dann als Kompounddynamo allein auf das Netz. Irgendein Regelungsorgan ist auch hier nicht notwendig, da die Spannungskurve ziemlich flach verläuft und sich fast von Leerlauf bis Vollast nur unwesentlich ändert. Durch Rückführung des Umschalters in die Ausgangstellung wird der Benzinmotor selbsttätig durch Kurzschließen der Zündung wieder stillgesetzt, die Dynamo für den allgemeinen Betriebsfall für Batteriebetrieb umgeschaltet und die Batterie liegt wieder allein am Verbrauchernetz.

Es sei noch hervorgehoben, daß durch Bedienungsfehler infolge Drehens des linken oder rechten Handrades irgendwelche Betriebstörungen nicht eintreten können. Dies wird dadurch erreicht, daß die beiden Schaltelemente Umschalter und Anlasser im positiven Pol liegen und die Anordnung ist so getroffen, daß nur immer die Schaltungen ausgeführt werden können, welche der jeweiligen Stellung des Umschalters entsprechen.

W. Brenzel.

Bahnen und Fahrzeuge.

Oberleitungsomnibusse in Berlin? — Die Berliner Verkehrs-A. G. beabsichtigt, auf einigen Vorortstrecken in schwachbesiedelten, noch nicht erschlossenen Außengebieten versuchsweise Oberleitungsomnibusse in Betrieb zu nehmen. Zur Zeit sind Probefahrten im Gange, deren Ergebnis über die Einführung des Oberleitungsbetriebes entscheiden wird. (Verkehrstechn. 1929, S. 606.)

Konstruktion der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen der Deutschen Reichsbahn. — Die Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hat auf Grund einer Beratung in Berlin vom 5. ... 9. VII. 1927 über die Konstruktion elektrischer Wechselstromlokomotiven und Triebwagen, zu der auch fachlich beteiligte ausländische Eisenbahnverwaltungen geladen waren, eine Reihe von Entscheidungen getroffen, deren wichtigste kurz angedeutet seien.

Die verhältnismäßig hohe Zahl der Stromabnehmerentgleisungen macht es nötig, den Ausschlag des Fahrdrahtzickzacks in Kurven von 600 mm auf 500 mm zu ver-

ringern. Ferner soll durch Verwendung liegender Rillenisolatoren an der Bauhöhe des Stromabnehmers gespart werden, was einer Erhöhung des Lokomotiv-Dachscheitels zugute kommt. Eine Steigerung der Bügelanpreßkraft um 1 ... 1,6 kg erscheint ebenfalls geboten, während ein Abgehen von der doppelten Isolation der Hochspannungs-Dachleitungen noch von der Bewährung der Versuchsisolatoren abhängt. Gegen das Anbringen von Dachleitern ist bei der ausreichenden Gefahrvertrautheit des Lokomotivpersonals heute nichts mehr einzuwenden. Ob der umstrittene Wert des Einschaltwiderstandes im Hauptölschalter dazu führen wird, ihn künftig fortzulassen, ist noch nicht endgültig entschieden. Wahrscheinlich wird dies aber so kommen. Die Frage des Luftschalters bedarf noch eingehender Versuchsarbeit, ebenso ein Verlegen der Abschaltung schwererer Kurzschlüsse vom Lokomotivhauptschalter weg ins Unterwerk. Bei 38 neuen 1-Do-1-Schnellzuglokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft werden Trockentransformatoren eingebaut, um die Betriebsicherheit der neuen Bauart zu erproben. Die Überlastungsfähigkeit der Umspanner und Motoren soll künftighin nicht mehr so sehr durch die Erwärmungsvorschriften als vielmehr durch höhere Nennleistungen bei besserer thermischer Baustoffausnutzung erzielt werden. Die Normung der Kohlebürsten ist noch völlig im Fluß, Umspanner- und Schalteröle sind auch weiterhin nach technisch-physikalischen und chemischen Bedingungen und nicht nach den wenig zuverlässigen Markenbezeichnungen zu beschaffen.

Elektropneumatische Schützen werden bis auf weiteres nicht mehr verwendet, wohl aber elektromagnetische Schützen und die bewährten Schlitten- und Feinreglersteuerungen. Im Gesamtaufbau werden bei Neubauten einteilige Rahmen bevorzugt. Auf Keilnachstellung an Stangenköpfen kann bis auf wenige verzichtet werden. Der Wert der Zahnradfederungen ist noch nicht einwandfrei erwiesen, Ersatz durch Schrägverzahnung bei doppeltem Antrieb wäre vielleicht vorzuziehen. Bei den Triebwagen muß erst eine längere Betriebszeit über die Überlegenheit einzelner Typen entscheiden. (Organ Fortschr. Eisenbahnw. Bd. 84, S. 49.) *Sch-l.*

Die Kurzschlußbremse im Straßenbahnbetrieb. — Die Wirkungsweise der elektrischen Widerstandsbremse, auch Kurzschlußbremse genannt, ist vielfach selbst in Fachkreisen nicht genügend erkannt, insbesondere dort nicht, wo sie mit der elektrisch-mechanischen Bremse von Anhängern zusammenwirkt. Zur Klärung dieser Wirkungsweise wurden unter Leitung von Prof. H. Thoma Messungen an Straßenbahntriebwagen bzw. Straßenbahnzügen in Karlsruhe vorgenommen, wobei die wichtigsten Werte wie Strom, Spannung, Geschwindigkeit, Weg und Zeit oszillographisch registriert wurden. Es wurden Aufnahmen bei verschiedenen Bremsweisen, so z. B. bei schneller und langsamer Betätigung der Bremse, bei elektrischer, mechanischer und kombinierter Bremsung, mit und ohne Anhängerwagen, gemacht und versucht, die elektrischen Vorgänge aus den oszillographischen Bildern zu deuten. Die Augenblickswerte der Ströme, Spannungen, der Geschwindigkeiten und des zurückgelegten Weges, insbesondere auch des gesamten Bremsweges, lassen sich eindeutig ablesen. Die gefundenen Werte für die Auslaufwege bewegen sich in der bekannten Größenordnung, die einer mittleren Verzögerung von 1,0 ... 1,5 m/s² entspricht. Bemerkenswert ist der große Unterschied zwischen rein elektrischer Bremsung, Auslaufweg 15,5 m, und elektrischer Bremsung bei gleichzeitiger Betätigung der Handbremse, Auslaufweg 34,0 m. Dieser Unterschied beweist, daß durch die Handbremse die Wirkung der Solenoidbremsen der Anhänger fast ganz aufgehoben werden kann. Schwieriger ist es, aus den Oszillogrammen auf die eigentlichen elektrischen Vorgänge zu schließen. Leider scheint versäumt worden zu sein, während der Aufnahmen die Kommutatoren und Treibachsen beobachten zu lassen. Die Erklärung gewisser Unregelmäßigkeiten im Strom- und Spannungverlauf durch Überschläge wäre dann einwandfrei gewesen.

Der Verfasser weist auf die bekannten hohen Spannungen hin, die während der elektrischen Bremsung auftreten können, und die bei den Versuchen anscheinend auch zu Überschlägen geführt haben. Es muß daraus geschlossen werden, daß Motoren älterer Bauart zur Verwendung standen, denn bei einem neuzeitlichen Wendepolmotor ist es oft schwer, derartige Bremsüberschläge zu provozieren. Der Verfasser kommt dann auf die bekannten drei Bremsschaltungen, nämlich die Parallelschaltung mit Ausgleichleitung, die offene Kreuzschaltung und die Kreuzschaltung mit Ausgleichleitung, zu sprechen und ist der Meinung, daß die erste und die letzte in ihrer Wirkung gleich sein müssen. Dies trifft natürlich nur zu, wenn der Widerstand der Ausgleichleitung null ist. Je größer der Widerstand wird, desto deutlicher treten die charakteristischen Unterschiede zwischen der offenen Parallelschaltung und der offenen Kreuzschaltung zutage.

Bezüglich der mechanisch wirkenden Bremsen erhofft Thoma in der Weiterentwicklung der elektro-hydraulischen Bremse von Piper einen Fortschritt. (H. Thoma, Glas. Ann. Bd. 104, S. 99.) *H. O.*

Hebezeuge und Massenförderungen.

Elektrisch betriebene Verladeanlage der Zeche „Fürst Hardenberg". — Die Vereinigten Stahlwerke A. G. haben für ihre an den Stichkanal Herne-Dortmund grenzende Zeche „Fürst Hardenberg" eine Verladeanlage geschaffen, um in der Hauptsache Kohlen auf dem billigen

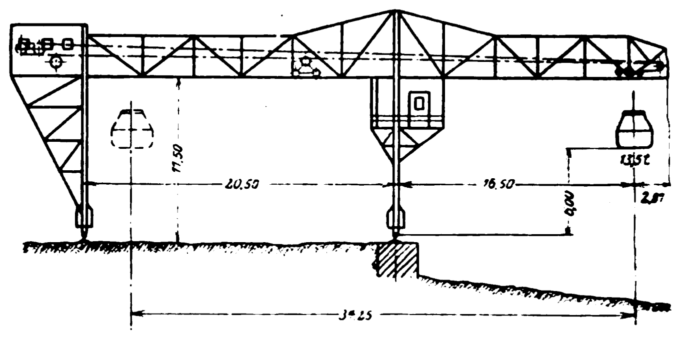


Abb. 14. Verladebrücke (Schema).

Wasserwege den Verbrauchern zuzuführen. Als für den gewünschten Zweck günstigste Bauart wurde von der Demag, Duisburg, eine fahrbare Verladebrücke für 13,5 t Tragfähigkeit mit fester landseitiger Stütze und mit Pendelstütze am Ufer geliefert (in Abb. 14 schematisch dargestellt), deren Stützweite 20,5 m beträgt, während der Ausleger um etwa 19,5 m über das Wasser hinausragt, so daß zwei Kähne gleichzeitig bestrichen werden können. Verlangt wurde, die in Klappkübeln von 12,5 m³ Inhalt auf Waggons in Sonderbauart ankommende Kohle in die Kähne zu schütten, ohne daß weiche Kohle durch Zerschlagen einen Güteverlust erleidet. Das für Heben, Entleeren und Katzfahren erforderliche Windwerk wurde in einem Zentral-Windenraum über der festen Stütze untergebracht, während der Kranführer zwecks guter Übersicht seinen Platz in dem hoch gelegenen Führerhaus an der Pendelstütze hat. Infolge dieser Anordnung konnte die durch Seilzug verfahrbare Katze sowie die gesamte Brückenkonstruktion leicht gehalten werden.

Beim Arbeiten mit Klappkübeln muß es unbedingt vermieden werden, daß während der Hub- und Senkperioden Relativbewegungen der Seile eintreten, da dies leicht Kübelöffnen zur Folge hat. Es wurde deshalb die bekannte Demag-Kastenwinde in einer Sonderbauart verwendet, bei der ein Motor nur zum Heben, ein zweiter, kleinerer zum Öffnen oder Schließen dient. Beide sind durch ein Differentialgetriebe derart verbunden, daß auch während der Hubbewegungen Zustandsänderungen des Kübels vorgenommen werden können. Der entleerte offene Kübel kann z. B. während der Rückfahrt der Katze zum Aufsetzen auf den Waggon ohne Zeitverlust geschlossen werden. Ungewünschtes Voreilen des Schließseiles während des Hebens und damit Kübelöffnen ist durch die Bauweise der Winde ausgeschlossen. Ein durch den Fahrmotor angetriebenes Differentialgetriebe arbeitet derart auf die übrige Winde, daß bei laufendem Fahrmotor und stillstehendem Hub- und Schließmotor die Katze verfahren werden kann, ohne daß der Kübel seine Höhenlage ändert. Durch gleichzeitiges Einschalten mehrerer Motoren lassen sich die entsprechenden Bewegungen gleichzeitig erzielen. Infolge reichlicher Verwendung von Wälzlagern haben sämtliche Windwerke außerordentlich gute Wirkungsgrade.

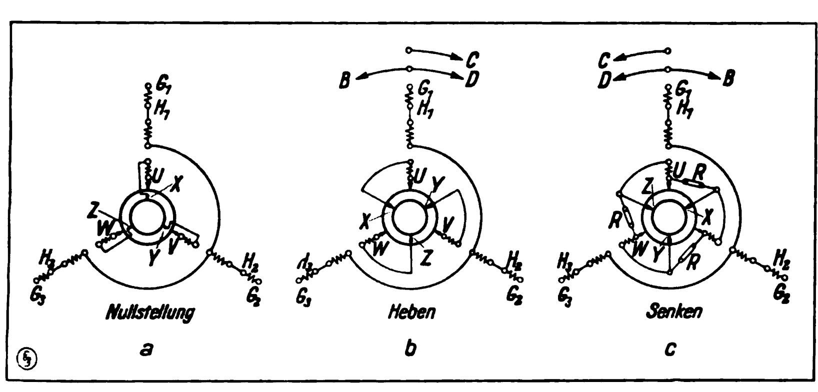
Die von den Siemens-Schuckertwerken A. G., Berlin, gelieferte elektrische Ausrüstung für Drehstrom 380 V, 50 Hz, ist insofern bemerkenswert, als für sämtliche Antriebe Drehstrom-Reihenschlußmotoren mit Drehzahlregelung durch Bürstenverschiebung verwendet wurden. In Abb. 15a ... c bezeichnen: $G_1 H_1$, $G_2 H_2$ und $G_3 H_3$ die Ständerwicklung, die in Reihe mit der Primärwicklung

des Zwischentransformators liegt; *UX, VY, WZ* ist die Sekundärwicklung des Zwischentransformators, die mit den Bürsten, als Pfeil gezeichnet, verbunden ist. In Abb. 15 a stehen die Bürsten des Kommutatormotors in der Nullstellung.

Zum Heben wird der bewegliche Bürstensatz entgegengesetzt dem Uhrzeigersinne verschoben; dann dreht sich der Läufer im Uhrzeigersinne (Hubsinne). Die Richtung des Ständerdrehfeldes stimmt mit der Läuferdrehrichtung (Hubsinn) überein (Abb. 15 b).

Für das Senken ist folgende Läuferschaltung auszuführen, bevor der Ständer entgegengesetzt der vorhergehenden Ständerdrehfeldrichtung an das Netz geschaltet wird: Zwischen je einer festen und beweglichen, jedoch nicht phasengleichen Bürste wird ein Ohmscher Widerstand (*R*) eingeschaltet (Abb. 15 c).

Um nun die erforderlichen kleinsten Senkgeschwindigkeiten zu erhalten, wäre es nötig, die beweglichen Bürsten zunächst in die gleiche Stellung zu bringen, damit die Motordrehmomente in Abzug kommen (Abb. 15 b). Eine solche Steuerweise ist jedoch zu umständlich und daher unerwünscht; deshalb werden die Bürstenanschlüsse kreisläufig vertauscht, wodurch sich sofort nach Anschaltung des Kommutatormotors an das Netz die kleinste Senkdrehzahl einstellt. Steuerhebelauslage und Lastbewegung sind durch die kreisläufige Vertauschung ebenfalls in Übereinstimmung gebracht worden. Abb. 15 c zeigt die Umschaltung und die ungefähre Bürstenstellung, bei der der Kommutatormotor an das Netz geschaltet wird.

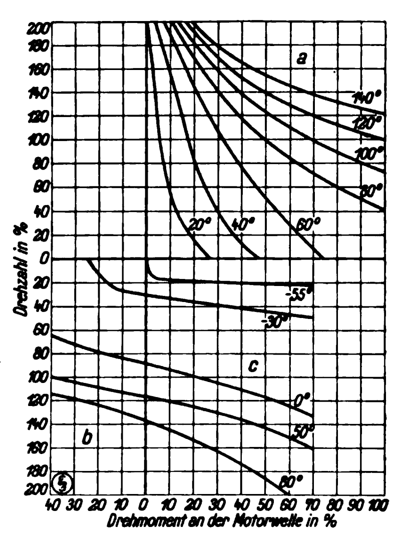


B Bürstenverschiebung *C* Ständerdrehfeld *D* Läuferdrehsinn

Abb. 15. Schaltung des Reihenschluß-Kommutatormotors mit 2 Bürstensätzen, Zwischentransformator und Läuferwiderständen.

ziehende Lasten elektrisch gebremst, wobei die Drehzahlen nur in geringem Maße durch die Größe der Last beeinflußt werden. Weitere Vorteile gegenüber anderen Schaltungen sind: Die Höchstdrehzahl ist ohne Zuhilfenahme zusätzlicher Schaltungsmittel durch die Schaltung begrenzt; sie beträgt beim Senken der Vollast und bei größter Steuerhebelauslage etwa 200 % der normalen Hubdrehzahl und kann nicht überschritten werden. Die zum Senken erforderliche Schaltung ist über den gesamten Senkbereich die gleiche; verkehrte Lastbewegung beim Arbeiten mit leichten Lasten kann nicht eintreten. Infolge ihrer vielen guten Eigenschaften nimmt die Schaltung eine hervorragende Stellung ein; sie wird nur noch von der Leonard-Schaltung übertroffen.

Die Motoren sind in bekannter Weise vor Überlastungen durch Überstromrelais geschützt, die auf den gekapselten Selbstschalter arbeiten. Sämtliche Walzen haben Nullstellungszwang für Wiedereinschaltung nach erfolgtem Auslösen. Infolge der günstigen Anordnung der Winden und auch wegen der übersichtlichen und leichten



a Heben *b* Senken mit Kraft *c* Senken mit elektrischer Bremsung

Abb. 16. Regelkurven eines Drehstrom-Reihenschluß-Kommutatormotors für ein Hubwerk.

Mit dem Hubmotor von 100 kW bei $n = 600$ läßt sich eine Hubgeschwindigkeit von 37 m/min erreichen; für Schließen, Katzfahren und Brückenfahren wählte man Motoren von 50 kW bei $n = 750$; die dabei erzielten Geschwindigkeiten sind: Schließen 25 m/min, Katzfahren 120 m/min, Brückenfahren 70 m/min. Zum Einschalten der Ständer dienen kleine, mit Hebelantrieb versehene, im Führerstand angeordnete Meisterwalzen; die für die Ständerumschaltung erforderlichen Schützen sind zur leichten Kontrolle in einem Raum in der Nähe des Führers untergebracht. Die Motoren, die zwecks günstiger Kommutierung erforderlichen Zwischentransformatoren und die Bremslüfter stehen jedoch im Windenraum. Von den Antrieben der Meisterwalzen führen Gestänge und Stahldrahtzüge zu den Seilscheiben der beweglichen Bürstenbrücken der Motoren, um in leichter Weise durch Verstellen der Bürsten die Motordrehzahl regeln zu können. Für den Schließ-, Katzfahr- und Kranfahrmotor ist eine einfache Umkehrschaltung vorgesehen, bei der mit der Hebelauslage die Drehzahl steigt. Außerdem kommt beim Arbeiten mit leerem Kübel die Reihenschlußcharakteristik der Motoren, also Drehzahlanstieg bei Entlastung, zur Wirkung. Der Hubmotor ist jedoch mit Sicherheits-Senkbremsschaltung (DRP. ang.) versehen, um sowohl leichte als auch schwere Lasten langsam senken bzw. aufsetzen zu können. Beim Heben steigt die Drehzahl mit der Bürstenverstellung und in Abhängigkeit von der Last; beim Senken werden Bürsten- oder Zwischentransformatoranschlüsse kreisförmig vertauscht (Abb. 15 c), wodurch bereits bei geringster Bürstenauslage große Bremsmomente und daher kleinste Drehzahlen erzielt werden. Abb. 16 stellt die Regelkurven des Hubmotors dar. Der Vorteil der Sicherheits-Senkbremsschaltung liegt darin, daß die gleichen Bürstenstellungen auf der Senkseite sowohl Brems- als auch Kraftstellungen sind, d. h. leichte Lasten werden mit Kraft gesenkt, schwere, die Winde durch-

Steuerung konnten nach erfolgtem Einarbeiten der Kranführer Umschlagleistungen bis zu 300 t/h erzielt werden. Trotz dieser starken Beanspruchung liefen sämtliche Motoren nach zweijähriger Betriebszeit noch mit dem ersten Kohlenbürstensatz. (P. Schönfeld, Z. VDI Bd. 73, S. 191, und L. Weiler, Kran-Hubwerkschaltungen für Drehstrom-Reihenschluß-Kommutatormotoren, Druckschr. der SSW.) *Ka.*

Bergbau und Hütte.

Vierwalzengerüst für eine elektrische Reversier-Blechstraße. — Auf der neuen Blechstraße der Lukens Steel Co., Coatesville Pa. (V. St. Amerika), werden Bleche von etwa 2,5 mm Stärke, 1840 mm Breite und 10 800 mm Länge hergestellt. Das Walzwerk besteht aus Vor- und Fertigstraße, die hintereinander angeordnet sind, und von je einem Motor angetrieben werden. Die Duo-Vorstraße hat eine Differential-Anstellvorrichtung, welche es ermöglicht, aus Ingots rechteckige Bleche zu erzeugen, ohne daß Diagonalstiche erforderlich sind. Die Abmessungen der Walzen sind 860 × 2120 mm; ihre praktisch höchste Drehzahl ist 25 U/min. Feldschwächung ist vorgesehen, wird aber nicht angewendet. Der Reversiermotor hat eine Dauerleistung von 1200 PS und ein größtes Drehmoment von 83 mt, das in Notfällen auf etwa 100 mt gesteigert werden kann. Die Fertigstraße besteht aus einem Vierwalzengerüst. Die beiden mittleren Arbeitswalzen haben einen Durchmesser von 580 mm bei 2120 mm Ballenlänge, während die oben und unten liegenden Stützwalzen 1020 mm Dmr. und ebenfalls eine Ballenlänge von 2120 mm haben. Letztere werden durch Reibung mitgenommen. Die Stützwalzen laufen in Rollenlagern, die den Kraftverbrauch verringern und eine größere Erwärmung der Zapfen vermeiden, wodurch auch die Erwärmung und Ausdehnung



der Ballenenden geringer wird und die Bleche in ihrer ganzen Breite eine gleichmäßige Stärke erhalten.

Der Vorteil des Vierwalzensystems besteht nach Ansicht des Berichters vor allem in dem geringen Durchmesser der Arbeitswalzen. Die Kontaktfläche zwischen Walzen und Arbeitsgut ist bei gleicher Verlängerung größer bei großen Walzendurchmessern. Der Walzdruck ist aber gleich dem Fließdruck des Walzgutes mal Kontaktfläche, ist also bei kleinen Walzendurchmessern geringer als bei großen Durchmessern. Die geringere Kontaktfläche der Walzen kleinen Durchmessers bedingt ferner eine geringere Abkühlung des Walzgutes, soweit der Wärmeübergang vom Walzgut auf die Walzen in Frage kommt. Das Walzgut bleibt folglich länger warm, wodurch der Kraftverbrauch verringert wird.

Die Forderung der Walzwerker, möglichst geringe Walzendurchmesser zu verwenden, „weil kleine Walzen besser strecken", ist denn auch ziemlich allgemein, wenngleich die für ihre Forderung angegebenen Gründe nicht immer sehr klar waren. Meistens wurde darauf hingewiesen, daß Schmiede, wenn sie Eisen mit möglichst geringem Kraftaufwand strecken wollen, dies mit der Finne des Hammers tun, nicht aber mit der Bahn. Das ist an sich ganz richtig und beruht darauf, daß sich beim Arbeiten mit der Finne wegen der kleineren Kontaktfläche die nötigen Fließdrücke leichter erzeugen lassen als mit der Bahn des Hammers, nicht aber darauf, daß die reine Streckarbeit, die nur vom Zustand des Eisens abhängt, durch die Form des Hammers oder der Walzen beeinflußt wird.

Der Walzendurchmesser der Blechstraßen ist bedingt durch die zulässige Durchbiegung der Walzen. Das Vierwalzenblechgerüst ist in dieser Beziehung besonders günstig, weil für die Durchbiegung mindestens die Summe der Trägheitsmomente von Arbeits- und Stützwalze in Frage kommt und weil der tatsächliche Walzdruck wegen der kleinen Durchmesser der Arbeitswalzen verhältnismäßig gering ist.

Es ist daher zu erwarten, daß das Vierwalzengerüst auch in Deutschland eingeführt wird. Seine Vorteile werden besonders auch bei Kaltwalzen zur Geltung kommen, weil hier wegen des hohen Fließdruckes der kalten Bleche mit ganz enormen Drücken gearbeitet wird, deren Verringerung eine wesentliche Erleichterung des Kaltwalzprozesses bedeutet. Nicht nur wird die Durchbiegung der Walzen geringer; der geringe Lagerdruck bedingt geringere Erwärmung der Walzzapfen, wodurch eine der Hauptschwierigkeiten des Kaltwalzprozesses teilweise beseitigt wird.

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß das Vierwalzengerüst die Grenze für Blechbreiten hinausrückt. (J. H. McElhinney u. W. H. Burr, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 297.) *Emn.*

Dreifachkrane mit Wippausleger. — Aus dem Bedürfnis, mehrere Hebezeuge auf einen kleinen Raum zu vereinigen, sind der Doppelkran und der Wippkran entstanden. Bei ersterem ist außer dem auf einem Halbportal angeordneten Drehkran noch eine in einem horizontalen Ausleger fahrende Katze vorhanden. Beide Hebezeuge werden unabhängig voneinander durch je einen Kranführer gesteuert. Während die Laufkatze die Last in einer geraden Linie führt, bietet der Drehkran den Vorteil, daß er die Güter weiter von seinem Stand absetzen kann, so daß sich also beide Hebezeuge vorteilhaft ergänzen. Der Wippkran anderseits ermöglicht eine Veränderung des Aktionsradius, der beim normalen Drehkran als konstant anzusehen ist. Beide Kranarten stellen einen wesentlichen Fortschritt auf dem Gebiete des Stückgutumschlages dar. In noch stärkerem Maße gilt das von einer Vereinigung der beiden Bauarten, dem Doppel- oder Dreifachkran mit Wippausleger. Während Abb. 17 das Schema eines Dreifachkrans darstellt, zeigt Abb. 18 eine Ausführung der Demag, Duisburg, mit einem Wippkran von 3 t und 2 Laufkatzen von je 3 t Tragfähigkeit. Besonders vorteilhaft ist der durch die Wippbewegung gewonnene größere Arbeitsbereich des Drehkranes. Das Portal darf nämlich während des Ladevorganges seine Stellung nicht verändern, weil die verschiedenen Hebezeuge unabhängig voneinander arbeiten sollen. Da der Wippkran nun die Fahrbewegung des Portals durch die Wippbewegung des Auslegers ersetzt, ist das Absetzen der Last an jeder beliebigen Stelle innerhalb einer breiten Kreisringfläche möglich. Doppel- und Dreifachkrane werden daher in letzter Zeit vorzugsweise mit Wippauslegern ausgeführt, wozu sich am besten der Doppellenkerkran eignet, bei welchem die Auslegerspitze beim Wippen nicht ansteigt (Abb. 17). Das Hub- und Fahrwerk wird neuerdings in einem Maschinenhaus am landseitigen Ende des Portals untergebracht, während der Führer seinen Stand in einem festen Führerhaus erhalten hat, das in eine der wasserseitigen Portalstützen eingebaut und nach drei Seiten mit Fenstern versehen ist. Diese Ausführung hat den Vorteil, daß der Ausleger für die Katze leichter oder bei Bedarf auch länger ausgebildet werden kann, so daß er über zwei Fahrzeuge reicht. Auch die Fahrgeschwindigkeit der Katze kann infolge ihres geringeren Gewichtes ohne weiteres erhöht werden. (Demag-Nachr. Bd. 3, S. 16.) *Ka.*

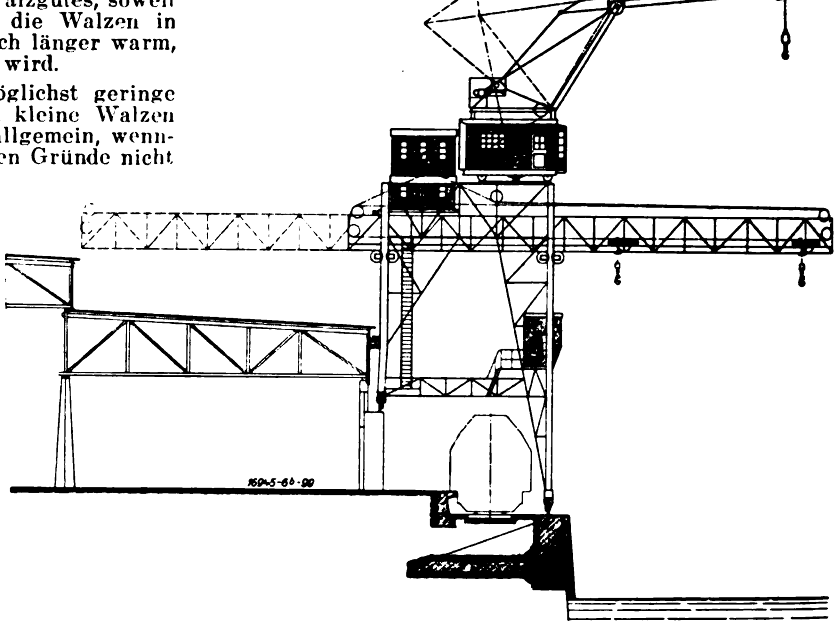


Abb. 17. Schema eines Dreifachkrans, Drehkran mit Wippausleger ausgerüstet.

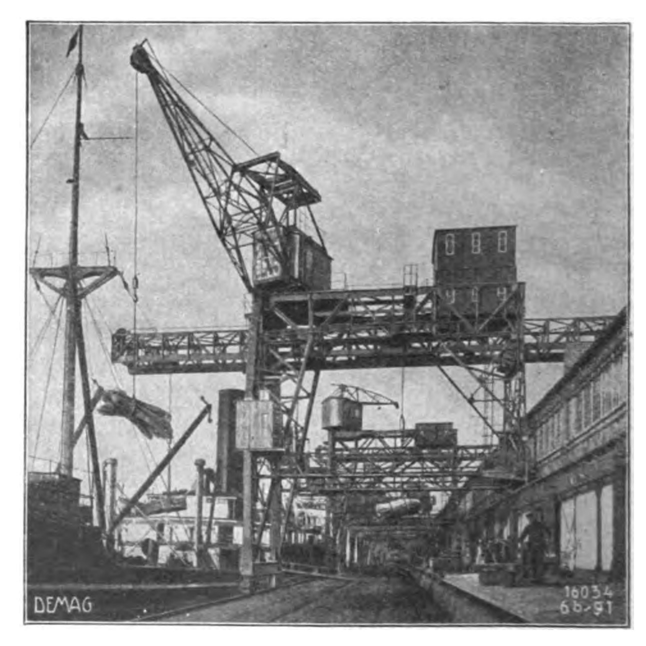


Abb. 18. Dreifachkran mit einem Wippkran von 3 t und 2 Laufkatzen von je 3 t Tragfähigkeit.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Über den Durchschlag fester Isolatoren. — Einen interessanten Beitrag zu dieser heute so vielfach behandelten Frage liefert W. Werner. Er bespricht einleitend die neueren Theorien des Durchschlags und besonders die Versuche zur Aufstellung einer Beziehung zwischen Durchschlagspannung und Materialstärke. Die vom Verfasser an Glimmer, Glas, Steinsalz, Schwefel, Zelluloid und Weichgummi in Luft, flüssiger Luft und Öl vorgenommenen Versuche lassen sich am besten durch die Gleichung $U = a\,d + b$ wiedergeben (U Durchschlagspannung, d Materialstärke, a und b Konstante). Nun wäre zu erwarten, daß die Durchschläge stets an den Stellen größter Feldstärke auftreten, bei den vom Verfasser benutzten Kugelelektroden also zwischen den auf dem Isolierstoff aufliegenden Kalotten. Das ist indessen nicht der Fall, die Durchschläge liegen außerhalb der Berührungspunkte zwischen Elektroden und Isolierstoff und, wenn Oberflächenteile des letzteren versilbert werden, außerhalb des Randes der Silberschicht, z. B. 0,15 mm von diesem entfernt. Wenn ferner bei Versuchen in flüssigem Wasserstoff zwischen Kugeln und Isolierstoff nach Abb. 19 sich feste Schichten von Stickstoff bildeten, lag die Durchschlagspannung erheblich höher als beim Nichtvorhandensein dieser Schichten. Kontrollversuche, bei denen die Elektroden von Gummi oder Wasser in flüssiger Luft überzogen waren, bestätigen diese Beobachtung.

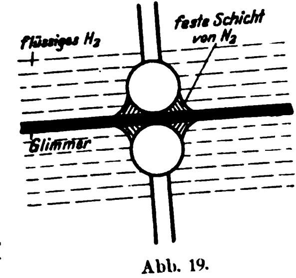


Abb. 19.

Der Verfasser erklärt nun seine Ergebnisse durch folgende Theorie: Der Durchschlag fester Isolierstoffe wird bei den heute üblichen und möglichen Versuchsanordnungen stets von einem Gasdurchbruch eingeleitet. Spuren von Gasen im Öl, an den Elektroden usw. sind unvermeidbar. Bei den beiden vorhandenen Dielektriken, dem festen Isolierstoff und dem umgebenden Gas bzw. Flüssigkeit bildet sich zuerst in dem elektrisch schwächeren Dielektrikum eine Lawine aus, die auf den festen Isolator auftrifft und entweder seinen Durchschlag bewirkt oder nur Anfressungen an seiner Oberfläche hervorruft oder aber an dieser Oberfläche entlang als Gleitentladung „reflektiert" wird. Daß verschiedene Dielektriken als „Kette", deren schwächstes Glied zuerst zerstört wird, hintereinander liegen, läßt sich kaum vermeiden und erklärt auch den großen Einfluß der Versuchsanordnung auf die erhaltenen Durchschlagwerte und deren Verschiedenheit bei verschiedenen Forschern. Wie der Verfasser zeigt, steht diese Theorie auch mit der von ihm bevorzugten, oben wiedergegebenen Formel in Einklang, für die er eine physikalische Erklärung gibt. Daß der Durchschlag als ein stoßartiger Vorgang aufzufassen ist, machen auch Photographien der Durchschlagstellen wahrscheinlich, die die dem Material eigentümlichen „Schlagfiguren" deutlich erkennen lassen.

Zur weiteren Prüfung seiner Theorie unternahm der Verfasser Versuche im Hochvakuum wieder zwischen Kugelelektroden. Die Durchschlagkanäle durch Glasplatten lagen hier bis zu 7 mm von der Auflagestelle der Elektroden entfernt. Die gemessenen Durchschlagspannungen waren erheblich niedriger als bei Atmosphärendruck bzw. unter Öl und streuten sehr stark. Diese Tatsachen erklären sich durch die größere freie Weglänge der Teilchen, die also schon bei geringerer Spannung genügend kinetische Energie für den Durchschlag aufspeichern können, sowie durch die größere Wahrscheinlichkeit eines nahezu senkrechten Aufpralls auf den Isolierstoff. Die auch bei festen Stoffen beobachteten Verzögerungserscheinungen lassen sich ebenfalls auf Grund der geschilderten Theorie und der beobachteten Anfressungserscheinungen verstehen. Bei bestimmten Spannungen gelingt der Durchschlag eben nicht beim ersten Lawinenstoß, sondern der Isolierstoff wird erst durch wiederholte Stöße durchgefressen.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß sämtliche bisherigen Beobachtungen nur von der Versuchsanordnung abhängige Relativwerte geliefert haben und daß die eigentlichen Durchschlagspannungen der festen Isolierstoffe erheblich höher liegen, wie z. B. von Rogowski für Steinsalz berechnet. Der Verfasser gibt zum Schluß „mit aller Vorsicht" seiner Meinung dahin Ausdruck, daß der den Durchschlag auslösende Stoß durch eine Elektronenlawine verursacht werde. In der Erklärung der Lawine, z. B. bei nur spurenhaftem Vorhandensein von Gas, dürfte auch die größte Schwierigkeit dieser Theorie liegen. (W. Werner, Ann. Phys. Bd. 86, S. 95.) *Wi.*

Turbulente Eigenströme der obersten Erdschichten. — Die Erforschung der spontanen elektrischen Ströme in den obersten Schichten der Erdkruste hat zur Unterscheidung dreier nach Verlauf und Entstehung verschiedener Komponenten geführt. Erdströme erster Art besitzen eine im Mittel zeitlich konstante Vertikalkomponente und eine nordsüdlich orientierte Horizontalkomponente und dürften durch erdmagnetische Vorgänge verursacht sein. Erdströme zweiter Art sind an das Vorhandensein lokaler Erzgänge geknüpft und beruhen auf der Bildung galvanischer Elemente, welche dann ein wohldefiniertes Potentialfeld erzeugen. Zu ihnen treten wesentlich schwächere Erdströme dritter Art als turbulente Eigenströme, welche durch ein in engen Raumbereichen stark schwankendes Potentialfeld äußerlich gekennzeichnet sind. Sie werden mittels depolarisierbarer Sonden (Tonzellen mit Kupferelektroden in gesättigter Kupfersulfatlösung) nachgewiesen, indem die Potentialdifferenz der Sonden gegen einen beliebigen, außerhalb des Feldes liegenden Punkt der Erdoberfläche mittels Drehspulgalvanometers gemessen wird. Die turbulente Eigenströmung hat ihren Sitz an der Grenze zweier verschiedener Gesteinsarten und wird vermutlich durch chemische Vorgänge in der benachbarten Erdschicht hervorgerufen. Gewisse Bestandteile der unter der Verwitterungschicht liegenden Gesteinsarten gehen in den darüber befindlichen Boden in Lösung; der Konzentrationsunterschied dieser Bodenlösungen der verschiedenen Gesteinsarten wird dann Ursache einer Potentialdifferenz nach Art der von Helmholtz theoretisch untersuchten Strömung[1] zwischen verschiedenen Konzentrationsstufen. Die Gesteinsgrenze selbst läßt sich durch wiederholte Ausmessung des turbulenten Erdstromfeldes lokalisieren, indem sich dort eine auffallende Häufung gleichgerichteter Potentialsprünge herausstellt, die man zweckmäßig statistisch auswertet. Versuche haben gezeigt, daß die Potentialsprünge zwar quantitativ von der Witterung und anderen Umständen abhängen, daß sich aber qualitativ immer dieselben Resultate ergeben, auch wenn zwischen den einzelnen Versuchsreihen mehrere Wochen vergehen. Das Verfahren ist daher anwendbar, um solche Gesteinsgrenzen festzulegen und hat sich sogar hinsichtlich der Genauigkeit anderen, rein geologischen Methoden als überlegen erwiesen. Dabei ist die äußere Handhabung der Meßapparatur überaus einfach, indem man die Sonden (Tonflaschen) nur auf den vom Laub oder von der Grasnarbe befreiten und leicht aufgelockerten Boden aufzusetzen braucht. — Als Abstand aufeinanderfolgender Meßpunkte haben sich 5 m bewährt; bei genaueren Messungen geht man zweckmäßig bis auf 3 m herunter. (H. Hunkel, Z. prakt. Geologie Bd. 36, H. 7 u. 9.) *Oldff.*

Hochspannungstechnik.

Selektiver Erdschlußschutz von ungeerdeten Hochspannungsnetzen. — Den selektiven Erdschlußschutz durch gerichtete Erdschlußrelais behandeln Breisky, North und King für Netze, deren Sternpunkt nicht geerdet und deren Erdschlußstrom nicht kompensiert ist. In diesem Falle ist eine selektive Abschaltung der mit Erdschluß behafteten Strecke möglich. Die Verfasser gehen zunächst auf die Theorie ein und erklären das Zustandekommen des Erdschlußstromes. Dieser läßt sich ziemlich genau berechnen durch die Formel

$$J = E_n \cdot 2\pi f C,$$

worin E_n die Phasenspannung, f die Frequenz in Hertz und C die Kapazität der Leitung nach Erde für die Längeneinheit bedeuten. C ist durch die Leitungsdaten bestimmt. Zur Durchbildung eines Erdschlußschutzes ist die Kenntnis der Eigenschaften des Erdschlußstromes von Wichtigkeit, die die Verfasser in den folgenden Sätzen kennzeichnen:

1. Der Erdschlußstrom ist am größten an der Fehlerstelle und gleich Null an den entferntesten Enden der Leitung.

2. Die Gesamtgröße des Stromes ist praktisch konstant für eine gegebene Leitungslänge und Spannung, einerlei, an welcher Stelle der Erdschluß erfolgt.

[1] Helmholtz, Ann. Phys. 1878, Bd. 3; Moser, Bd. 3, S. 216.

3. Die Größe des Erdschlußstromes wird nicht beeinflußt durch die Kapazitäten der Maschinen, da kein resultierender Strom durch ungeerdete Apparate fließen kann.

Das von den Verfassern entwickelte Erdschlußrelais besteht aus einem Stromelement, das vom Erdschlußstrom durchflossen wird, und aus einem Richtungselement, das vom Erdschlußstrom und der Sternpunktspannung beeinflußt wird. Letzteres schließt seinen Kontakt bei einer bestimmten Energierichtung. Die Kontakte des Strom- und Richtungselementes liegen in Reihe, so daß eine Auslösung nur erfolgen kann, wenn beide Kontakte geschlossen sind. Das Stromelement ist begrenzt stromabhängig verzögert und kann so eingestellt werden, daß es in einer gewünschten Zeit bei gegebenem Erdschlußstrom auslöst. Das Richtungselement ist nach dem Ferrarisprinzip gebaut und soll im Erdschlußfalle ein Maximum von Drehmoment entwickeln. Zu diesem Zwecke ist in Serie mit der Spannungspule ein Ohmscher Widerstand geschaltet, so daß Strom und Spannung in der Spannungspule nahezu in Phase sind. Da ferner der Strom in der Stromspule der Spannung um 90° voreilt, sind damit die Bedingungen für größtes Drehmoment erfüllt. Bei Radial- und Einfachleitungen ist die Einstellung der Relais sehr einfach. Der Strom ist bekannt und ändert sich proportional der Leitungslänge. Die Auslösezeiten werden so gewählt, daß von Werk zu Werk eine Staffelstufe von etwa 0,5 s vorhanden ist. Die Staffelung ist gegenläufig. Bei parallelen Leitungen kann man zwei Wege einschlagen:

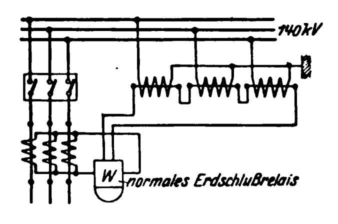


Abb. 20a. Normale Schaltung des Erdschlußschutzes.

1. Verwendung von Differential-Erdschlußrelais, die ansprechen, wenn bei einem Erdschluß auf einer der beiden Leitungen die Erdschlußströme ungleich geworden sind;

2. Verwendung von normalen Erdschlußrelais wie für Einfachstrecken, jedoch müssen sie dann auf den gekrümmten (stromabhängigen) Teil der Auslösekurve eingestellt werden, um richtige Selektivität zu erreichen.

Die Erdschlußrelais erfordern das Vorhandensein von Spannungswandlern auf der Hochvoltseite, da der Erdschlußstrom sich nicht über die Leistungstransformatoren auf die Niedervoltseite überträgt. Bei Höchstspannungsanlagen sind diese Spannungswandler jedoch sehr teuer. Um sie zu umgehen, haben die Verfasser eine andere Schaltung ausgearbeitet, die die Verwendung von Spannungswandlern auf der Niederspannungseite ermöglicht. Diese Schaltung, die in Abb. 20b dargestellt ist, erfordert

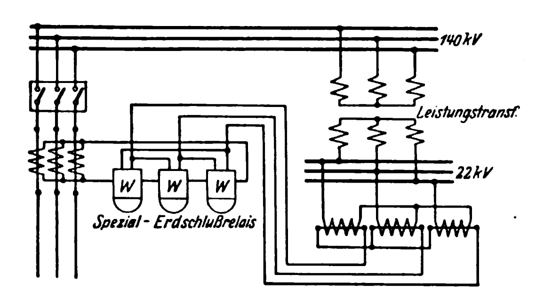


Abb. 20b. Spezialschaltung mit Spannungswandlern auf der Niedervoltseite.

jedoch kompliziertere Leitungsverbindungen und große Sorgfalt bei der Auswahl der Phasenfolge. Statt des normalen Erdschlußrelais werden für jedes Leitungsende drei Stück in Spezialausführung benötigt, deren Stromspulen in Reihe an die Summenschaltung der Stromwandler angeschlossen sind. Die Spannungsspulen werden mit den verketteten Spannungen gespeist. Durch die damit erzielte große Materialersparnis macht sich der Mehraufwand an Apparaten bezahlt.

Umfangreiche Versuche mit beiden Schaltungen sind in dem 140 kV-Netz der The Consumers Power Company durchgeführt worden. Die Versuche erstreckten sich auf metallische und Lichtbogenerdschlüsse und anschließenden Probebetrieb über mehrere Wochen. Dabei konnte festgestellt werden, daß in 75 % aller Fälle das Schutzsystem einwandfrei gearbeitet hat. Die übrigen 25 % waren fraglich, da keine Anzeichen einer Störung gefunden wurden. Es wird vermutet, daß kurzzeitige Isolatorenüberschläge ohne weitere Beschädigungen die Ursache waren. Während früher das Netz bei Stürmen offen betrieben wurde, gestattet das System, es nunmehr stets geschlossen zu halten. Dank der guten Erfahrungen ist beabsichtigt, das System auf weiteren 140 kV-Leitungen anzuwenden. (J. V. Breisky, J. R. North u. G. W. King, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 46, S. 1184.) Vö.

Chemie.

Befreiung der Luft von Kohlendioxyd durch elektrolytische Überführung. — Will man Gasgemische mit Hilfe von Alkalilaugen von Kohlendioxyd befreien, so hat das Verfahren den Nachteil, daß es nicht kontinuierlich arbeitet, d. h. daß nach einer bestimmten Zeit das Absorptionssystem unwirksam wird, der Prozeß also unterbrochen und erst auf chemischem Wege die Absorptionslauge wieder regeneriert werden muß. Es werden von der Alkalilauge in Äquivalenten während eines bestimmten Zeitintervalls soviel benötigt, wie Äquivalente Kohlendioxyd zu absorbieren sind. Die Nachteile des Prozesses sind ganz offensichtlich: Das industrielle Unternehmen ist gezwungen, große Mengen Absorptionsmittel zu lagern, um nicht zu oft den Prozeß unterbrechen zu müssen. Neben der großen Lagerfläche macht sich dadurch das Investieren einer toten Geldsumme nötig. Außerdem ist die Regeneration zeitraubend und kostspielig, und es ergibt sich bei ununterbrochenem Fabrikbetrieb die Notwendigkeit, mindestens zwei Absorptionsanlagen zur Verfügung zu haben. Alle diese Nachteile lassen sich vermeiden, wenn es gelingt, dieses diskontinuierliche Verfahren kontinuierlich zu gestalten. Ein Versuch dazu liegt vor, u. zw. die kontinuierliche Regeneration von Alkalilauge, welche zur Befreiung der Luft von Kohlendioxyd Verwendung findet, mit Hilfe des elektrischen Stromes. In großen Zügen angedeutet, führte folgende Überlegung zur Ausarbeitung des Verfahrens.

In einer elektrischen Zelle, welche durch ein Tondiaphragma in zwei gleich große Räume geteilt ist, enthalte der Kathodenraum die Absorptionslauge (Alkalihydroxyd und Alkalikarbonat), der Anodenraum eine Lösung von Alkalikarbonat. Bei der CO_2-Absorption wird im Katholyten das Alkalihydroxyd teilweise in Karbonat verwandelt. Besteht eine hohe Konzentration an Karbonat, so wandern bei der Elektrolyse die CO_3''-Ionen durch das Diaphragma in den Anodenraum. Dort verwandeln sie das Karbonat in Bikarbonat. Das reichert sich mehr und mehr an, bis schließlich CO_2 als Gas entweicht. Anderseits wandern aus dem Anodenraum Alkalimetallionen ab. Diese bilden im Kathodenraum Alkalilauge, welche dann wieder von dem absorbierten CO_2 in Karbonat verwandelt werden kann. Es hat sich somit ein Kreislauf gebildet. Auf Grund theoretischer Überlegungen und praktischer Versuche ergab sich folgende vorteilhafteste Elektrolysenanordnung:

Als Katholyt eignete sich für die ausgeführten Versuche eine Lauge von 10,5 äq/l K_2CO_3 und 1,07 äq/l KOH, da diese sowohl gute Absorptionskraft und -geschwindigkeit für CO_2 besaß als auch befriedigende Stromausbeute gewährleistete. Stromstärke und zu absorbierende CO_2, d. h. Strömungsgeschwindigkeit der Luft, müssen aufeinander abgestimmt sein, so daß die vom elektrischen Strom erzeugte Alkalilauge in gleichen Zeiten von dem CO_2 der Luft wieder neutralisiert wird. Das sich mehr und mehr im Katholyten anreichernde K_2CO_3 wird von Zeit zu Zeit in besonderen Kristallisationskästen entfernt. Der durch ein Diaphragma vom Katholyten getrennte Anolyt enthielt 2,2 äq/l $KHCO_3$ und 0,2 äq/l K_2CO_3. Die im Laufe der Elektrolyse im Anolyten eintretende Verarmung an Alkalimetallionen wird durch das im Katholyten auskristallisierte K_2CO_3 ergänzt, so daß der Prozeß, wenigstens theoretisch, außer dem elektrischen Strom vollkommen ohne Zuführung neuer Materialien arbeitet.

Zur Verwendung kamen die Kalisalze, denn diese sind erstens leichter löslich als die entsprechenden Natriumsalze und bedingen in gesättigten Lösungen einen kleineren elektrolytischen Badwiderstand, und zweitens scheidet sich bei Anwendung der Na-Salze das im Anolyten entstehende Natriumbikarbonat leicht kristallin auf der Anode ab und verhindert den Stromdurchgang fast vollkommen. Als Elektroden dienten im Kathoden- und Anodenraum Eisenbleche. Die Anwendung von Fe als Anode setzt fast chloridfreien Elektrolyten voraus (bis 0,05 % KCl unschädlich) und Stromdichten von höchstens 0,2 A/cm².

Apparatur. Bei dem in kleinerem Maßstabe durchgeführten Verfahren, bei welchem ein kontinuierlicher Luftstrom längere Zeit in der gedachten Weise von CO_2

befreit werden sollte, wurden benötigt: eine Saug- und Druckpumpe, ein Absorber, ein durch ein Diaphragma getrennter Anoden- und Kathodenraum. Da die Luft nur wenig CO_2 enthält und daher zur vollständigen Befreiung von dieser ein großes Volumen und eine möglichst hohe Säule der Absorptionslauge durchstreifen muß, so erwies es sich nötig, durch eine entsprechende Anordnung Absorber und Kathodenraum zu trennen und nur durch Zirkulationsrohre zu verbinden. Dadurch wurde noch erreicht, daß der kathodisch entwickelte Wasserstoff sich mit der von CO_2 befreiten Luft nicht mischen konnte. Stromstärke, Strömungsgeschwindigkeit der Luft, Laugenkonzentration, Dimension des Absorbers müssen aufeinander abgestimmt sein. Auch Osmose und Elektro-Endosmose sind zu berücksichtigen. Auf Grund von Überlegungen dürfte man bei der Anwendung für eine technische CO_2-Befreiung der Luft auf keine unüberwindlichen Schwierigkeiten stoßen. (H. Markert, Dr.-Ing.-Dissertation, T. H. Dresden 1928.) *Sb*

Der Hochofen als galvanisches Element. — Die Beobachtung, daß an Eisenteilen von Hochöfen der Kompaß verschiedene magnetische Felder anzeigt, veranlaßte W. Ruff zu elektrischen Messungen, welche Ströme bis 0,1 A und 0,9 V ergaben; mit der Entfernung vom Ofenherd nahmen diese Werte ab. Die Stromquelle ist wahrscheinlich ein galvanisches Element, welches aus Eisenoxyd und Kohle als Elektroden und geschmolzenem Eisensilikat als Elektrolyten gebildet wird; es wirkt nur, wenn vorher durch die Schmelze Luftsauerstoff geblasen wurde[1]. (W. Ruff, St. u. E. Bd. 47, S. 1543.) *K. A.*

Werkstatt und Baustoffe.

Untersuchungen über Kitte und Vergußmassen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der Elektrotechnik. — Im ersten Teil einer von W. Nagel und J. Grüß verfaßten Arbeit wird ein Apparat zur Bestimmung der Haftfestigkeit beschrieben und das Verhalten von Zinkoxychlorid-Kitten mit und ohne Zusatz von Abbinde- und Verzögerungsmitteln untersucht. In gleicher Weise werden Kitte aus Magnesiumoxyd mit Magnesiumchlorid und Füllstoffen, aus Marmor- oder Keeneszement (Stuckgips mit 8 % Alaunlösung bei Glühtemperatur gebrannt), aus Glyptal und Füllstoffen, aus Cumaronharzen und Füllstoffen und aus Kolophonium und Füllstoffen geprüft.

Im zweiten Teil der Untersuchung werden die günstigsten Verarbeitungszeiten bei Zimmertemperatur für die Kitte festgestellt unter Berücksichtigung der Einflüsse von Mischung, Wassermenge, Verzögerungsmittel, Verrührungszeit und Teilchengröße. Das Erhärten und Abbinden wurde nicht mit der sonst üblichen Vicatschen Nadel verfolgt, weil sich hier sehr große Streuungen ergeben, sondern durch Messen des elektrischen Widerstandes der Kittmasse während des zeitlichen Verlaufes des Erhärtungsprozesses. Hierfür wurde die Wheatstonesche Brückenmethode benutzt. Das Verhalten von Zinkoxychlorid ist eingehend festgelegt sowie die Art der Erhärtung von Bleiglätte mit Glyzerin zu haltbaren Kitten. (W. Nagel u. J. Grüß; Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 6, S. 150; Bd. 7, S. 372.) Bültemann.

Gereinigte Faserstoffisolation für Telephonschaltdrähte. — Als Isolationsmaterial für Telephonschaltdraht finden neben Emaillack in neuerer Zeit fast ausschließlich Baumwolle und Naturseide Verwendung, u. zw. in einem Umfange, der überrascht. Beziffert sich doch der tägliche Bedarf an Seide der Hersteller allein in den V. S. Amerika auf fast 900 kg. Die mit den genannten Faserstoffen isolierten Leitungen werden im Fernsprechwesen mit relativ niedrigen Spannungen betrieben (24 ... 48 V Gleichstrom, 100 ... 150 V unterbrochenem Gleichstrom oder Wechselstrom). Obgleich man bei diesen geringen elektrischen Beanspruchungen eine Beeinflussung der Lebensdauer der Isolation nicht erwarten sollte, sind doch an Leitungen nach längerer, zuerst einwandfreier Betriebszeit Durchschläge zu beobachten, die keinesfalls auf Betriebs- oder Fabrikationsfehler zurückzuführen sind. Hingegen weisen Bleichung der gefärbten Textilien an der Durchschlagstelle und Korrosionen am verzinnten Kupferleiter auf elektrolytische Vorgänge. Williams und Murphy haben gezeigt[1], daß die elektrischen Eigenschaften der Textilien eng verbunden sind mit ihrem Gehalt an Feuchtigkeit und Unreinigkeiten. H. H. Glenn und E. B. Wood haben nun diese Feststellung zur Unterlage von Untersuchungen an Seide und Baumwolle gemacht und sind zu nicht allein physikalisch sondern vor allem auch wirtschaftlich beachtlichen Ergebnissen gekommen. Sie reinigten Proben handelsüblicher Baumwoll- und Seidengarne durch intensives Waschen in fließendem, reinem, weichem Wasser und verglichen die an den gewaschenen Proben erzielten Meßergebnisse mit den am Rohstoff erzielten. Hierbei ergab sich, daß hinsichtlich des Gleichstrom-Isolationswiderstandes nicht nur die Baumwolle und die Seide nach dem Waschen ihre Werte wesentlich verbesserten sondern auch, daß die gewaschene Baumwolle der ungewaschenen Seide gleichwertig, teilweise sogar überlegen war. Das gleiche trifft bei den Wechselstromwerten zu, bei denen noch hinzukommt, daß die Kapazitäts- und Leitfähigkeitskurven in Abhängigkeit von der relativen Feuchtigkeit des Untersuchungsraumes sich bei den gewaschenen Mustern wesentlich flacher erwiesen als bei den ungewaschenen. Die Kosten für die Reinigung betragen weniger als 5 % des Wertes der Rohstoffe, sind also unerheblich. Berücksichtigt man die zu erzielende Qualitätsverbesserung der Leitungen, so treten sie kaum in Erscheinung. Will man aber — und das ist das wesentlichste — sich mit den bisher erzielten elektrischen Werten zufrieden geben, so lassen sich große wirtschaftliche Einsparungen machen. Leitungen, die bisher mit drei Lagen ungewaschener Seide isoliert waren, wiesen, mit nur zwei Lagen gewaschener Seide isoliert, bereits günstigere Werte auf. An die Stelle der Baumwoll-Seiden-Isolation konnte die reine Baumwollisolation treten bei gleichzeitiger Qualitätsverbesserung. Zu dieser Materialverbilligung tritt noch die größere Betriebssicherheit durch die Ausschaltung der eingangs erwähnten elektrolytischen Störungen sowie die bessere Nachbildungsmöglichkeit der Verstärkerleitungen zufolge der großen Flachheit der Kurven der Wechselstromwerte. Die wirtschaftliche Bedeutung dieser Maßnahmen erkennt man gut aus der Tatsache, daß die amerikanische Bell Telephone Co. durch Einführung der Textilreinigung ungefähr 31 000 kg Seide jährlich einsparen konnte.

Es sei noch erwähnt, daß es nicht etwa möglich ist, gleichgünstige Resultate durch Imprägnieren der ungereinigten Textilien mit Wachsen oder Paraffinen zu erzielen. (H. H. Glenn u. E. B. Wood, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 146.) *Wn.*

Elektrodenpotential und Rostneigung von Chromstählen. — Das in üblicher Weise nach dem Nullverfahren gegen die Normal-Kalomel-Elektrode gemessene Potential von Chromstählen in Leitungswasser oder Salzlösungen lieferte auch O. Meyer und K. Roesch ein brauchbares Maß für die Rostneigung. Sobald das (auf die Normal-Wasserstoffelektrode umgerechnete) Potential den Wert — 0,015 ... — 0,010 V unterschritt, begann das Rosten. Je schneller der betreffende Stahl dieses Grenzpotential erreicht, um so schlechter widersteht er der Anfressung. Auch der Einfluß der Vorbehandlung ließ sich auf diesem Wege zahlenmäßig festlegen. Mit steigender Abschrecktemperatur verschieben sich die Kurven (Potential als Ordinate, Zeit als Abszisse) nach edleren Werten. Je höher der Kohlenstoffgehalt ist, von um so höherer Temperatur muß man den Stahl abschrecken, um ihn gegen Rost zu sichern. Im Gefüge des Stahls sind die homogenen Mischkristalle chemisch besonders widerstandsfähig. Die bekannte Tatsache, daß polierte Flächen nicht so stark rosten als rauhe, z. B. geschmirgelte Flächen, steht im Einklang mit dem edleren Potential der polierten Flächen; dieser Unterschied wurde bei gehärtetem Stahl größer als bei geschmiedetem oder geglühtem Stahl gefunden[2]. (O. Meyer u. K. Roesch, St. u. E. Bd. 48, S. 1372.) *K. A.*

Verschiedenes.

Heinrich-Goebel-Feier in Hannover.

Ehrung des Erfinders der elektrischen Glühlampe.

Die ETZ brachte im Jahre 1923 Heft 47/48 einen Aufsatz von Dr. H. Beckmann unter dem Titel „Die erste elektrische Glühlampe", in dem darauf hingewiesen

---

[1] Es handelt sich demnach hier um ein sog. „Brennstoff"-Element. Mit dem Bau und der Erforschung solcher Brennstoff-Elemente hat sich besonders eingehend E. Baur in Zürich beschäftigt, was dem Verfasser unbekannt zu sein scheint.

[1] Williams u. Murphy, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 2[illegible]9.

[2] Ich fasse das beobachtete Potential einfach als das einer Sauerstoff-Elektrode auf. Je rascher das Eisen rostet, also je rascher es Sauerstoff verbraucht, um so kleiner ist die Konzentration des Sauerstoffs auf der Eisenfläche und um so unedler deshalb das Potential der Elektrode. Man kann den Fortschritt des Rostens auch in der Weise messend verfolgen, daß man die Menge des vom Eisen verbrauchten Sauerstoffes bestimmt; die Potentialmessung ist aber bequemer.



wurde, daß bereits 25 Jahre vor Edison der Deutsche Heinrich Goebel eine elektrische Glühlampe mit Kohlefaden in evakuierter Birne baute und öffentlich im Betrieb vorführte.

Die Elektrotechnische Gesellschaft Hannover hat es in dankenswerter Weise unternommen, zur Erinnerung an Heinrich Goebel am 14. September d. J. in seinem Geburtsort Springe bei Hannover eine Feier zu veranstalten, bei der am Geburtshause eine von dem Verband Deutscher Elektrotechniker und der Elektrotechnischen Gesellschaft Hannover gewidmeten bronzenen Gedenktafel enthüllt wird. An der Tafel soll eine elektrische Glühlampe angebracht werden, die Tag und Nacht leuchtet. Wir veröffentlichen nachstehend auszugsweise das Programm für die Goebel-Feier in Springe.

Zeitfolge. Pünktlich bis 12 h 50 m Zusammenkunft der Festteilnehmer mit ihren Angehörigen vor dem Hauptbahnhof Hannover. Je nach Teilnehmerzahl findet die Fahrt in Autobussen oder mit der Reichsbahn statt. 14 h 30 m Festversammlung im Hotel Friese in Springe. Begrüßung durch den 1. Vorsitzenden Herrn Dipl.-Ing. Kobus, Hannover. Anschließend Vortrag des Herrn Dr.-Ing. H. Beckmann, Berlin: „Der Erfinder der elektrischen Glühlampe Heinrich Goebel, Springe". Enthüllung der Gedenktafel an dem Hause Lange Straße 74. Zusammensein auf der Deisterpforte und im Hotel Friese.

Jubiläum. — In diesem Jahr kann die Firma „Liwos" (Otto Lindig Nachf. C. H. Wolf & Söhne) in Glashütte i. Sa. auf ein 75jähriges Bestehen zurückblicken. Im Jahre 1854 wurde sie von Otto Lindig als erste Werkstätte für Feinmechanik in Glashütte gegründet und nach dessen Tode von seinem Sohne Alfred weitergeführt, von dem das Geschäft käuflich in den Besitz des Herrn Georg Wolf überging und gleichzeitig den neuen Firmennamen „Liwos" Otto Lindig Nachf. C. H. Wolf & Söhne erhielt. Die Firma befaßt sich mit der Einzel- und Massenfabrikation von Uhr-, Lauf- und Zählwerken, feinmechanischen Apparaten, Meßwerkzeugen und Präzisionsbestandteilen, Zahnrädern, Trieben, Zahnstangen, Schneckengetrieben, Düsen usw.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Tagung der Dampfkessel-Überwachungsvereine. — Eine gemeinsame öffentliche technische Tagung hielten der Zentral-Verband der Preußischen Dampfkessel-Überwachungsvereine Halle und der Allgemeine Verband der Deutschen Dampfkessel-Überwachungs-Vereine, München, vom 31. VII. bis 3. VIII. in Stettin ab. Aus den verschiedenen Vorträgen auf der Tagung dürfte der Bericht von Obering. Ulrich vom Staatlichen Materialprüfungsamt Stuttgart über „Ergebnisse der Untersuchung amerikanischer Kesselbleche" interessieren. Die Untersuchungen sind von der Vereinigung der Großkesselbesitzer veranlaßt und an Bördel- und Feuerblechen von 10 ... 60 mm Stärke ausgeführt worden, die am offenen Markt gekauft wurden. Die amerikanischen Bleche zeigten sich in mehrfacher Beziehung den deutschen nicht ebenbürtig und würden den deutschen Vorschriften nicht genügen. Die Streckgrenze sank mit zunehmender Blechstärke von 2550 auf 1600 kg/cm², so daß entsprechend das Verhältnis: Streckengrenze zur Zugfestigkeit bei den Bördelblechen von 0,65 auf 0,38 und bei den Feuerblechen von 0,61 auf 0,39 abnahm. Die Kerbzähigkeit wurde bei den starken Blechen zu nur 4 mkg ermittelt. Auch erwiesen sich die amerikanischen Bleche als alterungsempfindlich. Der Wert der Kerbzähigkeit des geglühten Bleches ist von der Abkühlungsgeschwindigkeit nach dem Glühen abhängig. Beim Abkühlen der Bleche an der Luft ergaben sich bessere Werte als beim Abkühlen im Ofen. Man kann also auch von einer Glühempfindlichkeit der amerikanischen Bleche sprechen. Dies ist übrigens eine neue Erscheinung, der auch noch bei deutschen Blechen mit verschiedener chemischer Zusammensetzung nachgegangen werden muß.

In einem weiteren Vortrage entwickelte Ulrich den neuen Gedanken, Kesselschäden nicht nur aus Einwirkungen des Kesselwassers und unsachgemäßer Werkstattsarbeit, sondern aus einer unzulässig hohen Zahl von Belastungswechseln zu erklären, welche die Dauerbiegungs- oder Schwingungsfestigkeit der Werkstoffe überschreiten. Nur wenn diese unterschritten bleibt, verträgt der Werkstoff eine beliebige, praktisch unendlich große Zahl von Belastungswechseln, oder diese müssen auf ein bestimmtes Maß beschränkt bleiben, wenn hohe Beanspruchung des Werkstoffs nicht zu umgehen ist. Im praktischen Kesselbetrieb werden Schwingungen der Beanspruchungen des Werkstoffs durch Steigen und Fallen des Dampfdrucks beim Anheizen und Stillegen des Kessels, durch Änderung des Dampfdrucks bei schwankender Belastung, durch Schwankungen in der Temperatur der Heizgase und des Speisewassers auftreten. Von ihrer Häufigkeit und der dabei auftretenden Anstrengung des Materials hängt die Lebensdauer der Kessel ab. Mit steigendem Dampfdruck wird sie um so kürzer sein, wenn nicht sachgemäße Konstruktion, gute Werkstattarbeit und sorgfältig ausgewähltes Material vorliegt.

Die neuzeitliche Wärmewirtschaft in Dampfkesselanlagen führt zu einer Erhöhung des Dampfdrucks. Doch bei kleinen und mittleren Anlagen bis zu 5000 kW gleicht der mit den teueren Hochdruckanlagen verbundene erhöhte Kapitaldienst vielfach die gewonnene Kohlenersparnis wieder aus. Für jede Anlagengröße wird sich ein bestimmter wirtschaftlicher Dampfdruck ergeben, mit dem der eigentliche Zweck der Druckerhöhung, die Senkung der Kraftkosten erreicht wird. Zu diesem Ziel stehen aber noch zwei weitere Wege offen, die äußerste Zusammenfassung der Heizfläche und die Steigerung der Leistungen von Feuerungen und Dampfkesseln. Hierzu sprach Dr.-Ing. Ebel, M.-Gladbach, in seinem Vortrage: „Wirtschaftlichster Dampfdruck und Leistungssteigerung". Nach seinen Ausführungen kann man bei Zusammenfassung der Heizfläche in einen Kessel und gleichzeitiger Steigerung der Verdampfleistung an Anlagekosten für 1 kW gegenüber früheren Projekten bei bisherigen Dampfdrücken etwa 25 bis 50 %, bei etwa 25 atü Dampfdruck 20 ... 40 % und bei Hochdruckdampf 15 ... 30 % sparen. Die kleineren Werte gelten dabei für geringere, die größeren für höhere elektrische Leistung. Diese Maßnahmen setzen natürlich das Vorhandensein von Hochleistungsfeuerungen und Hochleistungskesseln und hohe Betriebsicherheit der Dampfkessel voraus, damit Reserve gespart wird. Die Beherrschung der Speisewasserfrage ist dabei sehr wichtig, auf die die Höhe des Dampfdrucks großen Einfluß hat. Der in Hinblick auf diese betriebsicherste Dampfdruck wird auch der wirtschaftlichste sein und hierfür erscheine vorläufig der Mitteldruck immer noch am aussichtsreichsten.

Zur Speisewasserfrage berichtete Chem. Frederking, Magdeburg, über „Das Einheitsverfahren zur Untersuchung von Kesselspeisewässern", indem von ihm Apparaturen für einheitliche Untersuchungsweise und ein einheitliches Maßsystem für die verschiedenen Bestimmungen beim Speisewasser in deutschen Härtegraden auch zur Verwendung in kleinen Betrieben für ungeschultes Personal entwickelt sind, und Dr.-Ing. Hofer, Essen, „Über einige Erfahrungen mit der Speisewasseraufbereitung an Hochleistungskesseln im Ruhrbergbau." Seine Ausführungen ließen erkennen, mit welchen schwierigen Verhältnissen auf diesem Gebiet die Betriebe im Ruhrgebiet zu kämpfen haben, so daß mit den Aufwendungen für die Wasseraufbereitung die wärmewirtschaftlichen Vorteile wieder verloren gehen. Die große stündliche Umsetzung an Wasser in den Großkesseln bei hohen Temperaturen führt auch bei Speisung mit Kondensat in kurzer Zeit zu starkem Steinansatz in den Rohren. Besonders gefährlich ist der kieselsäurehaltige Ansatz, der schon bei Stärken von 0,5 mm zu Schäden führt und sich in seiner hauchartigen Form nur schwer entfernen läßt. Gegen die Einwirkung des Sauerstoffs auf das Metall, der trotz größter Vorsicht in das Speisewasser gelangt, muß das Wasser eine bestimmte Alkalität besitzen. In den Überhitzerrohren zeigt sich eine Eisenoxyduloxyd-Ablagerung, deren oxydierende Einwirkung auf die Rohrwandung durch zu hohe Verbrennungstemperaturen und Dissoziation des Wasserdampfes gefördert wird. Auch das Schäumen und Spucken der Kessel sind unangenehme Erscheinungen, die sogar zu Schäden an den Turbinen durch Eintreten von Wasser in diese führen können.

Zu den neuen Aufgaben der Kesselvereine gehört auch die Überwachung elektrischer Anlagen. Obering. Ullmann, Essen, berichtete hierzu in seinem Vortrage: „Worauf beruht die Sicherheit der elektrischen Anlagen?" Auf die hierzu einschlägigen Vorschriften des VDE und dessen Prüfabteilung zur Prüfung der Sicherheit des elektrischen Geräts, die leider keine Qualitätsprüfung sei, wurde hingewiesen. Eine 100prozentige Sicherheit der Anlagen wäre wünschenswert, doch berühre diese einschneidend die Kostenfrage. Es müsse auch dafür gesorgt werden, daß äußere Anlässe zu Unfällen vermieden werden. Nach der Statistik entfielen in Deutschland bei industriellen Anlagen nur 0,74 % auf elektrische Anlagen. Der Anschlußwert habe sich in der Zeit von 1913 bis 1924 um 155 % vermehrt, während sich die Unfälle auf 1 Mill kW Anschlußwert von 98 auf 50 verringert haben. Dies sei ein Beweis für die Zunahme der Sicherheit der elektrischen Anlagen. Dies zeige sich auch aus der Statistik zur Ursache der elektrischen Unfälle, indem 53,4 % durch eigenes Verschulden, 28,3 % durch fehlerhafte Anlagen, 14 % durch unglückliche Zufälle und 4,3 % durch fremdes Verschul-

den herbeigeführt worden sind. Merkwürdigerweise verunglücken mehr Fachleute als Laien. Hier könne nur Belehrung aufklärend wirken. Abschreckende Bilder zu Unfällen seien zu verwerfen, da sie für eine weitere Entwicklung der Elektrizitäts-Verwendung hinderlich seien. Elektrische Anlagen erfordern besondere Aufmerksamkeit und besonderen Schutz.

Mit der Tagung waren verschiedene Besichtigungen wie auch die des Großkraftwerks Stettin verbunden, das insofern Interesse bot, als in ihm seit Beginn des Jahres 1927 drei Hochdruck-Wanderrostkessel und drei Hochdruck-Staubkessel mit je einer normalen Dampfleistung von etwa 19 t/h bei einem Dampfdruck von 33 at und 420° Überhitzung im Betriebe sind. Sorgfältigst durchgeführte Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das letzte Geschäftsjahr (1. IV. 1928 ... 31. III. 1929) haben unter Berücksichtigung des Kapitaldienstes ergeben, daß die Gesamtwirtschaftlichkeit der Staubkohlenanlage um 10 % höher liegt als die der Wanderrostkessel. Die Verdampfungsziffer lag bei den Staubkesseln im Jahresdurchschnitt um 13 % höher als die der Wanderrostkessel, bezogen auf Rohkohle. Das Werk hat sich denn auch bei der jetzt erforderlich gewordenen Erweiterung der Kesselanlage zur weiteren Aufstellung von Kohlenstaubkesseln entschlossen. In der Montage sind bereits zwei Bettington-Kohlenstaubkessel der Linke-Hofmann-Busch-Werke von je 1000 m² Heizfläche, deren Leistung bei 35 at und 425° ... 450° Überhitzung 50 ... 75 t/h Dampf beträgt. P r z y g o d e

Energiewirtschaft.

Die Fortschritte und die Zukunft der Stromabnahme des Kleinverbrauchers. — In E n g l a n d hat der jährliche Verbrauch an Kraftstrom während der letzten Jahre um etwa 400 Mill kWh zugenommen. Es ist klar, daß ein stetiger und andauernder Mehrverbrauch dieser Art nicht auf eine höhere Benutzungsdauer der existierenden Apparate, sondern auf Neuinstallationen zurückzuführen ist. Bei einer Benutzungsdauer bei Vollast von 4 h täglich an 300 Arbeitstagen bei einem Wirkungsgrad von 80 % ergibt sich mithin eine Mehranschaffung von 360 000 PS jährlich an Motoren. Dieser Rechnung liegt die Annahme zugrunde, daß nur Induktionsmotoren angeschlossen worden seien, in Wahrheit sind natürlich alle möglichen Elektroapparate hinzugekommen. Für den Haushaltsverbrauch gilt diese Überlegung aus zwei Gründen: Erstens nimmt er rascher als jeder andere Konsum zu, zweitens haben die Verbrauchsapparate i. a. eine viel geringere Lebensdauer, so daß eine gegebene Abnahme von Kilowattstunden i. a. einen viel rascheren Umsatz an Apparatur als bei Kraftabnahme darstellt. Erinnert sei an die Lebensdauer des Induktionsmotors von etwa 50 000 Stunden, während eine Glühlampe nur eine Lebensdauer von 1000 h hat.

Die Zunahme der Haushaltstromabnahme vollzieht sich durch:

1. eine Zunahme der Abnehmerzahl,
2. „ „ der Abnahme jedes Kunden.

In England ist z. Z. von vier oder fünf Häusern nur eins mit elektrischem Licht versorgt. Diese Zahl wird natürlich sehr stark zunehmen, da niemand eine andere Energieform als die elektrische für seine Beleuchtung nehmen wird. Der Verbrauch an elektrischer Arbeit wird aber auch weiter wachsen, da eine Intensivierung des Verbrauchs für bessere Beleuchtung und andere Anwendungen der Elektrizität in jedem Haushalt kommen muß. Die Schätzung ist in Abb. 21 dargestellt; die Zahlen beruhen auf Erhebungen der Elektro-Kommission und Produktionsstatistik. Die Ordinaten auf der linken Seite geben die Gesamtabnahme der öffentlichen und privaten Konsumenten im Jahre 1924, die der rechten Seite die voraussichtliche Gesamtabnahme von 1940. Um möglichst klar die Wachstumsentwicklung zu zeigen, ist auf der rechten Seite ein Rechteck hinzugefügt, dessen Höhe die voraussichtliche Abnahme kennzeichnet. Der untere Teil jedes Rechtecks ist nicht schraffiert und stellt die tatsächliche Abnahme des Jahres 1924 der betreffenden Gruppe dar; der obere Teil ist schraffiert und zeigt die Entwicklung, welche durch die neuen Zahlen gegeben ist. Der Gesamtverbrauch wird im Jahre 1940 etwa verdoppelt, die Stromabnahme der Haushaltungen aber etwa siebenmal so groß wie 1924 sein. Wir können diesen Zuwachs von zwei Gesichtspunkten aus betrachten: 1. jährlicher Konsum und 2. jährlicher Zuwachs. Eine jährliche Stromabnahme für Beleuchtung und Haushaltsapparate von 8000 Mill kWh im Jahre 1940 wird einen enormen Verkauf von Verbrauchsapparaten zur Folge haben. Wenn nur ein Viertel dieser für Beleuchtung diente, würde bei einer Durchschnittsverbrauchslampe von 40 W und 1000stündiger Lebensdauer diese Abnahme einen jährlichen Verkauf von 50 Mill Lampen bedeuten. Die übrigen drei Viertel des Konsums würden in sonstigen Apparaten verbraucht werden. Auch alle diese würden periodische Erneuerungen und Ersatzverkäufe notwendig machen.

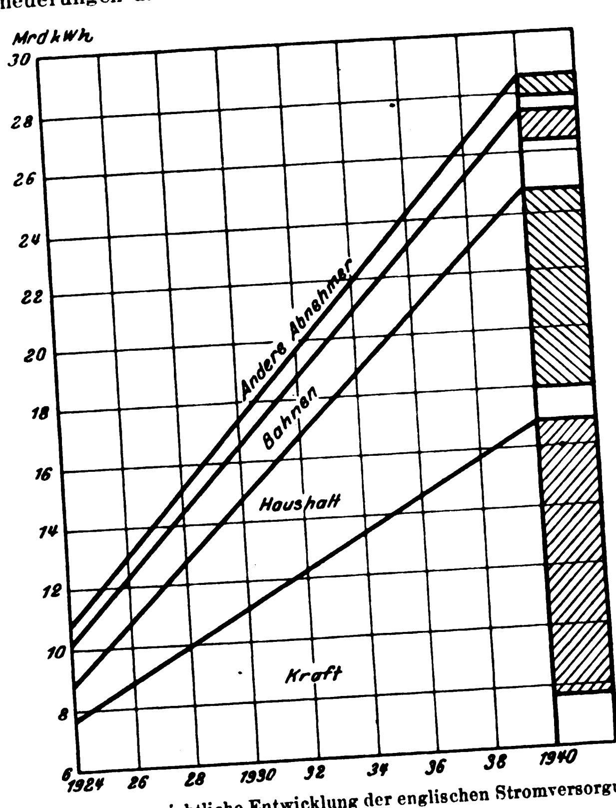


Abb. 21. Voraussichtliche Entwicklung der englischen Stromversorgung.

Wir betrachten jetzt das jährliche Wachsen der Belastung. Setzen wir einen konstanten Belastungsfaktor voraus, so würden wir einen entsprechenden Zuwachs an zu installierenden Apparaten erhalten. Der durchschnittliche jährliche Mehrverbrauch an Haushaltungstrom würde ungefähr 400 Mill kWh betragen. Man kann annehmen, daß die maximale Belastung ungefähr 30 % des Anschlußwertes ausmacht und der Belastungsfaktor zwischen 30 und 40 % liegt, so daß sich ein Ausnutzungsfaktor der Installationen von ungefähr 10 % ergeben würde. Unter dieser Annahme würden wir also den Verkauf und die Installation von rd. 500 000 kW neuer Apparatur jährlich erhalten, wenn wir nur das W a c h s t u m des Verbrauchs in Rechnung stellen. Hierbei haben wir also nicht die Abnutzung, den Ersatz und die Erneuerung der Apparate berücksichtigt, welche für die ursprüngliche Abnahme verantwortlich waren. (D. J. B o l t o n , El. Review Bd. 104, 1929, S. 190.) A. G. A r n o l d.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Nach einer von Elgawe wiedergegebenen Mitteilung des Amtlichen Preußischen Pressedienstes ist eine im Landtag gestellte Anfrage, welche privaten bzw. kommunalen Elektrizitätsunternehmungen seit dem 1. IV. 1928 von der P r e u ß i s c h e n E l e k t r i z i t ä t s - A. G. angekauft worden seien, vom Handelsminister dahin beantwortet worden, daß die Preag die Stromverteilungsanlagen der Kreise Nienburg, Stolzenau, Sulingen und Frankenberg, sämtliche Aktien der Braunschweigisch-Hannoverschen Überlandzentrale Nordstemmen und alle Anteile der Elektrizitätswerk Söhlde G. m. b. H. erworben habe. Im übrigen, so bemerkte der Minister, sei nicht beabsichtigt, die gesamte Elektrizitätswirtschaft zu verstaatlichen, sondern eine dem wohlverstandenen Interesse der Verbraucher entsprechende Gemeinschaftsarbeit zwischen der staatlichen und kommunalen Elektrizitätswirtschaft herbeizuführen.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1174.



VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Hochfrequenztechnik.

Die Kommission gibt nachstehend einen durch die Normgruppe „Rundfunk" des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie aufgestellten Entwurf 1 zu dem Normblatt

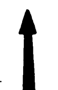
DIN VDE 1590, Bl. 1 „Rundfunkgerät. Betätigungsrichtung der Bedienungsteile. Richtlinien"

bekannt.

Noch nicht endgültig **Rundfunkgerät** Betätigungsrichtung der Bedienungsteile Richtlinien Elektrotechnik	DIN Entwurf 1 VDE 1590 Bl. 1

Rechtsdrehen — Verschieben nach rechts — nach oben oder nach hinten





Betätigung in einer der vorstehenden Pfeil-Richtungen bewirkt:

Einschalten von Strom

Zunahme von
- Strom
- Heizung
- Lautstärke durch Widerstand oder Kondensator
- Rückkopplung durch Kondensator
- Selbstinduktion

festere Kopplung

September 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Einsprüche gegen diesen Entwurf sind in doppelter Ausfertigung bis zum 15. Oktober 1929 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär.
P. Schirp.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Installationstechnik (EVI) am Dienstag, dem 17. September 1927, 7½ Uhr abends, im Saale des „Hauses der Technik", Berlin N 24, Friedrichstraße 110/112, Eingang von der Kuppelhalle aus.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Obering. Schloß über: „Wie hat sich die Bühnenbeleuchtung und die Inszenierung unter dem Einfluß der elektrischen Bühnenbeleuchtung bis zu ihrem derzeitigen Stand entwickelt?"

Inhaltsangabe:

1. Ersatz der alten Beleuchtungsmittel durch das elektrische Licht unter Beibehaltung der alten Inszenierungsmethoden.
2. Einrichtung der elektrischen Beleuchtungsapparatur und Vervollkommnung bis zur allgemeinen Verwendung hochkerziger Lichtquellen.
3. Einfluß der hochkerzigen Lichtquellen auf die Inszenierung (Bühnenhimmel in Form von Rund- und Kuppelhorizonten).
4. Benutzung des elektrischen Lichtes in Verbindung mit weißen Rundhorizonten zum teilweisen Ersatz von gemalten Hängedekorationen.
5. Belebung des Bühnenbildes durch Schaffung von Spezialapparaten zur natürlichen Darstellung des Himmels (Wolkenapparatur).
6. Weitere Ausbildung der Beleuchtung in der Richtung des Ersatzes der gemalten Dekoration durch das Lichtbild.

Da der Saal nur 350 Zuhörer faßt, ist der Zutritt nur gegen besondere Eintrittskarten gestattet, die in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, bis 14. IX. mittags erhältlich sind.

Fachausschuß für Installationstechnik.
Der Vorsitzende:
Baumann.

SITZUNGSKALENDER.

Oberschles. Elektrotechn. Verein, Gleiwitz. 18. IX. 1929, nachm. 5 h, Büchersaal der Donnersmarckhütte in Hindenburg: Vortrag Dr.-Ing. Kesselring, „Hochspannungschalter".

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 14. IX. 1929 Heinrich-Goebel-Feier in Springe. Näheres s. S. 1349.

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 17. IX. 1929, abds. 6 h, gr. Sitzungsaal des VDI: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. Gompertz, „Moderne Kälteanlagen unter bes. Berücks. d. Lebensmitteltransporte".

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrotechnik. Einführung in die Starkstromtechnik. Von Prof. J. Herrmann. Bd. 1: Die physikalischen Grundlagen. Mit 88 Fig., 16 Taf. u. 125 S. in Text, 16 Taf. mit 55 Abb. u. 135 S. in kl. 8⁰. Bd. 3: Die Wechselstromtechnik. Mit 153 Fig. im Text, 15 Taf. mit 36 Abb. u. 140 S. in kl. 8⁰. 5. Aufl. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1928. Preis jedes Bandes 1,50 RM.

Von den mit Recht beliebten Göschenbändchen „Elektrotechnik" von Herrmann sind die drei ersten (Nr. 196, 197 und 198 der Sammlung) neubearbeitet erschienen. Der Inhalt, auf den wohl nicht näher einzugehen ist, da die Werkchen allbekannt sind, ist bis auf einige Erweiterungen (magnetischer Kreis, Gleichrichter) gegen die vorhergehende Auflage unverändert geblieben. Die Neubearbeitung, durch die die Werkchen nur gewonnen haben, erstreckt sich hauptsächlich auf Umzeichnung vieler Figuren und Anwendung der vom AEF festgesetzten Formelzeichen. Jeder Band enthält als Anhang wieder 16 Tafeln mit guten Abbildungen, die auf den Text Bezug haben. Die Bändchen behandeln in klarer, leichtverständlicher und übersichtlicher Weise die physikalischen Grundgesetze der Elektrotechnik und die Gleichstromtechnik und bieten im engen Rahmen, ohne große mathematische Anforderungen zu stellen, bei wissenschaftlicher Strenge das auf dem Gebiet der Starkstromelektrotechnik Wissenswerte. Allen denen, die sich mit der Elektrotechnik vertraut machen wollen, besonders den Anfängern, Schülern techn. Lehranstalten und Studierenden können die preiswerten Göschenbändchen, die übrigens wieder in solidem Vorkriegseinband mit bestem Papier erschienen sind, nur empfohlen werden. Gruhl.

Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Bearbeit. v. mehr. Fachgen., herausg. v. Prof. Dr. L. Graetz. Bd. V, Lief. 3: Zeitliche Vorgänge — Technik. Abschnitt: Hochfrequenztechnik. Mit 281 Fig. im Text, XII u. 275 S. in 8⁰. Verlag von Joh. Ambr. Barth, Leipzig 1928. Preis geh. 22 RM.

Der erste Abschnitt „Strahlung und Wellenausbreitung" ist sehr bemerkenswert, da auf dem knappen Raum von etwa 25 Seiten ein Überblick über das gesamte Gebiet



gegeben wird. Daß bei einer so gedrängten Darstellung gewisse Kapitel, wie z. B. die Ausbreitung der Wellen längs Leitung, nur sehr kurz behandelt werden können, muß in Kauf genommen werden. Im zweiten Abschnitt sind die Geräte behandelt. Dabei ist besonderer Wert auf die theoretischen Grundlagen gelegt, nicht aber auf die speziellen Ausführungsformen, die sich doch in der Hochfrequenztechnik schneller ändern als auf irgendeinem anderen Gebiet der Technik. Die Darstellung ist auch in diesem Kapitel knapp und klar, so daß der Stoff im Vergleich zur Seitenzahl als außerordentlich reich anzusprechen ist. Die kurzen Wellen sind offenbar deswegen wenig eingehend behandelt, weil dieses Gebiet sich zur Zeit noch sehr stark im Fluß befindet. Ein letztes allerdings sehr knappes Kapitel berichtet über die Funkpeilung. H. Fassbender.

Zur Geschichte der exakten Naturwissenschaften in Hamburg. Von d. Gründung d. akadem. Gymnasiums bis zur ersten Hamb. Naturforschertagung. Im Auftr. des Naturwissenschaftl. Vereins in Hamburg verfaßt von Dr. H. Schimank. 1928. Mit 144 S. in 8°. Preis kart. 4 RM.

Die vorliegende Schrift wurde anläßlich der Tagung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Hamburg 1928 im Auftrage des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg verfaßt und behandelt, wie der Titel sagt, die Entwicklung der Naturwissenschaften in Hamburg im 17. und 18. Jahrhundert; Leistungen und Persönlichkeiten, die nicht in Hamburg ihre Wirkungsstätte hatten, sind angeblich außer Betracht gelassen. Die ganze Darstellung ist jedoch so gehalten — der Verfasser läßt nach Möglichkeit die Quellen selber sprechen — daß auch der Nichthamburger, der sich für die historische Entwicklung der Naturwissenschaften interessiert, bei der Lektüre des Buches auf seine Kosten kommt. Vieles, es sei nur auf das Kapitel über das Lehrbuch des Cornelius Valerius oder auf den Briefwechsel zwischen Leibnitz und Brand, dem Erfinder des Phosphors, oder zwischen Leipnitz und Meissner, dem Begründer der „kunstrechnungsübenden Societät“, hingewiesen, geht weit über den rein hamburgischen Gesichtspunkt hinaus und ist von allgemeiner Bedeutung. Von Hamburger Persönlichkeiten werden eingehender behandelt: Jungius, Busch, Reimarus sowie der Begründer der Hamburger feinmechanischen Industrie J. G. Repsold. Die verdienstvolle Arbeit des durch seine historischen Abhandlungen bekannten Verfassers kann Interessenten warm empfohlen werden, zumal auch ein eingehender Quellennachweis vorhanden ist. Voege.

Der Niederfrequenzverstärker. Seine Theorie u. seine prakt. Anwend. zur Sprach- u. Musikverstärkung. Von A. Forstmann u. H. Reppisch. Mit 211 Textabb. u. 366 S. in 8°. Verlag von Richard Carl Schmidt & Co., Berlin 1928. Preis geb. 16 RM.

Die Frage, ob man die heutige Verstärkertechnik ohne Hilfe der höheren Mathematik ausreichend beschreiben kann, ist längst dahin beantwortet, daß man letztere nicht entbehren kann. Die Verfasser haben daher das weite mit der Niederfrequenzverstärkung zusammenhängende Gebiet rein mathematisch behandelt und dabei trotzdem dem weniger mathematisch Gewappneten die Erklärungen des in den Formeln versteckten Wissens verständlich gemacht; dennoch haben sie den Weg der „allgemeinverständlichen Darstellung“, wie er in einer großen Zahl von Veröffentlichungen versucht wurde, vermieden. Der erste Abschnitt über die allgemeine Verstärkertheorie bringt die Röhrencharakteristik, das anodenseitig belastete Rohr, Arbeitskennlinien, Spannungsverstärkung, Verzerrung, Durchgriff und Leistungsabgabe. Nach dieser Einleitung (84 Seiten) gehen die Verfasser auf die spezielle Verstärkertheorie ein und behandeln Widerstandsverstärker, Drosselspulenverstärker und Transformatorenverstärker, die je für sich auf Verstärkung, Dimensionierungsgrundlagen, Arbeitskennlinien und Aussteuerbereich untersucht werden. Beim Transformatorenverstärker werden die magnetischen Eigenschaften (Fluß, Hysteresis, Wirbelströme und Streuung) und die elektrischen behandelt, um dann zu seinen Gleichungen überzugehen. Darlegungen über den einfachen Transformatorenverstärker, über den Gegentakt- und den Mikrophonverstärker sowie Entzerrung beschließen den Inhalt des zweiten Abschnittes. Der dritte Teil behandelt Konstruktion und Betrieb der Verstärker; hier werden die Schaltungen, die Röhren, die Betriebspannungen sowie die Leistungen eingehend erörtert.

In jeder dieser Darlegungen zeigt sich die glückliche Hand der beiden Verfasser, die auf einfachem Wege die Formeln entwickeln und logisch weiterführen und dabei dem Leser die letzten Probleme der Verstärkertechnik zeigen. Obwohl nicht alle Probleme bis in ihre feinsten Verästelungen verfolgt werden, die ja den Forschern selbst noch verschlossen sind, so sind doch die Ausführungen über die der Lösung bereits entgegengeführten Probleme so klar und verständlich, daß man dieses Buch als ein wohlgelungenes Werk bezeichnen muß und es jedem für die Niederfrequenzverstärkung Interessierten — der Kreis ist heute gar nicht mehr so eng und nicht nur auf die eigentlichen Fachleute beschränkt — bestens empfehlen kann. Patermann.

Gewitterschäden. Von Baumeister F. W. Preuß. Bd. 2. Ist das ein Blitz- oder ein Sturmschaden? Mit zahlr. Abb. u. 89 S. in gr. 8°. Selbstverlag, Altdamm bei Stettin 1929. Preis geh. 4,85 RM.

Über diesen zweiten Band der Preußschen Schrift läßt sich nicht mehr sagen als über den ersten (siehe ETZ 1928, S. 1891). Im zweiten Band werden in ähnlicher Weise etwa rd. 10 Schadensfälle geschildert. Wiederum erweist sich der Verfasser als scharfer Beobachter und guter Baumeister. Eigenartig sind oft seine elektrotechnischen und meteorologischen Vorstellungen, so wenn er u. a. auf S. 59 sagt: „Der am Ableitungsdraht herabsprudelnde überschüssige Funke punktiert oder furcht...“. Die Ausstattung dieses Bandes ist der des ersten völlig gleich. Trotz einiger irrigen Vorstellungen dürfte das Buch doch vielen Lesern etwas zu sagen haben und aufklärend wirken. Moench.

Das Elektrostahlverfahren. Ofenbau, Elektrotechnik, Metallurgie und Wirtschaftliches. Nach F. T. Sisco „The Manufacture of Electric Steel“ umgearb. u. erw. v. Dr.-Ing. St. Kriz. Mit 123 Textabb., IX u. 291 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 22,50 RM.

Vorliegendes Werk gibt einen Einblick in das Arbeitsverfahren zur Herstellung von Elektrostählen, wobei die praktischen Erfahrungen der Stahlwerksbetriebe mit verwertet und die metallurgischen Grundlagen, die von dem Amerikaner F. T. Sisco in dem Buch „The Manufacture of Electric Steel“ geschildert sind, mit übernommen wurden. Da der metallurgische Teil obengenannten Buches den Lesern der ETZ zu fern liegen dürfte, so soll von einer Besprechung dieses Teiles abgesehen und nur über den elektrischen Teil der Elektroöfen berichtet werden.

Ausgehend von der historischen Entwicklung der Elektroöfen, die von den Typen nach Strassano, Kjellin und Heroult ihren Ausgang genommen und durch die größeren elektrotechnischen Firmen Deutschlands praktische Gestalt erhalten hat, wird auf die Bedeutung der Stahlerzeugung hingewiesen und die Welterzeugung von Elektrostahl in einer Tabelle angegeben. Nach dieser Tabelle betrug der Anteil Deutschlands im Jahre 1925 etwa 11 % gegenüber 52 % der Vorkriegszeit. Die V. S. Amerika konnten den Prozentsatz von 17,8 im Jahre 1913 auf 53,6 im Jahre 1925 steigern. Italien, das vor dem Kriege zur Elektrostahlerzeugung fast nichts beitrug, hatte im Jahre 1925 einen Anteil von 16,2 % der Welt-Elektrostahlerzeugung.

Die Zusammenstellung auf S. 10 der deutschen Firmen, die Elektroöfen bauen, enthält einige Unrichtigkeiten. Die Gesellschaft für Elektrostahlanlagen (Gesta) besteht schon seit einer Reihe von Jahren nicht mehr. Ihre Rechte und Pflichten sind auf die Siemens & Halske A. G. übergegangen. Bezüglich der Hochfrequenz-Induktionsöfen, deren Ausführung z. Z. wohl nur unter Benutzung der Northrup-Patente erfolgen kann, ist zu bemerken, daß nicht nur die Hirsch, Kupfer- und Messingwerke A. G. und die Lorenz A. G., wie angegeben, sondern auch die Siemens & Halske A. G. über diese Patente verfügt und auch Hochfrequenzöfen baut. Die Elektroöfen, die in den verschiedenen Ausführungsformen abgebildet sind, werden mehr vom ofenbautechnischen Standpunkt aus betrachtet, als daß die elektrischen Verhältnisse der Erzeugung der Wärme in den Vordergrund gestellt und die Erkenntnisse der wichtigen physikalischen Vorgänge erweitert werden. Die Lichtbogenöfen, die wesentlich zur Stahlerzeugung beitragen, werden in ihrem Aufbau und in ihren Größenverhältnissen geschildert und Unterscheidungsmerkmale der verschiedenen Typen der Praxis angegeben. Der Niederfrequenzofen, der infolge seiner ungünstigen Rinnenform leichter zu Durchbrüchen neigt, ist an wechselnde Einsatzverhältnisse weniger anpassungsfähig und wird hauptsächlich für flüssigen Einsatz gebraucht. Der Ofen, der zuerst die gleiche Verbreitung wie der Lichtbogenofen gefunden hatte, wird jetzt zur Elektrostahlherstellung nur wenig benutzt. Der Hoch-

frequenzofen, der durch seine einfache Tiegelform sich besonders auszeichnet, ist teurer in der Anschaffung, aber vorteilhaft für die Durchführung metallurgischer Prozesse, und die Nützlichkeit wird sich besonders bei der Herstellung von Qualitätseisen zeigen.

Das Buch, das die praktischen Betriebsverhältnisse besonders berücksichtigt, wird dem Techniker, der sich mit dem elektrischen Heizungsproblem beschäftigt, wertvolle und praktische Ratschläge geben können.

V. Engelhardt.

Der Fahrstuhlführer. Beschreibung d. wichtigsten Teile einer Aufzugsanlage nebst Betriebs- u. Bedienungsanleitung. Von F. Generlich u. H. Martens. Mit Anhang: Polizei-Verordnung vom Jahre 1927 betr. Einr. u. Betrieb von Aufzügen. 4., durchges. u. verb. Aufl. Mit 48 S. u. 1 Taf. Zeichn. in kl. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis kart. 1,80 RM.

Die kleine 48 Seiten umfassende Schrift liegt in 4. Auflage vor. Sie war im Jahre 1909 zum ersten Male erschienen, nachdem 1908 eine neue Polizeiverordnung betr. „die Errichtung und den Betrieb von Aufzügen" erlassen war, welche unter anderem auch die Bestimmung enthielt, daß sich der Führer eines Aufzuges einer Prüfung zu unterziehen hat. Die neueste Auflage vom Juni 1928 wurde bedingt durch die neue Polizeiverordnung (Aufzugsordnung) vom Jahre 1927. Das Verlangen, daß Aufzüge, welche Personen befördern, durch einen geprüften Führer bedient werden müssen, ist auch in dieser neuesten Polizeiverordnung, welche nunmehr aber einheitlich für das ganze Deutsche Reich gilt, beibehalten worden. Das vorliegende Buch soll den intelligenteren Hausverwalter, Pförtner, Diener usw. in die Lage versetzen, sich die für das Bestehen der Prüfung erforderlichen Kenntnisse anzueignen; darüber hinaus will das Buch die Besitzer von Aufzugsanlagen in den Stand setzen, ihre Aufzugsführer zu beaufsichtigen. Solange die Polizeibestimmungen in Deutschland vorschreiben, daß Personenaufzüge, auch wenn sie mit elektrischer Innensteuerung versehen sind, ohne Führer nur von bestimmten zugelassenen Personen benutzt werden dürfen, sind Bücher, wie das vorliegende, das seinen Zweck durchaus gut erfüllt, zweifellos von Wert und Nutzen. Daß es bisher aber noch nicht gelungen ist, diese Bestimmung zu Fall zu bringen, muß auf das lebhafteste bedauert werden, u. zw. nicht nur im Interesse des deutschen Aufzugsbaues, sondern vielmehr noch in dem des deutschen Bürgers, der ermüdet von der Arbeit und der langen Heimfahrt in den überfüllten Verkehrsmitteln noch vier und fünf Treppen erklimmen muß, bevor er in seinem Heim zur Ruhe gelangt. Die große Masse der immer höher werdenden Mietshäuser kann erst mit Aufzügen ausgestattet werden, wenn, wie es in anderen Ländern, z. B. in Schweden, seit langem üblich, die freie Benutzung des Aufzuges ohne besondere Erlaubnis, ohne Schlüssel und ohne Führer jedem, der das Haus betritt, freisteht. Der Aufsichtsbehörde die Überzeugung beizubringen, daß die deutsche Aufzugsindustrie heute bereits in der Lage ist, Aufzüge, welche die sichere Vermeidung jeder Gefahr bei einer solchen freien Benutzung gewährleisten, zu liefern, sollte eine der vornehmsten Aufgaben des Verbandes der Aufzugsfabrikanten sein.

Thierbach.

Physik. Ein Lehrbuch für Studierende an den Universitäten und Technischen Hochschulen. Von Prof. W. H. Westphal. Mit 471 Abb., XV u. 536 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 18 RM, geb. 19,60 RM.

Es gibt zwar eine große Zahl von Lehrbüchern der Physik, doch herrscht ein ausgesprochener Mangel an einer neuzeitlichen elementaren Einführung, welche die neuen Anschauungen über Materie, Strahlung und Elektrizität nicht bloß anhangsweise bringt, sondern organisch in die Darstellung des Ganzen verarbeitet. Es mag das daran liegen, daß die überaus schnelle Entwicklung, die die neuere Physik kennzeichnet, kaum einem Physiker die Zeit zu der etwas retrospektiven Arbeit der Abfassung eines Lehrbuches läßt. Es ist deshalb dankbar zu begrüßen, wenn in dem vorliegenden Lehrbuch eine solche Verarbeitung der neuen Ergebnisse der Physik angestrebt wird. Nun stehen allerdings eine Reihe der neuen Anschauungen so außerhalb des Rahmens der übrigen Physik, daß auch der Verfasser diese, nämlich die Quantentheorie, die Theorie der Materie und die Relativitätstheorie in besonderen Kapiteln am Schlusse des Buches behandelt. Zur Zeit, wo in den erwähnten Theorien noch manche ungeklärten Stellen sind, wird dies kaum anders zu machen sein, auch ist es aus didaktischen Gründen, nach denen der Stoff nach ansteigender Schwierigkeit zu ordnen ist, das Gegebene. Wichtig ist, daß auch die Bearbeitung der älteren Gebiete so abgefaßt ist, daß sie auf die neueste Phase der Physik hinführt, ebenso wichtig ist ferner, daß vieles ausgemerzt ist, was vom heutigen Standpunkt aus gesehen unwesentlich erscheint. Diesen Forderungen wird das vorliegende Lehrbuch durchaus gerecht. — Die Bekanntschaft mit den Grundbegriffen der Infinitesimalrechnung wird erfreulicherweise vorausgesetzt. Technische Anwendungen werden nur sehr sparsam gebracht. Trotzdem kann das Buch auch für den Ingenieur empfohlen werden. Denn auch für die Physikvorbildung der Ingenieure scheint sich immer mehr die Auffassung durchzusetzen, daß sie sich in erster Linie auf das Grundsätzlich-Prinzipielle richten muß und daß die technischen Anwendungen nur dort heranzuziehen sind, wo sie die Herausarbeitung der theoretischen Prinzipien erleichtern.

E. Regener, Stuttgart.

Jahresberichte.

AEG. Technischer Jahresbericht 1928. Herausg. von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. Mit zahlr. Abb. u. 63 S. in 2°.

Der Technische Jahresbericht über das Jahr 1928 gibt ein anschauliches Bild über die Fortschritte, welche diese Firma auf dem Gebiet der Stromerzeugung, Stromfortleitung und Verwertung des Stromes erzielt hat. In den einleitenden Worten wird ein Überblick über vorliegende Probleme gegeben. Sie alle sind bedingt durch das immer weiter steigende Begehren nach elektrischer Energie dank der fortschreitenden Mechanisierung, angefangen vom Haushalt im kleinen bis zum Arbeitsprozeß im großen. Der Elektromotor ist die Antriebsmaschine für jeden Arbeitsprozeß geworden, denn er erfüllt jede Forderung nach der idealen Verschmelzung zwischen Antrieb und Arbeitsmaschine. Selbsttätige Einrichtungen überwachen den verwickeltsten Herstellungsvorgang. Im einzelnen sind zu erwähnen der Generator für 85000 kW, Transformatoren für 40000 bzw. 60000 kVA bei 220 kV. Bei Umformer- und Gleichrichteranlagen hat sich die Automatisierung und Fernsteuerung des Betriebes eingeführt. Die Schaltanlage für 220 kV und das Einleiter- und Drehstromkabel für 100 kV sind besonders zu beachten. Auf dem Gebiet des elektromotorischen Antriebes sind die neuen Sicherheitseinrichtungen für Förderanlagen und Neuerungen im Werkzeugmaschinenantrieb beschrieben. Der Einzelachsantrieb für elektrische Lokomotiven ist noch weiter ausgebildet worden; eine derartige Lokomotive mit 3800 PS Stundenleistung wiegt 109 t. In Gemeinschaft mit den Siemens-Schuckertwerken wurde eine Reihe von Lokomotiven gebaut, von denen die für die schlesischen Gebirgstrecken verwendeten Lokomotiven eine Last von 1400 t bei 10 ‰ Steigung mit einer Stundengeschwindigkeit von 65 km zu schleppen vermögen. Man gewinnt aus dem Jahresbericht ein überzeugendes Bild über die fortschreitende Entwicklung der AEG auf allen Gebieten der Elektrotechnik, und es soll besonders hervorgehoben werden, daß die Firma namentlich auch den Forschungsstätten ihrer Werke ein wesentliches Verdienst am Fortschritt beimißt.

Siemens-Jahrbuch 1929. Herausg. von der Siemens & Halske A.G. und der Siemens-Schuckertwerke A.G. Mit zahlr. Abb., X und 644 S. in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis geb. 12 RM.

Im vorliegenden 3. Band des Siemens-Jahrbuches wird zunächst Rückschau gehalten auf den 100. Geburtstag von Karl Siemens (geb. 3. III. 1829, gest. 21. III. 1906), der während seines ganzen Lebens eine Hauptstütze seines älteren Bruders Werner v. Siemens war. Weniger als Erfinder oder Konstrukteur, sondern in der Hauptsache als Organisator größerer Unternehmungen hat er eine feste Grundlage für den finanziellen Aufstieg der Firma Siemens & Halske geschaffen. Sein Bild schmückt als Titelblatt das Buch. — Im Laufe des Jahres 1929 wird die Elektrisierung der Berliner Stadt- und Ringbahnen durchgeführt sein. Damit sind nach einem halben Jahrhundert die Pläne von Werner Siemens in die Wirklichkeit umgesetzt, genau 50 Jahre nach der Vorführung der ersten elektrischen Bahn auf der Gewerbeausstellung in Berlin. Eine größere Arbeit im Jahrbuch beschreibt den Anteil der Siemens-Schuckertwerke an der Elektrisierung dieser Bahn und Dr. Natalis berichtet über die ersten elektrischen Lokomotiven. Ferner ist der 50. Wiederkehr des Gründungstages des Elektrotechnischen Vereins durch Werner v. Siemens und Stephan gedacht und endlich des 50jährigen Jubiläums, das das Wiener Werk von Siemens & Halske in diesem Jahr begeht.

An diese Erinnerungsblätter schließt sich eine reiche Auswahl von Beiträgen aus den zahlreichen Arbeitsgebieten des Siemens-Konzerns an. Es ist wieder sehr zu begrüßen, daß eine Reihe von Arbeiten die ganze Entwicklung bestimmter Teilgebiete behandeln, wie z. B. die Arbeiten von Prof. Keinath über die Entwicklung der Siemens-Meßgeräte, von Dr. Mehlan über die Dampfturbinen der Siemens-Schuckertwerke, von R. Berthold über Werkstoffprüfung, von Langer über selbsttätige Telephonie usw. Das aktuelle Gebiet der Netzkupplungsumformer behandelt Dr. Schenkel. Einen Markstein in der Entwicklung der Energieübertragung bildet die Inbetriebsetzung des ersten 100 kV-Kabels, worüber Dr. Schrottke berichtet. Besondere Beachtung verdient die Beschreibung des Schaltwerkhochhauses der Siemens-Schuckertwerke, des ersten Fabrikhochhauses Deutschlands.

BBC-Mitteilungen, 16. Jahrgang, Januar 1929, H. 1. Herausgegeben von der Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz).

Die Brown, Boveri & Cie. A. G. in Baden gibt einen Rückblick auf die Entwicklung ihrer Konstruktionen im Jahre 1928. Auf dem Gebiete des Elektromaschinenbaues ist in erster Linie die Turbogruppe beachtenswert, deren Generator 100 000 kVA leistet. Unter den Großtransformatoren ist der Dreiphasen-Freiluft-Transformator für 40 000 kVA bei 220 kV Oberspannung zu erwähnen, dessen Unterspannungswicklung (110 kV) von ⅄ auf △ und überdies auf 2 und 4 Parallelgruppen umschaltbar ist und der ferner eine Tertiärwicklung für 12 000 kVA und 10 kV besitzt. Interessant ist ferner der vom Bayernwerk für das Umspannwerk Aschaffenburg bestellte Transformator für 20 000 kVA, der mit beiderseits 100 kV zur Kupplung der Netze des Bayernwerkes und des Preußenwerkes dient. Von den Schaltapparaten sind die Freiluftölschalter für 220 kV besonders beachtenswert. Auf dem Gebiet der elektrischen Zugförderung war die Firma durch den beschleunigten Ausbau der Schweizerischen Bundesbahnen beteiligt. Für Brasilien wurde eine Gleichstrom-Schnellzugslokomotive gebaut für 3000 V Fahrdrahtspannung und 1600 mm Spurweite, Achsfolge 1—D_0—1, von rd. 115 t Dienstgewicht, für 10 200 kg Dauerzugkraft bei einer Stundengeschwindigkeit von 65,8 km; höchste Stundengeschwindigkeit 105 km. Ein großer Teil des Berichtes ist der Beschreibung bemerkenswerter Ausführungen von Dampfturbinen gewidmet. Die große Dampfturbine für 160 000 kW für das Hellgate-Kraftwerk ist zur Ablieferung gekommen. Die Montierung dieser Maschine erfolgte in 18 Wochen.

General Electric Review, Bd. 32, Nr. 1, Januar 1929. Verlag der General Electric Company, Schenectady, New York.

In der General Electric Review gibt J. Liston einen Überblick über die Entwicklung der elektrotechnischen Industrie Amerikas während des Jahres 1928, soweit die General Electric Company hieran beteiligt ist. Die Produktion an elektrotechnischen Erzeugnissen dieses Jahres hat die aller früheren Jahre wesentlich übertroffen. Besonders bemerkenswert sind folgende Einzelheiten: Ein Generator für 100 000 kVA, 50 Hz, 1500 U/min mit einer Wicklungsspannung von 16 500 V, ferner mehrere sehr große Generatoren mit Wicklungsspannungen von 22 000 V. Ein Turbosatz für 250 kW, 10 000 U/min ist beschrieben. Für die Marine wurde der zweite rein elektrische Dampfer Virginia in Auftrag gegeben. Die reversiblen Propellermotoren haben eine Leistung von je 8500 PS. Die Elektrisierung der Hauptbahnen hat weitere Fortschritte gemacht. Große Lokomotiven von 3000 PS sind in Auftrag gegeben. Auf einigen Verschiebebahnhöfen sind elektrische Wirbelstrombremsen in Betrieb gekommen. Sehr interessant ist ein Papiermaschinenantrieb mit 9 Motoren, deren jeder von einem eigenen Generator gespeist wird; die Geschwindigkeit wird durch besondere Regler verändert. Eine Reihe großer Transformatoren, auch für Freiluftanlagen, ist in Betrieb gekommen. Für das Laboratorium der Stanford-Universität wurde ein Prüftransformator für 2100 kV geliefert. Zur Kompensation der Induktivität von Leitungen verwendet man in Amerika auch bei hohen Spannungen vielfach Kondensatoren. Eine Reihe solcher ölgefüllter Kondensatoren nach dem Kabeltyp ist beschrieben. Für kleine Unterwerke (Farmen u. dgl.) wurden besondere Typen ausgebildet, die sich auch zum Anschluß an 100 000 V-Anlagen eignen. Auf dem Gebiet der Beleuchtungstechnik wurden Lampen für große Leistungen (bis zu 50 kW) ausgebildet zur Beleuchtung der Flughäfen.

Schwaiger.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Gründe für das Abkommen der AEG mit der General Electric Co. — Eine a. o. G.-V. der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft hat am 27. VIII. die in der ETZ 1929, S. 1220, genannten Vorschläge der Verwaltung zu dem Abkommen mit der International General Electric Co. genehmigt und dem Generaldirektor Geheimrat Bücher Gelegenheit gegeben, die Transaktion eingehend zu begründen. Nach einem Hinweis auf die internationale Bedeutung der AEG vor dem Kriege, die außerordentlichen Schädigungen, die dieser gerade Unternehmungen ihrer Art gebracht habe, konstatierte er zwar eine Besserung der Lage der deutschen Wirtschaft in den letzten Jahren, doch könne sie nicht als gesund bezeichnet werden. Der Young-Plan verringere allerdings die Reparationsleistungen von 2,5 auf 2 Mrd RM jährlich, belaste aber die deutsche Ware in der Gesamtheit mit 3 bis 5 % allein durch Reparationen, wenn man das Jahreseinkommen des deutschen Volks auf 65 bis 70 Mrd RM und den Wert der deutschen Warenerzeugung auf 35 bis 40 Mrd RM schätze. Durch ungleiche Verteilung des Aufbringens werde jedoch noch ein viel größerer Prozentsatz auf das Industrieprodukt abgewälzt. Dadurch erfahre die Verdienstmöglichkeit gegenüber dem Ausland eine beträchtliche Verringerung, und die einzige Ausgleichsmöglichkeit liege nur in einem vermehrten Export, den in dem erforderlichen Maß aufzunehmen das Ausland indessen durchaus nicht gewillt sei. Die Elektrizitätsindustrie befinde sich z. Z. noch in einer relativ günstigen Konjunktur, doch mache sich auch bei ihr, soweit sie nicht über Monpolstellungen verfüge, die geringe Möglichkeit, eigenes Kapital zu bilden, geltend. Diese Möglichkeit aber sei eine unbedingte Voraussetzung für die Erhaltung der Konkurrenzfähigkeit einer Industrie, die einen großen Teil ihres Absatzes aus eigenen Mitteln finanzieren müsse. Bei dem Mangel an Investitionskapital in Deutschland sei man also auf die Inanspruchnahme des Auslands angewiesen. Zwei Gesichtspunkte hätten die Verwaltung der AEG bei ihrem Vorgehen geleitet: einmal die Notwendigkeit gesteigerter Absatzmöglichkeiten zur Ausnutzung der weit über die Bedürfnisse des Inlandes hinausgehenden Produktionskapazität und sodann das Erfordernis einer Finanzierungsmöglichkeit zur Ausnutzung der Märkte. Bei den Verhandlungen habe man zur Erreichung des ersten Zieles das Zusammenarbeiten starker Kräfte für den richtigen Weg gehalten, der bei den seit langem bestehenden Beziehungen nur mit der General Electric Co. begangen werden konnte. Die Verwaltung hege die Zuversicht, daß sich die Verträge für beide Teile günstig auswirken würden, sonst hätte sie diese einseitige finanzielle Transaktion unterlassen, denn die ganze Angelegenheit sei nicht auf amerikanischen Expansionsdrang zurückzuführen, sondern auf die eigene Initiative seiner Gesellschaft. Die International General Electric Co. werde nunmehr über ein beträchtliches Aktienpaket verfügen, doch liege es nicht in ihrem Willen, die Majorität der AEG zu erwerben. Ebenso sei die Wahl der nunmehr in den Aufsichtsrat der letzteren eintretenden Amerikaner, u. zw. des Vorsitzenden des Board der G. E. Co., Owen D. Young, des Generaldirektors der G. E. Co., G. Swope, des Generaldirektors der I. G. E., Clark H. Minor, und des Vorstandsmitgliedes der I. G. E., E. A. Baldwin, keine Forderung der General Electric Co. gewesen, sondern ein freier Entschluß der AEG.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B hat im Juli 1929 die Einfuhr gegen den Vormonat (8438 dz bzw. 4,356 Mill RM) um 1095 dz (13 %) und 0,11 Mill RM (2,5 %) abgenommen, während die Ausfuhr (129 344 dz bzw. 42,331 Mill RM i. Vm.) um 6417 dz (5 %) bzw. 5,111 Mill RM (12 %) gewachsen ist. Die inbegriffenen Reparationssachlieferungen betrugen 2349 dz im Wert von 1,23 Mill. RM. Für die abgelaufenen sieben Monate ergibt ein Vergleich mit der entsprechenden Periode des Vorjahres bei der Einfuhr eine Steigerung um 12 989 dz (21,6 %) und 5,385 Mill RM (21 %). Sie umfaßte 8611 Lichtmaschinen (14 072 i. V.), 99 589 Dynamos, Elektromotoren usw. (74 177 i. V.), 3721 Bogen- usw. Lampen (726 i. V.), 2,965 Mill Metalldrahtlampen (2,448 i. V.) und 45 100 Kohlefaden- usw. Lampen (74 700 i. V.). Die Ausfuhr hat sich innerhalb dieses Zeitabschnitts gegen den gleichen von 1928 um 119 566 dz (15 %) bzw. 50,568 Mill RM (19 %) erhöht und enthielt an Reparationssachlieferungen 66 691 dz im Wert von 22,244 Mill RM. Der Stückzahl nach betrug der Export 53 200 Lichtmaschinen (48 538 i. V.), 410 496 Dynamos, Elektromotoren usw. (331 424 i. V.), 23 818 Bogen- usw. Lampen (13 813 i. V.), 38,06 Mill Metalldrahtlampen (32,583 i. V.) und 0,665 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (1,301 i. V.). Sein Überschuß stellte sich auf 839 113 dz im Wert von 285,850 Mill RM (732 536 dz bzw. 240,667 Mill RM i. V.).

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1387; 1929, S. 1179.



Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Juli	Januar/Juli		Juli	Januar/Juli	
		1929	1929	1928	1929	1929	1928
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	66	628	1 309	768*	5 024*	4 021*
907 b bis g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	3 481	20 752	27 906	27 799*	178 319*	180 009*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	73	1 281	890	1 917*	11 829*	17 095*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	564	3 784	4 340	4 232*	28 780*	30 347*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	618	28 310	9 951	46 822*	335 090*	250 260*
910 a bis c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	19	106	71	252	2 670*	2 334
911 a	Metallfadenlampen	263	1 348	1 202	1 180	6 950*	6 683*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	5	26	36	26	236*	474*
912 A 1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	21	95	32	14	181*	124
912 A 2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon	208	583	316	1 782*	11 009*	8 622*
912 A 3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	560	3 617	2 087	4 068*	28 989*	21 148*
912 A 4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	161	1 177	1 230	2 946*	19 852*	17 065*
912 B	Bügeleisen; Bestandteile davon	—	13	14	805	4 472*	3 594
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; Bestandteile davon	146	1 163	[9] 850	1 270*	8 524*	6 674*
912 D	Röntgenröhren; Bestandteile davon	3	15	7	18*	115*	71*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	307	1 851	1 746	1 801*	14 541*	10 100*
912 F 1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	12	108	94	1 423*	7 567*	6 447*
912 F 2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	783	7 491	7 169	27 693*	181 272*	177 277*
912 F 3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	37	427	355	1 535*	10 708*	9 646*
912 F 4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	14	264	378	5 254	36 089	27 402
912 F 5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	—	143	165	[6]	[6]	[6]
912 F 6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	2	34	79	75	375*	305*
912 F 7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	4 081	19 731*	13 044*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	—	6	21
	Summe von Tarifunterabschnitt 18 B: Menge in dz	7 343	73 216	[9] 60 227	135 761*	912 329*	792 763*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18 B: Wert in 1000 RM	*4 246*	*30 502*	[9] *25 117*	*47 442**	*316 352**	*265 784**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	21	205	250	570	6 845	7 763
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	2	40	32	86	504*	464
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	174	799	33	582	4 948	4 486
648 d	Elektroden	188	3 773	7 117	22 215	161 553	147 185
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	2	180	129	10 736*	45 334*	34 121*
740 a	Glühlampenkolben	55	190	181	1 394	10 117	6 169
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	123	1 004	1 739	[8] (783 c und 799 c zusammen)	[8] (783 c und 799 c zusammen)	[8] (783 c und 799 c zusammen)
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	67	420	466			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	196	1 447	1 213	11 798*	80 286*	66 735*

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 311: Wer baut kleine Glimmwiderstände für Schwachstrom?

Frage 312: Wer baut für Antrieb von Aufzügen mit Feineinstellung Drehstrommotoren mit Stabanker, die zwischen 300 und 1000 U/min regelbar sind?

Frage 313: Wer stellt die Akkumulatoren-Lademaschinensätze mit dem Fabrikzeichen M. A. A. M. her?

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Die Stromversorgungsanlagen der Deutschen Reichspost", ETZ 1929, S. 1253, ist der Name des Verfassers durch ein Versehen der Setzerei entstellt worden. Verfasser ist Herr Dipl.-Ing. Stübler (nicht Stüber), Postdirektor im Reichspostzentralamt, Berlin.

Abschluß des Heftes: 7. September 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Netzanschluß-Uhren „Electrochronos“ mit Synchronmotor.

Mitteilung der AEG.

Die Drehzahl des Synchronmotors ist bekanntlich starr mit der Wechselzahl der zugeführten Wechselspannung verknüpft. Ein zweipoliger Anker eines Synchronmotors macht z. B. 3000 U/min bei der üblichen Frequenz von 50 Per/s. Bei Konstanthaltung der Frequenz können daher Synchronmotoren mit entsprechender Übersetzung zum Antrieb von Uhren dienen. Die Tatsache jedoch, daß der Synchronmotor normaler Bauart zunächst mechanisch angeworfen werden muß, bis er in der synchronen Drehzahl mit der Netzfrequenz weiterläuft, stand der Einführung dieser Uhrenart bisher hindernd im Wege. Derartige Uhren wären in Aufbau und in der Bedienung zu umständlich gewesen.

Abb. 1. Netzanschlußuhr Electrochronos mit Synchronmotor

Der neuerdings von der AEG gebaute Synchronmotor (Bild 1) unterscheidet sich von den früher versuchten Bauarten hierin grundsätzlich, indem der Anker von selbst asynchron anläuft, sobald die Wicklung an die Netzspannung gelegt wird. In kürzester Zeit wird die synchrone Drehzahl ohne jeden mechanischen Eingriff erreicht.

Der neue Synchronmotor besteht aus dem Triebkern mit Spannungsspule, dem Läufer und dem Übersetzungsgetriebe. Der von der Spannungsspule in dem lamellierten Triebkern erzeugte Fluß wird durch zwei Kurzschlußringe an den Polen in einen belasteten und einen unbelasteten Zweig geteilt. Sie sind so angeordnet, daß sie ein Drehfeld erzeugen, das am Läufer angreift. Dieser läuft aus dem Ruhezustand asynchron an und kommt in kürzester Zeit auf die synchrone Drehzahl. Der Läufer besteht aus 2 gehärteten flachen Stahltöpfen, die auf einer 0,5 mm starken Stahlachse angeordnet sind und wiegt nur 4,8 g. Die Läuferdrehzahl wird durch mehrfache Übersetzung herabgesetzt. Das Räderwerk befindet sich mit dem Läufer in einer gemeinsamen völlig geschlossenen Messingkapsel, die mit 3 cm³ Mineralöl gefüllt ist. Aus der Messingkapsel ragt die Stundenachse heraus, die 1 Umdrehung je Stunde macht.

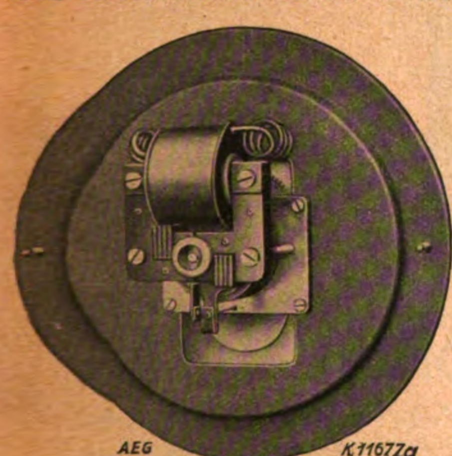


Abb. 2. Synchronmotor.

Der Synchronmotor (Bild 2) wird für Tischuhren, Wanduhren mit einseitigem und zweiseitigem Zifferblatt für Innen- und Außenmontage hergestellt und kann auch in Standuhren eingebaut werden. Ein wichtiges Anwendungsgebiet bilden für den Synchronmotor auch die Schaltuhren für die Nachtstromabgabe und für die Steuerung von Tarifmeßeinrichtungen (Bild 3). Hier bieten der geringere Anschaffungspreis und der fast völlige Fortfall der Wartung beträchtliche Vorteile gegenüber den Federuhrwerken.

Beim Ausbleiben der Netzspannung kommt der Synchronmotor naturgemäß zum Stillstand und läuft erst weiter, wenn die ursprüngliche Netzspannung wieder eintrifft. Damit man nun nach einer Unterbrechung auf den Falschgang aufmerksam wird, ist eine rote Fallklappe vorgesehen, die hervortritt, sobald die Stromzufuhr unterbrochen wird. Nach Richtigstellung der Uhr wird die Fallklappe wieder von Hand zum Verschwinden gebracht.

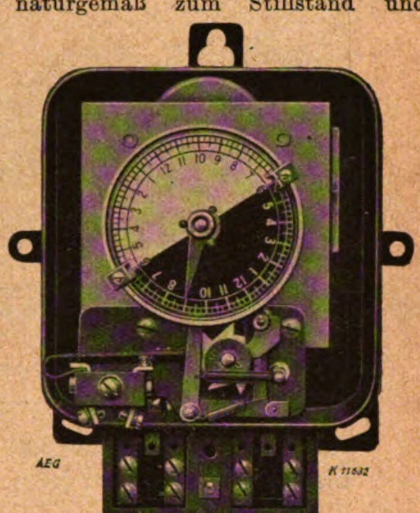


Abb. 3. Schaltuhr mit Synchronmotor.

Voraussetzung für den richtigen Gang der Synchronuhren ist die Übereinstimmung der Maschinenfrequenz mit der astronomischen Zeit. Praktisch unterliegt die Frequenz gewissen Schwankungen, d. h. Abweichungen von dem Sollwert nach oben und nach unten. Um nun an allen Synchronuhren genaue Zeit zu erhalten, ist es nötig, die Maschinenfrequenz im stromliefernden Werk nach der astronomischen Zeit nachzuregeln. Hierzu wird eine Periodenkontrolluhr benutzt, in der eine sehr genaue Pendeluhr mit einem Synchronmotor so ergänzt ist, daß die Zeiger beider Uhren übereinander laufen (Bild 4). Der Maschinenwärter muß nun durch entsprechendes Nachregeln der Frequenz dafür sorgen, daß beide Zeiger stets in Deckung bleiben.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß die Synchronuhr nur in solchen Netzen einwandfrei arbeitet, in denen die Frequenz in der geschilderten Weise gesteuert wird. Mehrere große Elektrizitätswerke des In- und Auslandes arbeiten mit zeitgenauer Frequenzregelung, und es werden zweifellos weitere folgen, insbesondere wenn die Frage der Frequenzführung in zusammenarbeitenden Kraftwerken ihre Lösung gefunden hat.

Abb. 4. Perioden-Kontrolluhr, Vorderseite.

Die Netzanschlußuhren bieten im Vergleich zu anderen Uhrenanlagen beträchtliche Vorteile. Sie benötigen keine besonderen Stromquellen; ihre Wartung ist auf ein Mindestmaß beschränkt. Das besondere Leitungsnetz wird überflüssig; die Betriebssicherheit ist vorzüglich, da keinerlei Schaltkontakte vorhanden sind.

ETZ

50. JAHRGANG

[E]LEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT



[...]HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
[...]–1388) 19. SEPTEMBER 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang **Berlin, 19. September 1929** **Heft 38**

Aufbau, Wirkungsweise und Vorteile der Tardo-Sicherung.

Von Dipl.-Ing. **Erich Junck**, Bremen.

Übersicht. Es wird der innere und äußere Aufbau einer neuartigen trägen Schmelzsicherungsart und ihr Verhalten bei normalem Stromfluß, bei Überlastung und bei Kurzschluß beschrieben. An Hand von Beispielen werden die Vorteile dieses Sicherungssystems erläutert.

I. Aufbau der Tardo-Sicherung.

Der Aufbau der Tardo-Sicherung, einer neuartigen trägen Schmelzsicherung, weicht wesentlich von der Bauart der üblichen Schmelzsicherung ab. Zwar haben beide Sicherungssysteme die gleichen Ausmaße des Gewindes und des Fußkontaktes, aber der innere Bau ist völlig voneinander verschieden. Die übliche Schmelzsicherung besitzt als ein den Stromkreis unterbrechendes Element einen oder mehrere Schmelzdrähte, deren Schmelztemperatur von über 950 ° erreicht werden muß, um eine Stromunterbrechung herbeizuführen. Die Tardo-Sicherung besitzt hingegen im Innern des Schmelzstöpsels ein nach besonderen Gesichtspunkten auf Grund mehrjähriger Versuche aufgebautes System leichtschmelzender Lötstellen und Schmelzdrähte, in welchem die Lötstelle bei einer Temperatur von etwa 75 ° eine Stromunterbrechung einleitet.

Den inneren Aufbau der Tardo-Sicherung, die übrigens das VDE-Prüfzeichen erhalten hat, läßt Abb. 1 erkennen.

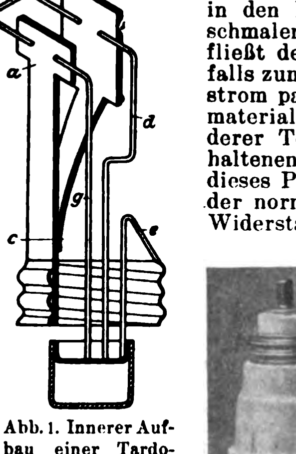
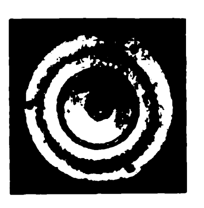


Abb. 1. Innerer Aufbau einer Tardo-Sicherung.

Auf dem Normalgewinde ist ein steifer Metallstreifen *a* befestigt, der einen federnden Metallstreifen *b* trägt. Beide Streifen sind durch ein leichtschmelzendes Lot bei *c* verbunden. Vom oberen Ende des federnden Blechstreifens *b* führt ein Silberschmelzleiter *d* zum Fußkontakt. Parallel zu dem System Lötstelle und Schmelzleiter *d* laufend verbindet ein Schmelzleiter *e* das Gewinde und ein Kenndraht *g* den Metallstreifen *a* mit dem Fußkontakt. Ein aus Widerstandsmaterial hergestellter Bügel *f*, der parallel zur Schmelzstelle *c* liegt, überbrückt bei einigen Stromstufen am oberen breiten Ende die Blechstreifen *a* und *b*. Die Lötstelle *c* ist derartig in einem besonderen Kanal des keramischen Körpers angeordnet, daß der untere Teil des Streifens *b* nach Abschmelzen des Lotes federnd vom Streifen *a* fortschnellen kann. Die Drähte *d*, *e* und *f* sind in besonderen mit Füllmaterial ausgefüllten Kanälen kurzschlußsicher untergebracht.

Die Ansicht auf den Stöpselkopf einer üblichen Sicherung läßt, wie aus Abb. 2 hervorgeht, ein Glasfenster mit dem dahinter befindlichen Unterbrechungsmelder erkennen. Die Ansicht auf den etwas größer gehaltenen Stöpselkopf der Tardo-Sicherung zeigt einen Kenndraht, der hinter einem Glimmerfenster auf weißem Hintergrund sichtbar und in der Farbe der entsprechenden Nennstromstärke gehalten ist. Durch diese Anordnung wird das Erkennen, ob die Sicherung angesprochen hat oder nicht, wesentlich erleichtert.

Den äußeren Aufbau der Tardo-Sicherung im Vergleich mit einer normalen Schmelzsicherung läßt Abb. 3 erkennen. Während die üblichen Schmelzsicherungen meistens aus Stöpsel und Stöpselkopf bestehen, also zweiteilig sind, besteht die Tardo-Sicherung nur aus einem einteiligen Schmelzstöpsel, der, wie Abb. 3 erkennen läßt, etwas länger ist als die übliche Ausführung, um Verwechselungen vorzubeugen. Ferner ist bei der Tardo-Sicherung der keramische Teil des Stöpselkopfes etwas massiger gehalten, wodurch, wie Messungen beweisen, das thermische Verhalten günstig beeinflußt wird.



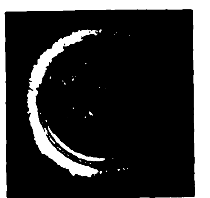


Abb. 2. Ansicht des Stöpselkopfes
a) einer normalen b) einer Tardo-Sicherung.

II. Wirkungsweise der Tardo-Sicherung.

Der Strom, der in das Gewinde der Tardo-Sicherung eintritt, fließt in den Blechstreifen *a*, durch die Lötstelle *c*, in den Blechstreifen *b*. Von hier fließt er durch den schmalen Draht *d* dem Fußkontakt zu. Parallel dazu fließt der Strom vom Gewinde durch den Draht *e* ebenfalls zum Fußkontakt. Außerdem fließt ein geringer Teilstrom parallel zur Lötstelle *c* durch den aus Widerstandsmaterial hergestellten Bügel *f* von *a* nach *b* und ein anderer Teilstrom durch den im Querschnitt schwach gehaltenen Kenndraht *g* von *a* zum Fußkontakt. Durch dieses Parallelschalten aller Stromzweige wird gegenüber der normalen Sicherung mit nur einem Schmelzdraht der Widerstand und damit die Stromwärme und der Eigenverbrauch der Sicherung wesentlich herabgesetzt. Die Tardo-Sicherung bleibt kalt.

Abb. 3. Äußerer Aufbau einer Tardo-Sicherung (links) und einer normalen Sicherung.

Tritt eine Überlastung des von der Tardo-Sicherung zu schützenden Stromkreises ein, so erwärmt der durch die Lötstelle *c* fließende Strom den Leiter *d*, dessen Wärme durch den Streifen *b* zur Lötstelle *c* fließt und allmählich das Lot bis zum Schmelzpunkt erhitzt. Ist das Lot geschmolzen, so hat der federnde Metallstreifen *b* keinen Halt am unteren Teil des Streifens *a* mehr und schnellt fort (s. Abb. 4).

Da der Stromkreis aber nicht unterbrochen wird, sondern noch ein starker Teilstrom durch den Draht *e* vom Gewinde zum Fußkontakt fließt, so ist das Spannungsgefälle an der Öffnungsstelle bei *c* so gering, daß ein Öffnungsfunke nicht entsteht, zumal parallel zur geöffneten Strecke der Drahtbügel *f* geschaltet ist, durch den ein Strom von *a* nach *b* und durch *d* zum Fußkontakt fließen kann. Dieser Strom, der von *a* durch *f* über *b* nach *d* fließt, bringt den Bügel *f* zum Schmelzen (s. Abb. 5). Nachdem ein Teil des Stromflusses nunmehr durch die geöffnete



Lötstelle bei *c* und den abgeschmolzenen Draht *f* unterbrochen ist, fließt ein derart starker Strom vom Gewinde durch den Draht *e* zum Fußkontakt, daß der Schmelzleiter *e* wie bei einer normalen Schmelzsicherung durchschmilzt (s. Abb. 6). Unmittelbar darauf fließt der Reststrom, der von *a* durch den Draht *g* zum Fußkontakt geleitet wird, durch den Kenndraht *g* in solcher Stärke, daß der letztere ebenfalls abschmilzt (s. Abb. 7) und durch eine dunkelbraune Färbung an Stelle der Kennfarbe hinter dem Glimmerfenster des Stöpselkopfes das Ansprechen der Sicherung erkennen läßt.

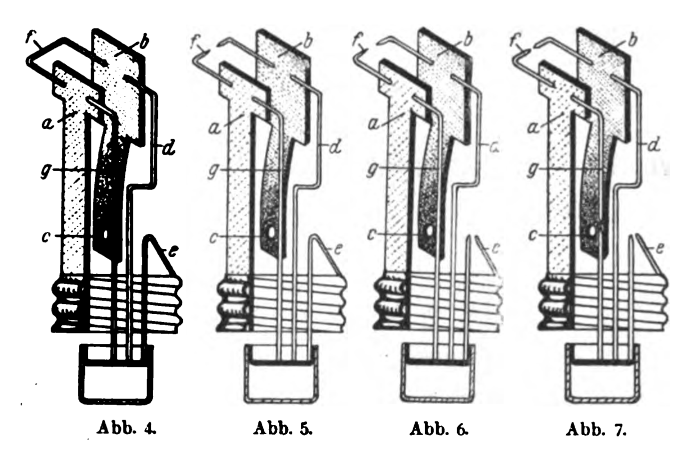


Abb. 4. Abb. 5. Abb. 6. Abb. 7.

Tritt ein Kurzschluß in dem von der Tardo-Sicherung zu schützenden Stromkreis ein, so spricht die Lötstelle *c*, weil ihre Erhitzung langsam erfolgt, also träger ist als die Schmelzleiter *e* und *d*, nicht an. Vielmehr schmelzen die Drähte *d* und *e* wie die Schmelzleiter von normalen Sicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz. Nachdem *d* und *e* geschmolzen sind, schmilzt auch der flache Kenndraht *g*.

Kennzeichnend für die Wirkungsweise einer Tardo-Sicherung ist die in Abb. 8 dargestellte Kennlinie. Die Kennlinie gibt für verschiedene Stromstärken die entsprechenden Abschmelzzeiten an. Oberhalb des Teilgebietes *I* liegt der Bereich der kurzschlußartigen Überlastungen, die von der Tardo-Sicherung wie von der gewöhnlichen Sicherung unverzögert im Verlauf von etwa $^1/_{100}$ s und weniger abgeschaltet werden. Im Teilgebiet *I*, dem Gebiet hoher Überströme, benötigt die Tardo-Sicherung ein Vielfaches des Nennstromes, um im Verlauf von einigen Sekunden abzuschmelzen. Im Teilgebiet *II*, dem Bereich geringerer Überlastungen, sind schon Abschmelzdauern von einer bis mehreren Minuten notwendig, um die Tardo-Sicherung zum Ansprechen zu bringen. Kurzzeitige Überlastungen in den Teilgebieten *II* und *III* werden also von der Tardo-Sicherung ausgehalten, ohne daß sie anspricht. Im Teilgebiet *III* endlich nähert sich der Verlauf der Stromzeitkurve der Abszissenachse (Zeitachse) derart, daß sie die Prüfbedingungen mit Minimal- und Maximal-Abschmelzstrom gemäß § 52 der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung" (K. P. I./1928) erfüllt, d. h. der Maximalprüfstrom (1,6 ... 2,1 × Nennstrom) wird innerhalb 1 h abgeschaltet, während der Minimalprüfstrom (1,5 ... 1,3 × Nennstrom) mindestens 1 h lang ausgehalten wird.

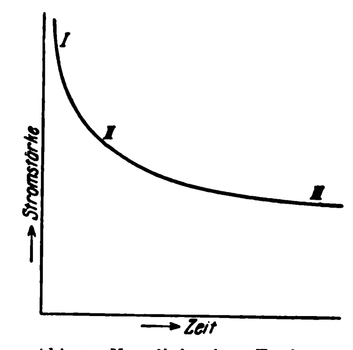


Abb. 8. Kennlinie einer Tardo-Sicherung.

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß die Trägheit der Tardo-Sicherung so gewählt ist, daß Überlastungen so lange ausgehalten werden, als sie dem entsprechenden Leiterquerschnitt nicht gefährlich werden.

III. Vorteile der Tardo-Sicherung.

a) Da die Tardo-Sicherung innerhalb einer kurzen Zeit von mehr als 2 Perioden etwa das Sechs- bis Zehnfache des Nennstromes führen kann, ohne abzuschmelzen, kann sie mit Vorteil dort angewendet werden, wo es gilt, einen Stromkreis zu sichern, in welchem kurze Zeit hohe, dann aber schnell abklingende Anlaufströme auftreten, deren Höhe die üblichen Schmelzsicherungen gleicher Nennstromstärke zum Abschmelzen bringen würde.

Derartig hohe, kurzdauernde Anlaufströme treten in Stromkreisen auf, in denen Kurzschlußmotoren angelassen oder zahlreiche Wolframdrahtlampen eingeschaltet werden. Dabei kann aber in derartigen Stromkreisen trotz dieser Belastung eine weitere Belastung — sei es Dauerlast oder intermittierende Last — stattfinden. Jeder Kurzschlußmotor nimmt unmittelbar nach dem Einschalten zum Aufbau seines magnetischen Feldes[1] einen Anlaufstrom auf, der durchschnittlich eine Periode dauert und während dieser Zeit die sechsfache Höhe seines Nennstromes erreichen kann. Ebenso nimmt die Wolframlampe, deren Wolframfäden wie alle Metalle einen positiven Temperaturkoeffizienten und im kalten Zustande nur $^1/_{12}$ des Widerstandes im erhitzten Zustande besitzen, während der Dauer von 0,5 Perioden einen Anlaufstrom auf, dessen Höhe etwa das Zehnfache des normalen Betriebstromes erreicht.

Am unangenehmsten machen sich aber im praktischen Betriebe die Stromstöße beim Anlauf von Kurzschlußmotoren bemerkbar, weil sie eine größere Sicherung und eine Leitung größeren Querschnittes erforderlich machen, als der Motor für seinen Vollastbetrieb benötigt. So muß z. B. ein Drehstromkurzschlußmotor von 3,6 kW bei 220 V und 12,2 A mit einer 30 m langen Zuleitung mit 25 A gesichert werden, damit der Einschaltstromstoß von etwa 80 A von der Sicherung aufgenommen wird. Weil nun die Leitung mit 25 A gesichert ist, muß der Mindestquerschnitt 6 mm² betragen. Da eine Tardo-Sicherung von 10 A den Einschaltstromstoß aufnehmen kann ohne anzusprechen, würde ein Querschnitt der Zuleitung von 1,5 mm² genügen. Wie groß hierbei die Ersparnis ist, zeigt folgende Rechnung:

Bei einer Schmelzsicherung von 25 A wird benötigt eine Leitung 3 × 30 m = 90 m NGA 6 mm²	16,15 RM.
Bei Anwendung einer Tardo-Sicherung von 10 A wird benötigt eine Leitung 3 × 30 m = 90 m NGA 1,5 mm²	6,00 RM.
Ersparnis bei Anwendung einer Tardo-Sicherung	10,15 RM.

Selbst wenn angenommen wird, daß die Montagekosten und die Kosten für Isolierrohr und Zubehör in beiden Fällen gleich hoch wären, so ergibt sich in diesem Falle bei der Anwendung einer Tardo-Sicherung von 10 A gegenüber einer normalen Schmelzsicherung von 25 A eine Ersparnis von 10,15 RM. Das sind allein 63 % Ersparnis an Leitungsmaterial.

Eine ähnliche Ersparnis kommt für die ungeheuer große Zahl von Stromkreisen in Frage, durch die Kurzschlußmotoren mit den Netzen verbunden sind. Man kann hier vor allem zwei Möglichkeiten in Betracht ziehen. Einmal werden derartige Stromkreise mit dem Leitungsquerschnitt versehen, welcher dem Nennstrom des Motors und dem Spannungsabfall entspricht, dann wird häufig entgegen den Verbandsvorschriften eine höhere Schmelzsicherung montiert, damit der hohe Anlaufstrom des Kurzschlußmotors ohne Störung aufgenommen wird; oder aber es wird der entsprechend höhere Querschnitt genommen, um vorschriftsmäßig zu sichern und ohne Störung den Kurzschlußmotor anlassen zu können. Im ersteren Falle ist die Leitung übersichert und die zu hohe Sicherung bietet keinen Leitungsschutz, im zweiten Fall wird der Querschnitt der Leitung nur $^1/_{100}$ s lang während des Anlaufes voll belastet, in der übrigen Betriebszeit aber wird der Querschnitt der Leitung nur zu einem geringen Teil ausgenutzt. Bezieht man diese Überlegung auf die vielen Tausende von Kurzschlußmotorenkreisen, deren Leitungsquerschnitte bei Anwendung der Tardo-Sicherung viel schwächer als bisher gehalten werden könnten und dabei die Leitung ebensogut schützen als vorher, so ergibt sich eine unvorstellbare Ersparnis am Kupfergewicht und somit am Volksvermögen.

b) Bei Verwendung von Installations-Selbstschaltern und Motorschutzschaltern müssen die davor geschalteten Hauptsicherungen, wenn normale Schmelzsicherungen verwendet werden, mehrere Stromstufen höher gewählt werden als die Nennstromstärken der Selbst- und Schutzschalter, damit die Hauptsicherungen nicht früher ansprechen als die selbsttätigen Schalter. Der Größe der Hauptsicherung gemäß müssen auch die Verbindungsleitungen zwischen den Hauptsicherungen und den selbsttätigen Schaltern entsprechend stark gewählt werden. Da die Tardo-

[1] Vgl. Elektrizitätswirtsch. Bd. 26, S. 494.



Sicherung träger und elastischer wirkt als die üblichen Schmelzsicherungen, fängt sie ohne anzusprechen Überlastungsstöße und kurzzeitige Überlastungen auf, die die üblichen Sicherungen zum Schmelzen bringen würden. Daher genügt vor Installations-Selbstschaltern und Motorschutzschaltern eine Tardo-Sicherung der nächsthöheren Stromstufe. Auf diese Weise ergibt sich ebenfalls eine Ersparnis an Leitungsmaterial und Kupfergewicht.

c) Bei kurzzeitigen Überlastungen, wie sie bei der heute häufigen Verwendung elektrischer Haushaltgeräte vielfach vorkommen, sprechen die üblichen Sicherungen an und geben dadurch zu unliebsamen Störungen, oft zum Flicken der Sicherungen, immer aber zum Ärger Anlaß. Dasselbe trifft in Fabrikbetrieben zu, bei denen Schaltstöße durch gleichzeitiges oder ungeschicktes Anlassen mehrerer Motoren oder kurzzeitige Überlastungen die normalen Schmelzsicherungen zum Ansprechen bringen. Die träge Tardo-Sicherung hingegen nimmt jede die Leitung nicht schädigende Überlastung auf und erspart daher sowohl den Klein- als auch den Großverbrauchern unangenehme, zeitraubende Stromunterbrechungen.

d) Da die Tardo-Sicherung mehrere parallel geschaltete Schmelzleiter, die gemeinsam den Strom vom Stöpselgewinde zum Fußkontakt leiten, besitzt, ist der Widerstand, den die Tardo-Sicherung dem Strom entgegensetzt, und damit auch die Wärmeentwicklung in der Sicherung sehr gering.

Die nachfolgende Zahlentafel 1 bringt Vergleiche der Widerstände und Temperaturen zwischen normalen und Tardo-Sicherungen, wobei beide Sicherungsarten zuerst 1 h lang mit dem Nennstrom von 20 A und unmittelbar darauf eine Stunde lang mit dem Mindestprüfstrom von 28 A belastet wurden. Die Temperaturmessungen erfolgten durch geeichte Thermometer am Rande der Stöpselköpfe, also dort, wo die Sicherungen beim Herausschrauben angefaßt werden.

Zahlentafel 1.

Nummer	Sicherungsart	Widerstand nach dem Einschalten mΩ	Temperatur nach dem Einschalten °C	Widerstand nach 1 h Belastung mit Nennstrom 20 A mΩ	Temperatur nach 1 h Belastung mit Nennstrom 20 A °C	Widerstand nach 1 h Belastung mit Mindestprüfstrom 28 A mΩ	Temperatur nach 1 h Belastung mit Mindestprüfstrom 28 A °C
1	Normale 20 A-Sicherung mit VDE-Zeichen	14,1	21	15,6	48	32,9	88
2		14,0	21	15,0	45	36,5	90
3		13,1	21	14,5	45	30,6	86
4	Tardo-Sicherung 20 A	6,4	21	6,6	32	10,5	46
5		6,2	21	6,5	32	10,4	45
6		6,4	21	6,6	32	10,5	46

Aus Zahlentafel 1 geht hervor, daß bei den genannten Belastungen, die sich im Rahmen der Prüfvorschriften (§ 52 der K.P.I./1928) halten, bei der mit dem VDE-Zeichen versehenen normalen Schmelzsicherung Temperaturen von 86 ° ... 90 ° am Rande der Stöpselköpfe auftreten. Diese Sicherungen genügen zwar den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, bewirken jedoch bei ihrer Bedienung schmerzhafte Verbrennungserscheinungen an den Fingern. Sie schützen also die Anlage, verletzen aber die Menschen. Die Tardo-Sicherung, deren Temperatur unter gleichen Bedingungen nur auf 46 ° gestiegen war, schützt hingegen die Anlage und die Menschen.

e) Durch die geringe Wärmeentwicklung sind die Wattverluste der Tardo-Sicherung erheblich geringer als bei den üblichen Schmelzsicherungen. Nachfolgende Zahlentafel 2 zeigt Vergleiche zwischen den Eigenverlusten von normalen und von Tardo-Sicherungen, wobei beide Sicherungsarten 1 h lang mit dem Nennstrom von 20 A und daran anschließend 1 h lang mit dem Mindestprüfstrom von 28 A belastet wurden.

Zahlentafel 2.

Nummer	Sicherungsart	Eigenverlust nach dem Einschalten	Eigenverlust nach 1 h Belastung mit Nennstrom 20 A	Eigenverlust nach 1 h Belastung mit Mindestprüfstrom 28 A
1	Normale 20 A-Sicherung mit VDE-Zeichen	5,62 W	6,26 W	18,42 W
2		5,60 „	6,20 „	20,44 „
3		5,24 „	5,80 „	17,13 „
4	Tardo-Sicherung 20 A	2,56 „	2,66 „	5,90 „
5		2,50 „	2,60 „	5,82 „
6		2,56 „	2,66 „	5,90 „

Demnach beträgt der Eigenverlust bei den üblichen Schmelzsicherungen je nach der Belastung das Doppelte bis Dreifache einer Tardo-Sicherung für die gleiche Nennstromstärke.

Welche Verluste an elektrischer Arbeit durch derartig unerwünschte Belastungen durch Eigenverluste eintreten können, geht aus folgendem Beispiel hervor. Wenn von den 1500 vorhandenen 20 A-Sicherungen einer großen Fabrik der Einfachheit halber 500 als unbenutzt, die anderen 1000 aber als vollbelastet angenommen werden, so besitzen diese 1000 normalen Sicherungen einen durchschnittlichen Verlust an Eigenverbrauch von 6080 W und erfordern in einem Jahr bei 2000 Benutzungsstunden 12 160 kWh. Unter gleichen Betriebsbedingungen würden die Tardo-Sicherungen nur einen Eigenverlust von durchschnittlich 2640 W besitzen und bei 2000 Benutzungsstunden im Jahr nur 5280 kWh erfordern. Die Ersparnis bei Anwendung von Tardo-Sicherungen könnte also in einem Jahr 6880 kWh betragen.

Was in diesem Beispiel nur im kleinen skizziert wurde, trifft in großem Umfange bei den Millionen von Hausanschlußsicherungen in ähnlicher Weise zu. Während aber im ersten Fall die Verluste vom Stromabnehmer getragen werden, weil dessen Sicherungen hinter dem Zähler montiert sind, werden die Verluste, die in den Hausanschlußsicherungen entstehen, von den Elektrizitätswerken getragen. In beiden Fällen entstehen der Elektrizitätswirtschaft aber jahraus jahrein bisher wenig beachtete, jedoch beträchtliche Verluste, deren Verminderung durch Anwendung der Tardo-Sicherung ermöglicht werden könnte.

Aus diesem Grunde erscheint der Hinweis zweckmäßig, daß die Fabrikanten von blech- und gußgekapselten Hausanschlußkästen, Kabelkästen, Panzersicherungen u. dgl. sich darauf einstellen sollten, diese Erzeugnisse in ihren Abmessungen in Zukunft derart auszugestalten, daß sich die Tardo-Sicherungen bequem darin verwenden lassen.

f) Die Tardo-Sicherung ist ein thermisches Abbild der zu schützenden Leitung, so daß sie der veränderlichen Belastbarkeit des Stromkreises bei Temperaturschwankungen besser Rechnung trägt als eine normale Sicherung, deren Schmelzleiter durch zu hohe Temperaturen gegen Temperaturschwankungen in der üblichen Größenordnung von 20 ° unempfindlich sind.

Abb. 9. Kennlinie *a)* einer NGA-Leitung (im Isolierrohr verlegt 3×2,5 mm²), *b)* einer Tardo-Sicherung von 15 A., *c)* einer normalen Sicherung von 15 A.

Das Anpassungsvermögen der Tardo-Sicherung an das thermische Abbild der zu schützenden Leitung zeigen die Kennlinien der Abb. 9.

Aus den Kennlinien der Abb. 9 geht hervor, daß die normale Sicherung (*c*) bereits in einer Zeit abschmilzt, während welcher der durch die NGA-Leitungen fließende Strom diese bei weitem noch nicht auf die Übertemperatur gebracht hat, die nach den Errichtungsvorschriften noch zulässig ist. Die Kennlinie *b* der Tardo-Sicherung entspricht dem thermischen Abbild der Leitungen bedeutend besser und spricht in dem Bereich noch nicht an, in welchem die Übertemperatur der NGA-Leitungen unter der zulässigen Grenze bleibt.

Ferner gibt u. a. diese Eigenschaft der Tardo-Sicherung im Verein mit ihrem sehr schmalen Streuband die Möglichkeit, die Tardo-Sicherung in Hintereinanderschaltung mit einer normalen Sicherung der gleichen oder nächstniederen Stromstufe als Strombegrenzer zu verwenden.

Schließlich besteht aus den gleichen Gründen die erwünschte Möglichkeit, die Mindestprüfstromstärken zu erhöhen, um auf diese Weise die Querschnitte der Leitungen, deren völlige Ausnutzung durch das breite Streuband der normalen Schmelzsicherungen verhindert wurde, besser auszunutzen als bisher. Ein weiteres Eingehen auf diesen von weitschauenden Elektrotechnikern häufig geäußerten Wunsch, dessen Verwirklichung eine ungeheure Ersparnis an Volksvermögen zur Folge haben könnte, würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten.

Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Fehlergrößen bei Meßwandlern.

Von Ing. **Josef Slavík,** Brünn.

Übersicht. Es wird ein neues Verfahren zur Bestimmung der Fehlergrößen von Strom- und Spannungswandlern beschrieben, wobei ein Normalwandler und zwei Zweisystemzähler benutzt werden, die je ein Wirkverbrauch- und ein Blindverbrauchsystem besitzen. Die Methode erfordert nur verhältnismäßig einfache und billige Instrumente, arbeitet mit hoher Genauigkeit und ist besonders auch für Messungen außerhalb des Laboratoriums geeignet.

Für die Messung des Übersetzungsverhältnisses und des Fehlwinkels von Meßwandlern wurden schon zahlreiche Methoden angegeben, und einige davon haben auch in der Praxis Anwendung gefunden. Alle diese Methoden lassen sich im allgemeinen in zwei Hauptgruppen einteilen, u. zw. in Kompensationsmethoden (Nullmethoden) und in Ausschlagmethoden. Kompensationsmethoden verwenden in der Regel Normalwiderstände im Primär- und Sekundärstromkreis (manchmal auch in Verbindung mit Normalwandlern) und geben recht genaue Resultate, die Messungen sind aber fast ausschließlich nur in Laboratorien ausführbar. Die Ausschlagmethoden, bei denen meistens Normalwandler zur Anwendung gelangen, sind in der Regel besser für praktische Messungen an der Gebrauchstelle geeignet, aber die Meßgenauigkeit läßt, besonders bei Einrichtungen zur Stromwandleruntersuchung, meist viel zu wünschen übrig, falls man nicht sehr empfindliche Instrumente verwendet, die aber wieder die Verwendungsmöglichkeit außerhalb des Laboratoriums sehr in Frage stellen.

Zu den Ausschlagmethoden können auch jene gezählt werden, welche an Stelle von Wattmetern oder Dynamometern Wattstundenzähler verwenden. Die Verwendung von Wattstundenzählern bringt verschiedene Vorteile mit sich. So hat man es in der Hand, die den kleinen zu messenden Größen bzw. Größenunterschieden entsprechenden Wattmeterausschläge in beliebig vergrößertem Maßstab zu erhalten. Neuzeitliche Elektrizitätszähler, insbesondere Eichzähler, bei welchen das unregelmäßige Reibungsmoment des Zählwerkes entfällt, laufen sehr gleichmäßig. Läßt man zwei gleiche Eichzähler wiederholt bei gleicher, nicht allzu kleiner Belastung eine Zeitlang laufen, so findet man, daß das Verhältnis der Umdrehungszahlen beider Zähler sich nur äußerst wenig ändert. Die Genauigkeit, mit welcher man Übersetzungsverhältnis und Phasenwinkel mit Hilfe solcher Wattstundenzähler messen kann, ist nach A g n e w[1], welcher zuerst eine derartige Methode zur Prüfung von Meßwandlern angegeben hat, mit 0,02 ... 0,03 % bei Übersetzungsmessungen und mit 1 ... 2 Minuten bei Fehlwinkelmessungen anzusetzen. Die Zähler sind bei dem Verfahren von Agnew nach der bekannten Methode zweier Wattmeter geschaltet. Die vorerwähnte bedeutende Meßgenauigkeit in Verbindung mit einer weitgehenden Unabhängigkeit von Spannungschwankungen sowie die verhältnismäßig große Unempfindlichkeit der Zähler gegen rauhere Behandlungsweise, wie sie von jedem tragbaren Instrument, das für Betriebsmessungen geeignet sein soll, gefordert werden muß, lassen die Anwendung von Elektrizitätszählern im gegebenen Fall besonders vorteilhaft erscheinen.

Bei Verwendung von zwei Wattmetern macht man bekanntlich die Messungen unter Benutzung von Hilfströmen bzw. Hilfspannungen, welche einmal in Phase, das andere Mal phasensenkrecht zur gemessenen Sekundärgröße des Wandlers gestellt werden. Die Messung des Übersetzungsverhältnisses geschieht bei $\cos\varphi = 1$, die Fehlwinkelmessung bei $\cos\varphi = 0$. Bei normalen Einphasen-Elektrizitätszählern ist aber eine Messung bei $\cos\varphi = 0$ unmöglich; man muß φ kleiner als 90° machen, u. zw. wird man aus Gründen der einfachen Einstellung sowie eines nicht allzu kleinen Drehmomentes nicht unter 60°, d. h. $\cos\varphi = 0{,}5$, gehen. Wie leicht ersichtlich, wird aber hier die dem Fehlwinkel entsprechende Meßgröße nicht unmittelbar in ihrer wahren Größe erfaßt, sondern es muß unbedingt eine Richtigstellung infolge des Übersetzungsfehlers stattfinden. Der Fehlwinkelmessung muß also auf jeden Fall eine Messung des Übersetzungsverhältnisses vorangehen. Weiterhin geschieht die Fehlwinkelmessung nur mit dem halben Drehmoment der Übersetzungsfehlermessung, so daß bei kleiner Belastung, beispielsweise 10 %, auch die sonst belanglosen geringen Unregelmäßigkeiten im Reibungsmoment der Zähler schon einen merklichen Fehler zur Folge haben können. Unerläßlich ist ferner eine genaue Einstellung des Phasenwinkels; es muß also entweder ein Phasentransformator zur Verwendung gelangen, der in Winkelgraden geeicht ist, oder es muß, falls letzteres nicht der Fall ist, noch eine Phasenmessung mittels Wattmeters oder Phasenmessers stattfinden.

Verfasser hat eine Methode ausgearbeitet, bei welcher ein besonderer Phasentransformator entbehrlich ist[2]. Die Messung des Übersetzungsfehlers wie auch jene des Fehlwinkels erfolgen bei gleicher Phasenstellung der Hilfsgrößen, und eine Berichtigung der Fehlwinkelmessung ist praktisch nicht erforderlich. Die Messung des Phasenwinkels geschieht bei vollem Drehmoment. Für die Praxis bedeutet dies eine wesentliche Vereinfachung der Messungen, größere Genauigkeit insbesondere der Fehlwinkelmessung, Verbilligung der ganzen Meßeinrichtung (Entfall des Phasentransformators und Phasenanzeigers) sowie deren größere Handlichkeit und Meßbereitschaft.

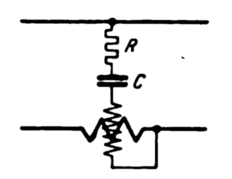


Abb. 1a. Schaltung des Blindverbrauch-Zählersystems.

Die erwähnten Vorteile werden dadurch erreicht, daß an Stelle normaler Einphasen-Wattstundenzähler zwei Zweisystemzähler verwendet werden, von denen jeder je ein Wirkverbrauch- und ein Blindverbrauchsystem erhält.

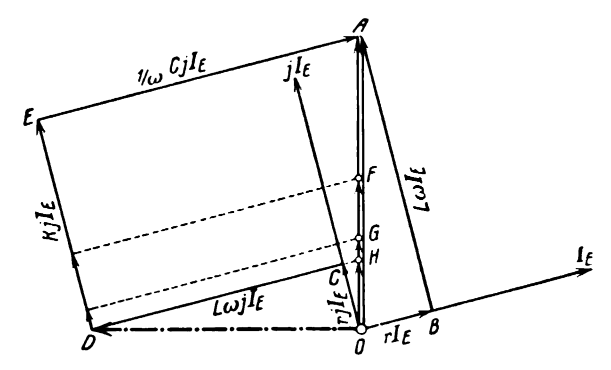


Abb. 1b. Spannungsdiagramm des Blindverbrauch-Zählersystems.

Man kann zwei normale Dreiphasen-Eichzähler mit je zwei Systemen benutzen und stets ein System jedes Zählers durch Einschaltung von Kapazität und Ohmschem Widerstand in den Spannungspfad in ein Blindverbrauchssystem verwandeln. Diese Schaltungsart zur Erzielung einer inneren Abgleichung des magnetischen Spannungs- und Stromflusses auf 0 bzw. 180° eignet sich für den zu beschreibenden Zweck besser als die gebräuchliche Einschaltung Ohmscher Widerstände parallel zur Stromspule und im Spannungskreis. Letztere Schaltungsweise hat nämlich einen ziemlich bedeutenden Wattverbrauch sowohl im Spannungs- als auch im Stromkreis zur Folge, während mit Hilfe von Kondensatoren der Verbrauch im Spannungskreis sich nur unwesentlich gegenüber normalen Wirkverbrauchsystemen vergrößert; der Verbrauch in der Stromspule bleibt völlig normal.

Abb. 1a zeigt die Schaltung, Abb. 1b das Vektordiagramm. Letzteres bleibt praktisch unverändert, gleichviel ob Systeme mit Spannungsspulen für Nennspannungen von 110, 220 oder 380 V verwendet werden. Es wird sich nur der Maßstab im Verhältnis dieser Spannungen ändern. Wird die Spannungsspule direkt an die Netzspannung *OA* angeschlossen, so ist die Ohmsche Spannungskomponente *OB* und die induktive *BA*. Durch Einschalten einer entsprechenden Kapazität *C* und eines Ohmschen Widerstandes *R* kann man eine mit *OA* gleich große, aber um

[1] A g n e w, Bull. Bur. of Stand. Bd. 11, S. 347.

[2] Die Meßanordnung ist in den meisten Kulturstaaten zum Patent angemeldet; DRP. Anmeld. S 86643 VIII/21 e, 25.



90° voreilende Spannung OD erhalten. EA und DE sind die Teilspannungen am Kondensator C bzw. am Ohmschen Widerstand R. Der Eigenverbrauch der Spannungsspule wächst dabei im Verhältnis GA/OH; bei heutigen Zählern wird er aber nicht mehr als 2 ... 2,5 W betragen. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, daß eine bedeutend kleinere Spannung als OA genügt, um OD zu erzeugen, wenn kein Ohmscher Widerstand R vorgeschaltet und C etwas vergrößert wird. Dann erzeugt eine Spannung von der Größe OH die volle Klemmenspannung OD an der Spannungsspule. Verwendet man also beispielsweise an Stelle einer Spule für 110 V eine solche für eine Nennspannung von $110 \cdot OA/OH$ Volt, so vergrößert sich der Wattverbrauch überhaupt nicht, von Kondensatorverlusten abgesehen. Man kann also durch Verwendung normaler Zählerspannungsspulen für höhere Nennspannungen (220 V, 380 V) den Eigenverbrauch noch bedeutend herabsetzen, sofern dies erwünscht ist. OA, OF und OG bedeuten immer die Netzspannung 110 V bei den Klemmspannungen $OD = 110$, 220 und 380 V an den für solche Nennspannungen bestimmten Spannungsspulen. Die Eigenverbrauche verhalten sich dann wie $OA : \overline{OF} : \overline{OG}$. Wählt man die Größenverhältnisse des Kondensators sowie des Ohmschen Widerstandes angenähert richtig, so genügen zur genauen Einstellung des auf diese Weise erhaltenen Blindverbrauchsystems die bei normalen Zählern üblichen Hilfsmittel. Alle Systeme beider Zähler werden so eingestellt, daß sie praktisch gleiche Maximalmomente entwickeln.

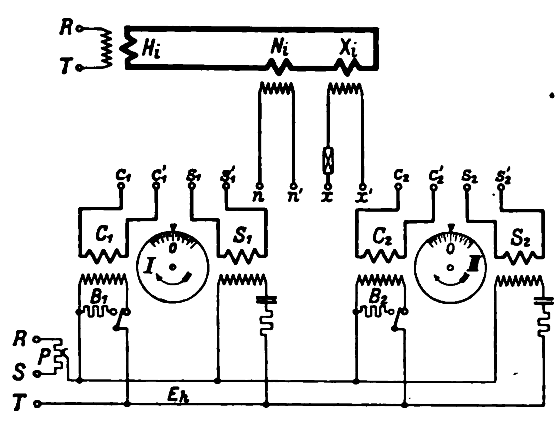


Abb. 2. Schaltbild für die Stromwandlerprüfung.

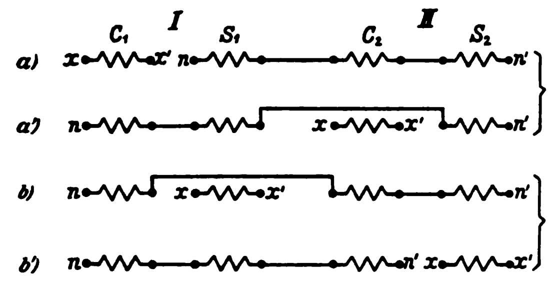


Abb. 3. Schaltung der Spannungsspulen bei der Messung der Fehlergrößen von Stromwandlern.

Abb. 2 zeigt die Einschaltung der Zähler bei der Stromwandlerprüfung. Dabei bedeuten:

N_i den Normalstromwandler,
X_i den zu untersuchenden Stromwandler,
H_i einen Hilfstromwandler,
I, II die beiden Eichzähler,
C_1, C_2 deren Wirkverbrauch- (Cosinus-) Systeme,
S_1, S_2 deren Blindverbrauch- (Sinus-) Systeme.

Bei der Untersuchung des Stromwandlers X_i wird dieser in Reihe mit dem Normalwandler N_i an den Hilfswandler H_i angeschlossen. Die Enden der Sekundärwicklungen sowohl des Normalwandlers N_i als auch des Wandlers X_i sowie sämtlicher Stromspulen sind zu einem Vielfachumschalter (etwa einem Walzenschalter) geführt, um alle Schaltungen vornehmen zu können, welche in Abb. 3 mit a), a'), b) und b') bezeichnet sind. Alle Spannungspfade werden von einer Hilfspannung gespeist, deren Phase in bestimmten Grenzen verstellbar ist. Am einfachsten wird dies dadurch erreicht, daß zwei Klemmen der Dreiphasen-Spannungsquelle R, S, T durch ein Potentiometer P überbrückt werden, worauf man die erforderliche Hilfspannung von der dritten Klemme und dem Potentiometerkontakt abgreift. Die Phasenfolge wird hierbei so gewählt, daß sich die Hilfspannung in Phase mit dem Sekundärstrom des Normalwandlers N_i einstellen läßt.

Die Messung des Übersetzungsverhältnisses wird folgendermaßen vorgenommen: Die Stromspulen werden nach Schema a) der Abb. 3 geschaltet und alle Spannungsspulen parallel an die Hilfspannung gelegt. Dann wird die Phase der Hilfspannung so eingestellt, daß bei ausgeschalteter Hilfspannung am Wirkverbrauchsystem C_2 der Zähler II in Ruhe ist, während I sich mit voller Geschwindigkeit dreht. Da in II dann nur das Blindverbrauchsystem wirksam ist, bedeutet dies, daß die Hilfsspannung in Phase mit dem Normalwandlerstrom sein muß. Um bei der Ausschaltung der Spannungspule nicht die Belastung des Hilfspannungskreises zu verkleinern und dadurch eine unerwünschte Phasenverschiebung zu erhalten, wird man zweckmäßig die Spannung auf einen äquivalenten Ballastwiderstand B (B_1) umschalten. Hierauf wird die Hilfspannung ausgeschaltet und der Umschalter B_1 wieder auf die Klemme der Spannungspule umgelegt. Nun werden die Zeiger beider Zähler, welch letztere zweckmäßig eine hundertteilige Skala besitzen, auf Null eingestellt, und der Hilfspannungskreis wird geschlossen. Man läßt nun die Zähler eine Anzahl von Umdrehungen machen und schaltet dann die Hilfspannung aus.

Es seien:

x_1 und x_2 die Umdrehungszahlen des Zählers I bzw. II, an welchen der Wandler X_i angeschlossen wurde,
n_1 und n_2 die Umdrehungszahlen des Zählers I bzw. II, an welchen nur der Eichwandler N_i angeschlossen wurde,
t die Zeit,
k_1 und k_2 die Konstanten beider Zähler,
E_h die Hilfspannung,
I_x der Sekundärstrom des Wandlers X_i,
I_n der Sekundärstrom des Normalwandlers N_i,
δ der Fehlwinkel, den der Sekundärstrom des Wandlers X_i mit jenem des Normalwandlers N_i einschließt.

Bei der ersten Messung in Schaltung nach a) ist:

$$x_1 = t\,k_1\,E_h\,(I_x \cos\delta + I_n \sin 0^\circ)$$
$$n_2 = t\,k_2\,E_h\,(I_n \cos 0^\circ + I_n \sin 0^\circ).$$

Da $\cos\delta \approx 1$, ist

$$\frac{k_1\,I_x}{k_2\,I_n} = \frac{x_1}{n_2};$$

schaltet man nach a') um, vertauscht man also beide Zähler, so wird

$$\frac{k_2\,I_x}{k_1\,I_n} = \frac{x_2}{n_1},$$

und daraus folgt

$$\frac{I_x}{I_n} = \sqrt{\frac{x_1\,x_2}{n_1\,n_2}}. \qquad (1)$$

Bei der Fehlwinkelmessung werden die Stromspulen nach b) geschaltet und die Phase der Hilfspannung unverändert belassen. Jetzt übernehmen die Blindverbrauchssysteme die Rolle der Wirkverbrauchsysteme, und die Drehzahlen der Zähler werden nun folgenden Werten entsprechen:

$$x_1 = t\,k_1\,E_h\,(I_n \cos 0^\circ + I_x \sin\delta)$$
$$n_2 = t\,k_2\,E_h\,(I_n \cos 0^\circ + I_n \sin 0^\circ).$$

Es ist daher

$$\frac{k_1\,(I_n + I_x \sin\delta)}{k_2\,I_n} = \frac{x_1}{n_2}$$

und bei vertauschten Zählern nach b')

$$\frac{k_2\,(I_n + I_x \sin\delta)}{k_1\,I_n} = \frac{x_2}{n_1};$$

daraus folgt

$$\sin \delta = \frac{I_n}{I_x}\left(\frac{\sqrt{x_1 x_2} - \sqrt{n_1 n_2}}{\sqrt{n_1 n_2}}\right), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

wobei man $\sin \delta = \operatorname{tg} \delta$ und $\frac{I_n}{I_x} = 1$ setzen kann.

Dann ist

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\sqrt{x_1 x_2} - \sqrt{n_1 n_2}}{\sqrt{n_1 n_2}}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2a)$$

Für den praktischen Gebrauch wird man aber die Formeln (1) und (2) bzw. (2a) nur in Ausnahmefällen verwenden. Man kann mit einer für den praktischen Gebrauch völlig ausreichenden Genauigkeit die nachstehende einfache Formel gebrauchen, wenn man die Konstanten k_1 und k_2 sowie die Umdrehungszahlen n_1 und n_2 annähernd gleich macht, was bis auf Bruchteile eines Prozents ohne Schwierigkeit erreicht werden kann. Für die Abweichungen des zu prüfenden Wandlers gegenüber dem Normalwandler gilt dann sowohl für den prozentualen Übersetzungsfehler p als auch für den prozentualen Fehlwinkel folgende gemeinsame Formel:

$$p\,\% \text{ oder } \delta\,\% = \frac{(x_1 + x_2) - (n_1 + n_2)}{n_1 + n_2} \cdot 100.$$

Für die Messung von δ sind natürlich die vorher beschriebenen Umschaltungen vorzunehmen.

Beispiel: Es sei an dieser Stelle das Zahlenbeispiel einer ausgeführten Messung angegeben. Die Hilfsspannung wurde stets nach der ungefähr vollendeten 30. Umdrehung ausgeschaltet, u. zw. gezählt an jenem Zähler, an dem lediglich der Normalwandler angeschlossen war, also zunächst am Zähler *II* (n_2) und dann am Zähler *I* (n_1).

Messung des Übersetzungsfehlers.

$x_1 = 30{,}388$
$x_2 = 30{,}275$
$x_1 + x_2 = 60{,}663$

$n_2 = 30{,}374$
$n_1 = 30{,}420$
$n_1 + n_2 = 60{,}794$

$$p = \frac{60{,}663 - 60{,}794}{60{,}794} \cdot 100 \approx -0{,}22\,\%.$$

Messung des Fehlwinkels.

$x_1 = 30{,}380$
$x_2 = 30{,}341$
$x_1 + x_2 = 61{,}721$

$n_2 = 30{,}553$
$n_1 = 30{,}672$
$n_1 + n_2 = 61{,}225$

$$\delta = \frac{61{,}721 - 61{,}225}{61{,}225} \cdot 100 \approx +0{,}81\,\%$$

oder

$$0{,}81 \cdot 34{,}38 \approx +28 \text{ Minuten.}$$

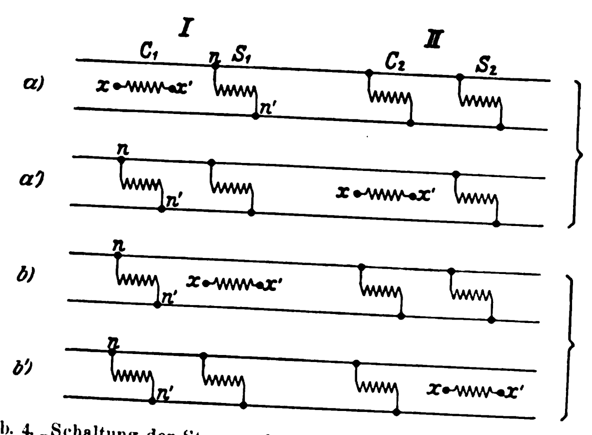


Abb. 4. „Schaltung der Stromspulen bei der Messung der Fehlergrößen von Spannungswandlern."

Die Messung von Spannungswandlern ist ohne weiteres möglich. Man schaltet dann alle Stromspulen hintereinander und speist sie mit Hilfe eines kleinen Wandlers mit einem in der Phase veränderlichen Hilfstrom. Die Spannungsspulen werden dann bei den einzelnen Messungen nach Abb. 4 an die beiden Spannungswandler geschaltet.

Die Normalwandler sind bei allen Messungen immer mit drei Zählerstrom- bzw. Spannungspulen belastet und brauchen nur für diese Bürde geeicht zu werden.

Zum Schluß seien noch einige Worte über die Eichzähler gesagt. Die Zähler werden zweckmäßig in ein gemeinsames Gehäuse eingeschlossen und mit einer Vorrichtung versehen, welche die Zeiger beider Zähler auf Null stellt. Dies kann etwa so geschehen, daß die Triebscheiben beider Zähler mit Anschlägen versehen sind, so daß die Scheibendrehung durch Riegel, welche auf einer gemeinsamen Welle sitzen, in der Nullstellung gehemmt werden kann. Durch Drehung der Welle können beide Zähler gleichzeitig freigegeben werden. Beide Zähler werden vorteilhaft mit einem gemeinsamen Bremsmagneten versehen, der gleichzeitig auf beide Scheiben einwirkt; eine etwaige Änderung der Stärke des Magneten wird dann auf beide Zähler von gleicher Wirkung sein. Um das Reibungsmoment so gering als möglich zu machen und ein kleines Systemgewicht mit niedrigem Trägheitsmoment zu erhalten, empfiehlt es sich, jeden Zähler nur mit einer Scheibe auszuführen, welche dann zugleich als Trieb- und Bremsscheibe wirkt. Die Anordnung beider Systeme auf einer Scheibe wird ohnehin bei Dreisystemzählern ausgeführt. Eine kleine gegenseitige Einwirkung beider Systeme, falls sie vorhanden sein sollte, ist ohne Einfluß auf die Messungen. Nach Ansicht des Verfassers würden den gestellten Anforderungen am besten Ferrariszähler mit Trommelsystemen entsprechen.

Aus Gründen der Zeitersparnis bei der Messung wird man den Zählern ungefähr die doppelte Umdrehungszahl geben gegenüber normalen Zählern, also bei voller Belastung ungefähr 1,5 ... 2 U/s, indem man das Bremsmoment entsprechend verkleinert oder, was empfehlenswerter ist, Systeme mit größerem Drehmoment verwendet. Um schließlich auch bei größeren Spannungschwankungen genau messen zu können, sind die Systeme beider Zähler so abzugleichen, daß sie einen gemeinschaftlichen Verlauf ihrer Kennlinien auch bei veränderlicher Spannung aufweisen.

Bei der Untersuchung von Stromwandlern mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 1 können, falls es sich nicht um eine Betriebsmessung bei Hochspannung handelt, alle Messungen unmittelbar ohne Benutzung des Normalwandlers vorgenommen werden. Dieser Umstand ermöglicht auch jederzeit eine bequeme und genaue Überprüfung der Meßeinrichtung, indem man mit derselben einfach den zugehörigen umschaltbaren Normalwandler auf seine genau bekannten Fehler in dem erwähnten Meßbereich untersucht.

Elektrisch geheizter Tunnelofen zum Glasieren von Porzellanwaren.

In der Porzellanfabrik von Josiah Wedgwood & Sons, England, ist ein Tunnelofen von 25 m Länge aufgestellt, der elektrisch geheizt wird. Der Ofen[1] besteht aus einer Einstellzone, Vorwärmzone, Heizzone und einer Abkühlungszone. Die Wagen, die durch den Ofen gehen, sind 1,35 m lang, 0,375 m breit und 0,610 m hoch. Die Durchgangsgeschwindigkeit beträgt 1,37 m/h. Die im Innern angebrachten Nickel-Chrom-Heizelemente halten länger als ein Jahr, ehe sie ersetzt werden müssen.

Ein kleinerer Ofen befindet sich in der Porzellanfabrik von Messrs. Mintons. Die Wagen enthalten durchschnittlich 45 kg Waren, und ein Wagen selbst wiegt 90 kg. Um diese 135 kg von 20° auf 700° zu erwärmen, ist folgende Wärmemenge erforderlich:

Wenn die spezifische Wärme von gebrannter Ware von 0° auf 700° gleich 0,241 und die spezifische Wärme von erwärmtem Gußeisen von 0° auf 700° gleich 0,149 ist, dann ist die Wärmemenge in kcal, um 45 kg Ware zu erwärmen, 45 × 700 × 0,241 = ... 7 591
Wärmemenge in kcal, um 90 kg Gußeisen zu erwärmen, 90 × 700 × 0,149 = ... 9 387
zusammen 16 978 kcal.

Nimmt man die Anzahl Wagen während eines längeren Zeitraumes und teilt dieselbe durch die in derselben Zeit verbrauchte Strommenge, so erhält man für jeden Wagen Ware 19 kWh. Da in 1 kWh 860 kcal erzeugt werden, ergeben sich 860 × 19 = 16 340 kcal. Etwas Wärme geht durch Ausstrahlung verloren. *Jll.*

[1] Trans. of the Cer. Soc. Bd. 27, Teil I, S. 12.

Zwischenstaatliche Beratungen für Fernsprechweitverkehr und Telegraphie.

I.

Tagung des Zwischenstaatlichen Beratenden Ausschusses für den Fernsprechweitverkehr (CCI) in Berlin.

In der Woche vom 3. bis 10. VI. 1929 tagte in Berlin die 6. Vollversammlung des Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance (CCI). Die Aufgabe des CCI besteht bekanntlich darin, durch Organisation des zwischenstaatlichen Fernsprechverkehrs in Europa einheitliche Regeln für den Betrieb der Leitungen aufzustellen und Richtlinien für den Bau der Fernsprechlinien nach dem jeweiligen Stande der Technik und Erfahrung zu geben, damit der Fernsprechverkehr auf weite Entfernung zur größten Leistungsfähigkeit entwickelt werden kann[1]. Der Aufgabenkreis erhellt am besten aus dem Arbeitsgebiet der z. Z. bestehenden acht verschiedenen Berichterkommissionen (commissions des rapporteurs), nämlich:

I. Fragen des Schutzes der Fernsprechleitungen gegen den störenden Einfluß der Kraftanlagen (deutscher Vorsitz).
II. Schutz der Fernsprechkabel gegen elektrolytische und chemische Korrosion (deutscher Vorsitz).
III. Fragen der Übertragung (deutscher Vorsitz).
IV. Fragen der Eichkreise (Ureichkreis, Haupt- und Arbeitskreis) (englischer Vorsitz).
V. Angliederung von drahtlosen Wegen an Drahtwege (englischer Vorsitz).
VI. Betriebs- und Verkehrsfragen (holländischer Vorsitz).
VII. Gebührenfragen (holländischer Vorsitz).
VIII. Fragen, die zugleich technischer und betrieblicher Art sind (französischer Vorsitz).

Jede Kommission setzt sich aus Mitgliedern der Fernsprechverwaltungen verschiedener Länder zusammen. Diese studieren die in das Gebiet fallenden Fragen und legen durch den Vorsitzenden einen Bericht dem Generalsekretär des CCI vor. Die nächste Vollversammlung beschließt über die Annahme oder Ablehnung der Vorschläge. Eine Änderung der Vorschläge kann nur im Einvernehmen mit der Berichterkommission erfolgen, deren Mitglieder der Vollversammlung beiwohnen. Experten der Industrie sind zu den Vollversammlungen nicht zugelassen, wohl aber zu den Versammlungen der Berichterkommissionen.

Die Tagung der 6. Vollversammlung des CCI fand im Hause des VdI statt. Im ganzen waren die Fernsprechverwaltungen von 23 europäischen Staaten sowie die Fernsprechgesellschaften in Mexiko und Kuba vertreten. Außerdem nahmen auf Einladung hin Vertreter der American Telephone and Telegraph Co., der Administration des Téléphones du Japon und der Administration des Téléphones de Perse teil. Das Internationale Büro des Welttelegraphenvereins in Bern und das Comité consultatif international technique des communications radioéléctriques hatten je einen Vertreter entsandt. Von elektrotechnischen Körperschaften waren vertreten: die Commission éléctrotechnique internationale, die Union internationale des chemins de fer, letztere mit Mitgliedern aus Deutschland, Frankreich, Italien und Schweden, die Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie éléctrique und die Association d'ingénieurs éléctriciens.

In der Eröffnungssitzung übertrug die Vollversammlung das Präsidium dem Vertreter der deutschen Verwaltung, während England und Frankreich die beiden Vizepräsidenten stellten. Die Verhandlungen zeigten allseitig das Bestreben sachlichen Zusammenarbeitens und Entgegenkommens. Der Beratungsstoff war sehr umfangreich, waren doch von der letzten Vollversammlung in Paris 1928 den Berichterkommissionen nicht weniger als 63 Fragen zur Bearbeitung überwiesen worden.

Nachstehend sollen diejenigen Beratungsgegenstände und Beschlüsse erwähnt werden, die für den Leserkreis dieser Zeitschrift von Belang und geeignet sind, einen allgemeinen Überblick über die diesjährige Tagung zu geben. Von den Beschlüssen über die Organisation des CCI ist bemerkenswert, daß jetzt auch Vertreter von Privatfernsprechgesellschaften zur Teilnahme an den Beratungen der Vollversammlungen berechtigt sind. Für die Anmeldung zur Teilnahme wurde ein besonderes Verfahren festgesetzt. Für fabrizierende Firmen, die nicht gleichzeitig Fernsprechbetriebsgesellschaften sind, besteht wie bisher die Möglichkeit, sich an den Versammlungen der Berichterkommissionen zu beteiligen. Um das Zusammenarbeiten in technischen Dingen zwischen dem CCI und den übrigen technischen Vereinigungen wie CCIT, CCIR, Bahnen, Starkstromverbänden usw. zu fördern, sollen gemischte Kommissionen zur Bearbeitung der die gemeinsamen Belange betreffenden Fragen gebildet werden.

Das Berner Büro des Welttelegraphenvereins erhält in der Vollversammlung beratende Stimme; über die dem Berner Büro mitzuteilenden Schriftsätze der Vollversammlung des CCI und der Berichterkommission sind nähere Bestimmungen vereinbart worden.

Ein besonders bedeutungsvoller Gegenstand der Beratung betraf die Frage der Möglichkeit einer Vereinheitlichung der Übertragungssysteme für den Weitverkehr. Bisher waren den Verwaltungen zwei Systeme — das amerikanische und das deutsche — empfohlen worden, die sich wesentlich nicht unterscheiden. Das Ziel war, diese beiden Systeme zu einem Einheitsystem zu verschmelzen. Hierzu ist der erste Schritt insofern getan worden, als die Vollversammlung das deutscherseits vorgeschlagene Übertragungssystem als System II anerkannte, während die bisherigen beiden Systeme die Bezeichnung Ia und Ib erhalten. Das neue System sieht eine erhöhte Grenzfrequenz und damit ein breiteres, einheitliches Frequenzband der Sprachübertragung von 300 ... 2400 Hz sowie an Stelle der unwirtschaftlichen schwachen Pupinisierung der Leitungen allgemein die mittelstarke Pupinisierung in Verbindung mit Phasenausgleich und Wegfall der Hilfsverstärkerämter vor. Die von der Berichterkommission aufgestellten technischen Vorschriften für das neue Übertragungssystem wurden ergänzend in die Bestimmungen des Grünbuches des CCI aufgenommen. Über die mit dem neuen System auf der Strecke Hannover—Wiedenbrück erzielten günstigen Ergebnisse haben Lüschen und Meyer[2] sowie Höpfner[3] eingehend berichtet. Um dem Ziel der Vereinheitlichung näher zu kommen, werden die dem CCI angeschlossenen Verwaltungen prüfen, in welcher Weise sie ihre Systeme ändern können, um die Vorteile des neuen Systems für sich nutzbar zu machen.

Die Frage wegen der in Fernkabeln und Spulen zulässigen Erdkapazitätsunsymmetrien konnte nicht abschließend beantwortet werden, sie bilden daher den Gegenstand weiterer Untersuchung.

Hochfrequenzgespräche auf Freileitungen wurden eingehend behandelt. Über die technischen Anforderungen, die an die Leitungen und Verstärkereinrichtungen zu stellen sind, wurden die von der Berichterkommission aufgestellten ausführlichen Pflichtenhefte angenommen.

Die Bildtelegraphie spielte sowohl in der technischen wie in der Betriebs- und Gebührenkommission eine größere Rolle. Für die an die Übertragungseinrichtungen zu stellenden technischen Anforderungen wurden unter Zugrundelegung der bisherigen Erfahrungen ausführliche Bedingungen aufgestellt.

Dem Zwecke der Rundfunkübertragungen auf Leitungen dienen ausführliche Pflichtenhefte für die Rundfunkzwischenverstärker, Bedingungen für die Eigenschaften der Leitungen und Richtlinien für das Zusammenwirken von Fernsprechverwaltung und Rundfunkgesellschaft.

Die Unterhaltung der zwischenstaatlichen Leitungen führte zu eingehender Behandlung der Vorschriften. Für die Bearbeitung der einschlägigen Fragen wurde eine ständige Kommission aus Vertretern Englands, Frankreichs und Hollands unter deutschem Vorsitz gebildet. Sie kann in dringenden Fragen den Staaten Empfehlungen geben, ohne daß diese Fragen von der Vollversammlung des CCI gestellt worden sind. Diese Empfehlungen sind der nächsten Vollversammlung zur Genehmigung vorzulegen.

Das Nebeneinanderbestehen von Fernsprech- und Telegraphenleitungen im gleichen Kabel wurde in einer gemischten Kommission behandelt. Die bestehenden Empfehlungen wurden nachgeprüft und mehrfach ergänzt.

Für das Zusammenarbeiten der drahtlosen Wege mit den Fernsprechdrahtwegen wurden eingehende Vorschläge ausgearbeitet, die sich unter anderem auf die Art der zusammenzuschaltenden Leitungen, die Übertragungseigenschaften, wie Dämpfung, Einschwingvorgänge, Geräuschspannung usw., beziehen.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1173.

[2] El. Nachr. Techn. Bd. 6, S. 139. — Vgl. a. ETZ 1929, S. 1242.

[3] Europ. Fernspr. 1929, S. 118; Tel.- u. Fernspr. Techn. Bd. 18, S. 148.

In den Pflichtenheften für die Lieferung von Fernkabeln wurden die Bestimmungen über die Umrechnung der Kopplungen für die von der Regellänge abweichenden Kabellängen geändert. Für mehrere Kopplungsarten wurde die lineare Beziehung zur Länge eingeführt. Die Frage der Verwendbarkeit der Doppelsternkabel konnte noch nicht entschieden werden; es sollen die Versuchsergebnisse der im Bau befindlichen Strecken abgewartet werden.

In der Gruppe für Gebührenfragen wurden Grundsätze für die Gebührenberechnung im Falle der Umleitung von Gesprächen bei Störungen über Ersatzwege aufgestellt. Ein zweiter Beschluß betraf die einheitliche Ausgestaltung des Fernsprechbuches in den einzelnen Ländern.

Als Beratungsgegenstände seien noch erwähnt Gebührenfestsetzung für Abonnementsgespräche in der verkehrschwachen Zeit, Gespräche mit Voranmeldung, Nummernaussprache im zwischenstaatlichen Verkehr und zulässige Höchstdauer der Ferngespräche.

Über die Ausführung von Silbenverständlichkeitsmessungen an zwischenstaatlichen Leitungen fanden eingehende Erörterungen statt. Es wurde beschlossen, für die Verständlichkeitsmessungen Listen von Logatomen zu bilden, für deren Aufstellung und Anwendung nähere Bestimmungen getroffen worden sind. Mit der Ausführung ist eine Unterkommission betraut worden.

Auf dem Gebiet des Schutzes der Fernsprechleitungen wurden die Begriffe „Störspannung, Störstrom und Fernsprechformfaktor der Spannung und des Stromes" eingeführt und definiert. Ein anderer Beratungspunkt betraf die durch Gleichrichteranlagen verursachten Störungen. Man war sich darüber einig, daß man sie durch Anbringung von Vorrichtungen an den Gleichrichtern selbst — z. B. Wellensauger — vermindern kann. Über die Definition der Geräuschspannung in Fernsprechleitungen konnte eine Einigung nicht erzielt werden. Diese Frage wird von den beiden beteiligten Kommissionen weitergeprüft werden.

Ein wichtiger Punkt betrifft die Frage der Größe der Gegeninduktivität zwischen zwei geerdeten Leitungen. Diese ist bestimmend für die Größe der Gefährdung der Fernmeldeleitung und die Größe der Geräuschspannung in der Fernmeldeleitung. Die Leitsätze enthielten für die Berechnung bisher nur zwei empirisch gefundene Formeln. Es soll jetzt die Formel von Pollaczek zur Ermittlung der Gegeninduktivität in die Leitsätze aufgenommen werden. Außerdem sollen in die Leitsätze Formeln eingesetzt werden, die die Anordnung der Starkstromdrähte bei der Berechnung ihres Einflusses auf die Geräuschspannung berücksichtigen. Bei den Näherungsberechnungen sollen für die Folge auch Doppelerdschlüsse berücksichtigt werden, falls die Hochspannungsanlage nicht besonders sorgfältig unterhalten wird. Unter Berücksichtigung der diesjährigen Beschlüsse sollen die Leitsätze neu aufgestellt werden.

Die Berliner Vollversammlung des CCI hat den umfangreichen Beratungstoff unter zweckmäßiger Verteilung auf seine täglichen Vollsitzungen in zeitlich getrennten Sitzungen bewältigt. Der größte Teil der Fragen fand seine endgültige Erledigung, daneben blieb aber auch noch manche Frage ungelöst; dies gilt namentlich für die Frage des Schutzes der Fernsprechleitungen. Allen Berichterkommissionen wurde wieder eine große Anzahl neuer Fragen zur Prüfung vorgelegt. Von diesen mögen nachstehend einige bemerkenswerte erwähnt werden, soweit sie nicht bereits vorstehend gestreift worden sind.

Definition der durch Starkstromleitungen verursachten Geräuschspannung, ihre Messung und Herabsetzung.

Festsetzung der in oberirdischen Leitungen und Kabeln zulässigen Geräuschspannung in Zusammenarbeit der I. mit der III. Kommission.

Untersuchung der Kompensationswirkung von Schienen und Kabelmantel.

Anbringung von Sicherungen an den Fernsprechanlagen zum Schutz des Personals gegen mögliche Gefährdung durch Starkstromanlagen und atmosphärische Entladungen.

Beeinflussung und Gefährdung von Fernsprechleitungen bei Kreuzung mit Hochspannungsleitungen.

Studium der Strom- und Spannungsicherungen.

Stabilität der Verstärkereinrichtungen in bezug auf Temperatureinflüsse und Batteriespannungen.

Zulässige Nebensprechdämpfung zwischen zwei Hochfrequenzwegen derselben Linie.

Versuchsergebnisse mit Doppelsternkabeln.

Methode einer Nebensprechmessung, die geeignet ist, die Messung mit Sprache zu ersetzen.

Schaltungsanordnung für Sammel- und Ferntagungsverbindungen.

Verwendung des Frequenzbandes zwischen der für den Fernsprechbetrieb benutzten oberen Sprachfrequenz und der Grenzfrequenz der Kabelleitung für telegraphische Übertragung.

Beziehungen zwischen Silbenverständlichkeit und Satzverständlichkeit in sehr langen Fernsprechleitungen.

Fragen der Eichkreise.

Zweckmäßigste Methode zur Geräuschbestimmung in drahtlosen Fernsprechverbindungen.

Bestimmung der zulässigen Höchstwartezeiten im Fernverkehr.

Frage des sogenannten „Abwesendendienstes"; verschiedene Gebührenfragen.

Das Arbeitsprogramm der einzelnen Berichterkommissionen ist wiederum so reichhaltig, daß seine ordnungsmäßige Bearbeitung bis zur Vollversammlung im Jahre 1930 große Anstrengung aller Beteiligten erfordert.

Die nächstjährige Vollsitzung des CCI findet auf Einladung der belgischen Verwaltung in Brüssel statt.

Dohmen.

II.
Die zweite Tagung des Internationalen Beratenden Ausschusses für Telegraphie (CCIT) in Berlin.

Obwohl die Telegraphie durch die Übertragung von Schriftzeichen wie kein anderes Nachrichtenmittel für den internationalen Nachrichtenverkehr von großer Bedeutung ist, gelang es der deutschen Initiative erst im Jahre 1925, auf der Pariser Telegraphenkonferenz in Berlin die Einsetzung eines Beratenden Ausschusses für technische und betriebliche Fragen durchzusetzen. Das Arbeitsgebiet für eine solche Kommission ist nicht nur sehr umfangreich, wie man aus der Vielheit der im Betrieb befindlichen Telegraphenapparate und den unterschiedlichen Betriebsmethoden ersicht, sondern auch sehr schwierig, da es sich in den meisten Fällen um die Festlegung einer bereits im weiten Umfange eingeführten Technik handelt.

Bereits die erste Tagung dieses Ausschusses, Comité Consultatif International des Communications Télégraphiques (CCIT), die im November 1926[1] stattfand, zeigte die Schwierigkeiten, die dem Streben nach Vereinheitlichung von Apparaten und Betriebsmethoden entgegenstehen, wenn die Vereinheitlichung der praktischen Einführung zeitlich nacheilt. Von dem damals aufgestellten großen Arbeitsprogramm konnten nur die wenigsten Punkte zu einer vollständigen Lösung gebracht werden. In den meisten Fällen mußten die Entscheidungen auf die nächste Sitzung vertagt werden. So kam zu der diesjährigen Berliner Tagung (10. bis 17. VI.), die unter dem Vorsitz von Geheimrat Breisig stattfand, ein ungeheures Arbeitsmaterial zusammen, bestehend aus den noch nicht abgeschlossenen Aufgaben der ersten Tagung und verschiedenen inzwischen neu entstandenen Problemen. Entsprechend der Wichtigkeit der zu behandelnden Gegenstände war auch die Beteiligung an dieser Konferenz. Die dem Welttelegraphenverein (Telegraphen-Union) angeschlossenen Länder hatten ihre Vertreter entsandt, denen eine große Zahl von Vertretern der Kabel- und Funkgesellschaften sowie der beteiligten Industrie als Sachberater zur Seite standen. Einschließlich der deutschen Teilnehmer waren 102 Telegraphentechniker an dieser Tagung beteiligt.

Das Arbeitsprogramm dieser Zusammenkunft war folgendermaßen gegliedert:

Gruppe A: Telegraphentechnik.

1. Definitionsfragen der Telegraphiergeschwindigkeit, Verzerrungsmaß, Berechnung der Telegraphiergeschwindigkeit.

2. Normalisierung der Aufnahmefähigkeit von Telegraphenverbindungen und Festlegung der Trägerfrequenzen der Tonfrequenztelegraphie.

3. Vereinheitlichung der grundsätzlichen Arbeitsweise des Telegraphenapparates.

a) Einheitsalphabet,
b) Konstruktion und Arbeitsweise des Telegraphen apparates.

[1] Die Beratungen des CCIT 1926 in Berlin. El. Nachr.-Techn. Bd. 3, S. 493.

4. Telegraphen- und Fernsprechleitungen im selben Kabel.
5. Bildtelegraphie:
a) Anforderungen der Bildübertragung an die Leitungen,
b) Vereinheitlichung der Bildapparatur.
6. Schutz der Telegraphenleitung gegen Starkstromstörungen.
7. Vorschriften für den Bau oberirdischer Telegraphenleitungen.
8. Verschiedenes.

Gruppe B: Telegraphenbetrieb.

1. Festlegung einheitlicher Bildzeichen und deren Bedeutung in den wichtigsten Weltsprachen.
2. Dienstcode.
3. Die Bezeichnung der Telegramme durch Laufnummern oder nach dem Reihenverfahren.
4. Festlegung einer einheitlichen Buchstabiertafel für die Übermittlung von Telegrammen mit dem Fernsprecher.
5. Verschiedenes.

Gruppe C: Organisationsfragen des CCIT.

Die Erörterung der Frage A 1: Definition der Telegraphiergeschwindigkeit brachte bereits bei der ersten Tagung eine wichtige einheitliche Maßzahl für die Telegraphiergeschwindigkeit, nämlich das Baud als die Zahl der in einer Sekunde übertragenen kürzesten Stromimpulse. Die weiteren Arbeiten zielen nun darauf ab, die Grundlagen für eine Vorausberechnung der Telegraphiergeschwindigkeit einer Leitung mit gegebenen Eigenschaften zu schaffen. Obwohl zu dieser Frage von allen Seiten wertvolles Material beigesteuert wurde, konnte diese Aufgabe noch zu keinem endgültigen Abschluß gebracht werden, da über ein wichtiges Erfordernis einer Telegraphenverbindung, nämlich die für eine einwandfreie Übertragung von Telegraphierzeichen bei verschiedenartigen Telegraphenapparaten noch zulässige Zeichenverzerrung, keine ausreichenden praktischen Erfahrungen vorliegen. Weitere Aufgabe ist nun, sowohl Meßmethoden für die Verzerrung der Telegraphierzeichen festzulegen als auch Untersuchungen über den zulässigen Betrag der Verzerrung bei den verschiedenen Arten des Empfangs und der Synchronisierung durchzuführen.

Beim Punkt A 2 wurde zunächst die Aufgabe der Festlegung der in der Tonfrequenztelegraphie zu benutzenden Trägerfrequenzen in Angriff genommen, da diese Frage für die Weiterentwicklung der Wechselstromtelegraphie von ausschlaggebender Bedeutung ist. Von den verschiedenen Verwaltungen wurden die nachfolgenden Frequenzreihen vorgeschlagen:

Deutschland: $f = 420 + (n - 1) \cdot 120$,
England: $f = 425 + (n - 1) \cdot 170$,
Frankreich: $f = 285 + (n - 1) \cdot 190$.
(n Zahl der Wellen.)

Der Frequenzabstand ist in erster Linie bedingt durch die auf den Wellen zu übertragende Telegraphiergeschwindigkeit. Ein Abstand von 120 Hz, wie er von deutscher Seite vorgeschlagen wurde, genügt, um die zukünftige Telegraphierschreibmaschine, den Springschreiber, mit großer Sicherheit arbeiten zu lassen, und ist zugleich so groß gewählt, daß auch die wichtigsten der heute noch im Betrieb befindlichen Telegraphenapparate bis zu einer Telegraphiergeschwindigkeit von 66 Bauds (4fach-Baudot mit 22 Kontakten und 180 U/min) betrieben werden können.

Die englische Verwaltung hat das von den Amerikanern benutzte Frequenzschema vorgeschlagen, das damals für den Betrieb eines 3fach-Western-Union-Vielfach-Apparates gedacht war.

Der französische Vorschlag, einen Frequenzabstand von 190 Hz vorzusehen, beabsichtigt, einen 4fach-Baudot-Apparat mit erhöhter Geschwindigkeit im Fernkabelnetz arbeiten zu lassen.

Die Wahl des Frequenzabstandes bedingt natürlich die Zahl der auf einem gegebenen Frequenzband gleichzeitig ausnutzbaren Telegraphierwege. Es handelt sich hier also vor allem um eine Frage der Wirtschaftlichkeit des Telegraphenbetriebes. Hierzu war von deutscher Seite eine eingehende Ausarbeitung vorgelegt worden, welche sich zum Ziel setzte, die verschiedenen Möglichkeiten der Aufteilung des breiten Fernsprechfrequenzbandes für Telegraphenübertragungen zu untersuchen[2]. Das Ergebnis dieser Untersuchung war, daß für die heutige Telegraphie im Fernkabel die Vielfachausnutzung der Leitungen nicht mehr mit mechanischen Mitteln (Vielfachverteiler) sondern durch Anwendung elektrischer Mittel (Siebketten) gesucht werden sollte.

[2] Stahl, Die Ausnutzungsmöglichkeiten einer Fernkabelader für Telegraphie. Tel.- u. Fernspr.-Techn. 1929, S. 95...102.

Die für die Festlegung der Frequenzen eingesetzte Unterkommission beschloß, den deutschen Vorschlag anzunehmen, sofern bei demnächst anzustellenden Versuchen praktisch nachgewiesen werden kann, daß das deutsche System den notwendigen Spielraum bei vorkommenden Schwankungen der Betriebseigenschaften der Leitung und der Tonfrequenzapparatur auch für eine Telegraphiergeschwindigkeit von 66 Bauds läßt.

Zu A 3 a. Die Frage der Vereinheitlichung des Telegraphenapparates, welche die Schaffung eines Einheitsalphabets einschließt, ist zweifellos eine der wichtigsten Aufgaben des CCIT. Bei den Erörterungen im Jahre 1926 wurde in bezug auf diesen Punkt bereits folgende Entschließung gefaßt:

Der zu schaffende Einheitstelegraphenapparat soll mit dem Fünferalphabet arbeiten, u. zw. soll das Baudot-Alphabet benutzt werden und daran nicht mehr Änderungen als technisch unbedingt erforderlich angebracht werden. Das Baudotalphabet unterscheidet sich nun von den neueren Fünferalphabeten (Siemens, Murray) vor allem darin, daß die Zuordnung der Zahlen zu den Buchstaben nicht derart ist, daß die Zahlen 1 bis 0 auf der obersten Tastenreihe q w e r t y u i o p zu liegen kommen, sondern über das ganze Tastenfeld verstreut liegen[3].

Um die Zahlen auf eine Reihe legen zu können, gibt es nun drei Wege:

1. Man benutzt eine vierreihige Tastatur, bei welcher die Zahlen als eine zusätzliche vierte Reihe über dem Buchstabenfeld angeordnet werden.

2. Man kann eine dreireihige Tastatur behalten, wenn durch eine besondere Umschaltvorrichtung beim Geben des Zahlenwechsels die obere Tastenreihe eine andere Art von Kombinationen auslöst (Booth-Willmott-Locher).

3. Schließlich kann die Zuordnung der Zahlen zu den Buchstaben im Baudot-Alphabet so geändert werden, daß von einer normalen dreireihigen Tastatur gegeben werden kann.

Bei der Erörterung dieser Fragen stellten sich zwei Forderungen als unabweisbar heraus. Einerseits sollte für das am Baudot-Handsender ausgebildete Personal, welches das Baudot-Alphabet gewissermaßen in den Fingern hat, ein Umlernen vermieden werden; anderseits konnte man bei dem neuen Telegraphenapparat von einer dreireihigen Tastatur ohne mechanische Umschalteinrichtung nicht abgehen. So gab es keine andere Lösung, als zwei Einheitsalphabete vorzuschlagen.

Das ursprüngliche Baudot-Alphabet soll als „Alphabet International Nr. 1" an allen mit Hand- oder Lochstreifensendern arbeitenden Vielfachsystemen benutzt werden.

Für den Betrieb von Springschreiberapparaten (Start-Stop) wurde ein „Alphabet International Nr. 2" vorgeschlagen, das vom Baudot-Code abgeleitet wurde und welches das Arbeiten an einer dreireihigen Tastatur gestattet. Die beiden Alphabete sind in nachstehender Tafel einander gegenübergestellt.

Alphabet international Nr. 1.

Nr.	Buchstabe	Zeichen	Kombination 1	2	3	4	5
1	A	1	—	+	+	+	+
2	B	8	+	+	—	—	+
3	C	9	—	+	—	—	+
4	D	0	—	—	—	—	+
5	E	2	+	—	+	+	+
6	É	*)	—	—	+	+	+
7	F	*)	+	—	—	—	+
8	G	7	+	—	+	—	+
9	H	*)	—	—	+	—	+
10	I	*)	+	—	—	+	+
11	J	6	—	+	+	—	+
12	K	(	—	+	+	—	—
13	L	=	—	—	+	—	—
14	M	)	+	—	+	—	—
15	N	No	+	—	—	—	—
16	O	5	—	—	—	+	+
17	P	%	—	—	—	—	—
18	Q	/	—	+	—	—	—
19	R	—	+	+	—	—	—
20	S	;	+	+	—	+	—
21	T	!	—	+	—	+	—
22	U	4	—	+	—	+	+
23	V	'	—	—	—	+	—
24	W	?	+	—	—	+	—
25	X	,	+	—	+	+	—
26	Y	3	+	+	—	+	+
27	Z	:	—	—	+	+	—
28	T	.	—	+	+	+	—
29	*	*	+	+	+	—	—
30	Buchstabenblank		+	+	+	+	—
31	Zeichenblank		+	+	+	—	+

— Arbeitstrom + Trennstrom *) Frei wählbar für den Inlandbetrieb.

[3] Das Baudot-Alphabet wurde zu einer Zeit geschaffen, als noch niemand die kommende Schreibmaschine ahnen konnte.

Alphabet international Nr. 2.

Nr.	Buchstabe	Zeichen		Kombinaton 1	2	3	4	5
1	A	:		—	+	+	+	+
2	B	?		+	+	—	—	+
3	C	(		—	+	—	—	+
4	D	,		—	—	—	—	+
5	E	3		+	—	+	+	+
6	F	/		+	—	—	—	+
7	G		*)	+	—	+	—	+
8	H	+		—	—	+	—	+
9	I	8		+	—	—	+	+
10	J	Glocke		—	+	+	—	+
11	K		*)	—	+	+	—	—
12	L	=		—	—	+	—	—
13	M	,		+	—	+	—	—
14	N	—		+	—	—	—	—
15	O	9		—	—	—	+	+
16	P	0		+	+	+	—	—
17	Q	1		—	+	—	—	—
18	R	4		+	+	—	—	—
19	S		*)	+	+	—	+	—
20	T	5		—	+	—	+	—
21	U	7		—	+	—	+	+
22	V	)		—	—	—	+	—
23	W	2		+	—	—	+	—
24	X		*)	+	—	+	+	—
25	Y	6		+	+	—	+	—
26	Z	.		—	—	+	+	—
27	Buchstabenblank			+	+	+	+	—
28	Zeichenblank			+	+	+	—	+
29	Irrung Löschung der Fehler**)			—	—	—	—	—
30	Ruhestrom			+	+	+	+	+
31	Wagenrücklauf mit Zeilenwechsel **)			—	—	+	+	+
32	Zeilenwechsel**)			—	+	+	+	—

— Arbeitstrom + Trennstrom

*) Frei wählbar für den Inlandbetrieb **) Für den Blattdrucker.

Zu A 3 b. Der Gleichlauf von Vielfachapparaten soll durch besondere Stromschritte (Baudot-Synchronisierung) aufrecht erhalten werden. Es sollen nur noch drei Arten von Verteilern benutzt werden, die 12kontaktige Scheibe für den zweifach Dx-Betrieb, die 17kontaktige Scheibe für den dreifach Dx-Betrieb und die 25kontaktige Scheibe für den vierfach absatzweisen oder Gegensprechbetrieb. Die normale Geschwindigkeit des Vielfachapparates soll 180 U/min betragen, die für Lochstreifensendung auch auf 210 U/min erhöht werden kann. Die Geschwindigkeit des Start-Stop-Apparates soll so bemessen werden, daß seine Telegraphiergeschwindigkeit 50 Bauds beträgt. Der Ruhestrom auf der Leitung soll positiver Strom, der Anlaufstrom des Start-Stop-Apparates negativer Strom sein. Die Länge der Start- und Stop-Stromschritte soll so bemessen werden, daß der Empfangsapparat mit sieben gleich langen Stromschritten arbeiten kann. Damit sind bereits eine große Zahl von wichtigen Festlegungen für die Entwicklung eines einheitlichen Telegraphenapparates gegeben.

Zu A 4: Die schon in der ersten Tagung des CCIT festgelegten Bedingungen für die gleichzeitige Benutzung von Fernkabeln für Telephonie und Telegraphie sind dem neuesten Stande der Technik entsprechend erweitert worden. Dabei ergaben sich neue Fragen, welche den Verwaltungen zu weiterem Studium aufgegeben wurden.

Zu A 5: Die Erörterung der Methoden der elektrischen Bildübertragung ergab eine weitgehende Übereinstimmung hinsichtlich der Anforderungen dieses Nachrichtenmittels an die Leitungen. Für die Bildübertragungsapparatur selbst wurden Arbeitsmoduln festgesetzt, die aus dem Produkt der Rasterfeinheit (Zahl der Linien auf 1 mm) und des Trommeldurchmessers in mm gebildet werden. Um den verschiedenen Bedürfnissen gerecht werden zu können, wurde für Rundfunkbildübertragung ein Modul von 176, für einfache photographische Übertragung ein Modul von 264 und für hochwertige Zeitungsübertragungen ein Modul von 396 festgelegt. Apparate, welche denselben Arbeitsmodul benutzen, können unverzerrte Bilder aufeinander übertragen. Die Festlegung der Geschwindigkeit der Bildapparate hängt ab von der Art der Synchronisierung und der Konstruktion des Apparates. In diesem Punkt konnte noch keine völlige Klärung herbeigeführt werden: eine besondere Unterkommission wird diese Frage möglichst bald zu einer Lösung bringen.

Zu A 6 wurden zunächst die deutschen Vorschriften für den Schutz der Telegraphenleitung gegen den Einfluß von Starkstromleitungen als Grundlage genommen, welche in dauerndem Zusammenarbeiten mit der Starkstromindustrie weiter ausgebaut werden sollen.

Die Punkte A 7 und A 8 ergaben keine wesentlichen Vorschläge.

Die Frage B 1 wurde einem besonderen Unterausschuß zum Studium übertragen.

Für die Festlegung eines Dienstcodes wurde unter B 2 beschlossen, die Zeitangabe der Telegrammauflieferung nicht abzukürzen, aber für die Bezeichnung der Bestimmungsanstalten in unmittelbarem Zusammenwirken der beteiligten Länder Abkürzungen zu schaffen. Für eine Reihe von im Betriebsdienst häufig vorkommenden Redewendungen sind Abkürzungstafeln aufgestellt worden, die zunächst versuchsweise im Betriebe erprobt werden sollen.

Zu B 3. Eine Reihe von Vorschriften sind für die Benutzung des Laufnummernverfahrens gegeben worden.

Zu B 4: Es wurde beschlossen, die beim Beratenden Ausschuß für Telephonie (CCI) in Arbeit befindliche Buchstabiertafel nach Fertigstellung auch im Telegraphenbetrieb zu benutzen.

Zu C: Die Fragen der Organisation des CCIT wurden von den Führern der Delegationen unter Beteiligung des Berner Welttelegraphenbüros eingehend erörtert. Da die vorgeschlagene Schaffung eines besonderen Büros, in ähnlicher Weise wie es beim CCI der Fall ist, in der Vollzugsordnung des Welttelegraphenvereins zunächst nicht vorgesehen ist, werden die Vorsitzenden der verschiedenen Kommissionen ermächtigt, ihre Unterkommissionen je nach dem Stande der Arbeiten zu Besprechungen zusammenzurufen. Die deutsche Verwaltung wird die Geschäftsführung des CCIT bis zur nächsten Tagung und u. U. bis zur Madrider Tagung des Welttelegraphenvereins in Händen haben.

Dieses große Arbeitsgebiet konnte nur dadurch in verhältnismäßig kurzer Zeit zu einem befriedigenden Abschluß gebracht werden, daß für alle Aufgaben, insbesondere von den deutschen Berichterstattern, die für die meisten Fragen Hauptberichter waren, eingehende Vorarbeit geleistet wurde. Der Erfolg dieser Konferenz ist nicht allein in den sachlichen Beschlüssen zu sehen sondern liegt in nicht geringem Maße in einer weitgehenden Förderung des Verständnisses der Arbeits- und Betriebsbedingungen, unter denen die Telegraphie in den verschiedenen Ländern ihre Aufgabe zu lösen hat.

Für die nächste Tagung des CCIT, welche bereits im Herbst des nächsten Jahres stattfinden soll, ist Bern ausersehen. H. Stahl.

Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC)†.

Sitzungen in London, Juli 1929.

(Bericht des Deutschen Nationalen Kommittees der IEC.)

Zur Vorbereitung der im Juni 1930 in Skandinavien stattfindenden Volltagung der IEC wurden Anfang Juli d. J. einige Arbeitsausschußsitzungen abgehalten, über deren Ergebnis nachstehend kurz berichtet werden soll:

I. Fachgruppe 9: Bahnmotoren.

Es wurden die zu den Ergebnissen und Anregungen der Bellagio-Tagung eingegangenen Antworten der verschiedenen Nationalen Kommittees durchgesprochen. Die nachstehenden Ergebnisse stellen keine Beschlüsse dar sondern nur Anregungen für die Stockholmer Tagung.

1. Zunächst wurde als einmütige Auffassung der Anwesenden festgestellt, daß großer Wert darauf gelegt wird, mit der Union internationale des Chemins de fer und der International Union of Tramways zusammenzuarbeiten, um möglichst gemeinsame Regeln für alle Bahnmotoren zu schaffen.

2. Geltungsbereich der Regeln: Alle Bahnmotoren mit einer Leistung von 15 kW an aufwärts, mit Ausnahme von Motoren für Grubenlokomotiven. (Durch die Leistungsgrenze werden die Motoren kleiner, nicht auf Schienen laufender Akkumulatorenfahrzeuge ausgeschlossen, also insbesondere auch die Motoren für niedrigere Spannungen.)

3. Isolierfestigkeit: In Bellagio war vorgeschlagen worden Prüfspannung gleich $2\,U + 1000$ mit mindestens 2500 V. Frankreich beantragte, mit Rücksicht auf

† Vgl. ETZ 1928, S. 161.



die noch weitergehenden Wünsche der Bahnvertreter als Kompromiß $2{,}5\,U + 1000$ mit mindestens 3000 V. Auch Amerika wünscht in Übereinstimmung mit der dortigen Praxis mindestens 3000 V. Nach längerer Erörterung einigte man sich auf folgenden Vorschlag, der den Nationalen Kommittees zur Stellungnahme unterbreitet werden soll:

Prüfspannung $2\,U + 1500$, ohne Festsetzung einer besonderen Mindestspannung. (Die Formel gibt für 500 V die in Bellagio angenommene Mindestspannung von 2500 V.) Die Isolationsprobe soll an der warmen Maschine nach der Schleuderprobe vorgenommen werden.

4. Isolationswiderstand: Nur England und Italien hatten Vorschläge vorgelegt, acht andere Kommittees erklärten die Probe für nicht erforderlich. Es soll daher vorgeschlagen werden, sie nicht in die Regeln aufzunehmen.

5. Kommutierungsproben.

a) Motoren ohne Feldregelung. Die in Bellagio aufgestellte Regel findet grundsätzlich allgemeine Zustimmung. Sie soll dahin ergänzt werden, daß für beide Drehrichtungen dieselbe Bürstenstellung beibehalten wird; außerdem soll durch eine Fußnote der Begriff, „ohne dauernden Schaden am Kommutator" näher erläutert werden.

b) Motoren mit Feldschwächung. Die Vorschläge verschiedener Nationaler Kommittees stimmen dahin überein, daß die Probe bei Nennspannung je 30 s lang in jeder Richtung vorgenommen werden soll, bei schwächstem Feld. Hierbei soll die Stromstärke betragen nach dem Vorschlag von Belgien etwa $1{,}30\,J_{st}$, Polen $1{,}5\,J_{st}$, Schweden $(1{,}5 \ldots 1{,}75)\,J_{st}$, Frankreich $2{,}0\,J_{st}$, wo J_{st} der Stundenleistungsstrom ist. Österreich schlägt vor, den Strom zu wählen, der bei geschwächtem Feld die Stundenleistung ergibt. Alle diese Vorschläge sollen den Nationalen Kommittees unterbreitet werden.

c) Motoren mit Nutzbremsung (Stromrückgewinnung). Deutschland und Österreich hatten vorgeschlagen:

60 s bei $1{,}50\,U$ mit 1,0fachem Stundenstrom

Frankreich und England:

60 s bei $1{,}25\,U$ mit 1,5fachem Stundenstrom.

Hierbei sollen nach dem französischen Vorschlag die Motoren mit schwächstem Feld erregt sein. England hatte einen besonders gefaßten Vorschlag vorgelegt; Deutschland und Österreich hatten ferner darauf hingewiesen, daß eine besondere Probe nicht erforderlich erscheint, wenn beim Bremsen mehr Motoren in Reihe geschaltet sind als beim Fahren im Nennbetrieb.

Alle diese Vorschläge sollen den Nationalen Kommittees zur Äußerung vorgelegt werden mit der Bitte um Bekanntgabe von Versuchsergebnissen. Es wird zugleich empfohlen, daß als Bezugsspannung U die beim Rückarbeiten am Motor auftretende Spannung gewählt werden soll, daß der Versuch selbst aber der Einfachheit halber nicht im Generatorbetrieb sondern im Motorbetrieb ausgeführt werden soll.

d) Kommutierung bei Nennstrom und erhöhter Spannung (Spannungsschwankungen im Betriebe). Die deutschen Regeln R.E.B. verlangen den Betrieb bei einer um etwa 13,4 % höheren Spannung, verschiedene Nationale Kommittees halten + 10 % für ausreichend. England schlägt + 25 % vor, Amerika + $33^1/_3$ %.

Als Grundlage für eine Einigung soll den Nationalen Kommittees eine Erhöhung um 25 % vorgeschlagen werden, u. zw. für Gleichstrommotoren, für Einphasenmotoren dagegen gemäß einem amerikanischen Vorschlag nur + 10 %.

e) Einphasenmotoren: Kommutierung bei Nennspannung und Überstrom. Es wurde vorgeschlagen von

Deutschland und Österreich	2 min	mit	1,5 Stundenstrom
Amerika	1 „	„	1,6 „
Frankreich	1 „	„	1,75 „

Als Kompromiß wird den Nationalen Kommittees der amerikanische Vorschlag zur Annahme empfohlen.

f) Motoren, die immer zu zwei oder mehr in Reihe geschaltet sind. Soweit hier Vorschläge gemacht worden sind, weichen sie außerordentlich voneinander ab, u. zw. in der Spannung von 1,33 ... 1,6 × Nennspannung, im Strom von 0,60 ... 2,5 × Stundenstrom (letzte Zahl vielleicht Druckfehler). Diese Vorschläge sollen den Nationalen Kommittees vorgelegt werden.

g) Schleuderprobe. Diese Frage löste eine sehr eingehende Erörterung aus, die schließlich zu folgendem Vorschlage führte.

α) Wenn die höchste Betriebsdrehzahl bekannt ist (z. B. im Eisenbahnbetrieb), so soll die Schleuderdrehzahl auf diese bezogen werden, u. zw. soll sie das $x$fache der höchsten Betriebsdrehzahl betragen. Da bei Fahrzeugen mit geringer Fahrgeschwindigkeit die Möglichkeit einer Geschwindigkeitsteigerung verhältnismäßig größer ist als bei Fahrzeugen mit an sich schon hoher Geschwindigkeit, so soll der Faktor x mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit fallend gewählt werden. Es wird hierfür vorgeschlagen $x = \frac{v + k}{v}$, wo v die höchste Geschwindigkeit des Fahrzeuges in km/h ist. Die Konstante k wird etwa zwischen 10 und 15 km/h zu wählen sein. (Bei $k = 10$ ergibt sich bei $v = 40$ km/h der in den REB vorgesehene Wert $x = 1{,}25$, bei $k = 15$ liegt er bei einer Fahrzeughöchstgeschwindigkeit von $v = 60$ km/h.)

β) Wenn in der Bestellung die Höchstgeschwindigkeit des Fahrzeuges nicht angegeben ist, so soll zunächst versucht werden, sie zu ermitteln. Es ist dann wie vorstehend zu verfahren. Ist diese Bestimmung nicht möglich, so soll der Hersteller die höchste Drehzahl angeben, für die der Motor gebaut ist. Die Schleuderdrehzahl ist dann auf diese zu beziehen. Faktor $x = ?$

Die Nationalen Kommittees sollen sich zu diesen Vorschlägen äußern.

h) Kommutierung für Halblast. Der französische Vorschlag, eine Kommutierungsprobe vorzusehen bei halbem Stundenstrom. 1,10facher Spannung und bei gewöhnlichen Motoren mit vollem Feld, bei Motoren mit Feldregelung bei schwächstem Feld, soll den Nationalen Kommittees zur Äußerung vorgelegt werden.

i) Nach Klärung der Einzelfragen unter a) bis h) sollen die angenommenen Kommutierungsproben einheitlich zusammengefaßt werden, wofür im Rahmen ein französischer Vorschlag vorliegt.

6. Bestimmung der Erwärmung. Es wird angeregt, eine nähere Angabe zu machen, wie die Lagererwärmung bestimmt werden soll.

Es wird ferner darauf hingewiesen, daß es gelegentlich der Bellagio-Tagung übersehen worden ist, die in New York von Amerika und Deutschland gegebene Anregung zur Erörterung zu stellen (s. RM 43), wonach für vollständig gekapselte Motoren um 10° höhere Erwärmungen zugelassen werden sollten als für ventilierte Motoren. Dieser Vorschlag soll nunmehr zur Erörterung gestellt werden.

Schließlich soll außer der grundlegenden Formel für die Beziehung zwischen warmem und kaltem Widerstand

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{t_2 + 234{,}5}{t_1 + 234{,}5}$$

noch eine Formel für die hieraus sich errechnende Erwärmung angegeben werden (wie sie z. B. in den R.E.M. enthalten ist).

II. Fachgruppe 2: Bewertung von elektrischen Maschinen.

(Advisory Committee Nr. 2 on Rating of electrical machinery.)

Vorsitz: Prof. Feldmann.

1. Die Niederschrift RM 52 der Bellagio-Tagung wurde mit einigen kleinen redaktionellen Änderungen genehmigt.

2. Einwände gegen die in Bellagio angenommene Fassung der Publication 34 (dritte Ausgabe der IEC-Regeln für Maschinen und Transformatoren).

a) Französische Anregung: Die früher in den Regeln enthalten gewesene Zusammenstellung der in einem Angebot zu machenden Angaben soll in die vierte Ausgabe wieder mit aufgenommen werden. Angenommen.

b) Ziffer 220c der Regeln fordert für Asynchronmotoren ein Kippmoment von mindestens 1,75 × Nennmoment, jedoch mit der Einschränkung, daß für Motoren mit außergewöhnlich niedriger Drehzahl oder für hohe Frequenz besondere Vereinbarung zu treffen ist.

Es wurde beanstandet, daß diese Fassung zu unbestimmt sei. Hiergegen wurde vorgeschlagen:

Frankreich: 1,50 × Nennmonat ohne Einschränkung.

Deutschland (entsprechend R.E.M.): 1,60 × Nennmoment ohne Einschränkung.

Vorsitzender: 1,75 × Nennmoment, aber eine klarere Fassung der Einschränkung besonders hinsichtlich Festsetzung einer Leistungsgrenze, unterhalb deren der Faktor 1,75 gemäß besonderer Vereinbarung vermindert werden solle.

Vom deutschen Vertreter wurde hiergegen geltend gemacht, daß es voraussichtlich kaum möglich sein würde, eine für den praktischen Gebrauch geeignete einfache Festlegung einer Leistungsgrenze zu finden.

Es wurde ein Unterausschuß (Vertreter von Holland, Frankreich, Belgien) beauftragt, einen Vorschlag auszuarbeiten. Er schlug vor, die Leistungsgrenze für Anwendung des Faktors 1,75 festzusetzen, in Abhängigkeit von der Polzahl $2p$ nach der Formel

$$N \geq \frac{1}{2}(2p) + \frac{1}{70}(2p)^3$$

Vom deutschen Vertreter wurde darauf hingewiesen, daß die komplizierte Form dieser Beziehung die von ihm geäußerte Befürchtung zu bestätigen geeignet sei. Er empfehle zu untersuchen, ob sich nicht eine einfache Beziehung in Abhängigkeit von der Polteilung der Maschine finden ließe.

Diese Vorschläge sollen den Nationalen Kommittees zur Äußerung vorgelegt werden für die vierte Ausgabe. In der dritten Ausgabe soll die bisherige Fassung beibehalten werden mit einem Hinweis, daß weiteres in Vorbereitung sei.

c) Isolierfestigkeit
(Tabelle III der Publ. 34).

Es war Einspruch dagegen erhoben worden, daß als Prüfspannung einer Erregermaschine dieselbe vorgeschrieben werde wie für das Feld der Synchronmaschine. In der Erörterung wurde festgestellt, daß sich diese Bestimmung nur auf Erregermaschinen von Generatoren (also auf Reihe 4 der Tabelle III) bezieht, nicht aber auf solche von Synchronmotoren oder Einankerumformern, die von der Drehstromseite aus angelassen werden.

Amerika beantragt als Prüfspannung $2U + 1000$, wo U die Nennerregerspannung bedeutet.

England beantragt Beibehaltung der bisherigen Fassung. Abstimmung: 6 für englischen, 5 für amerikanischen Vorschlag.

Es wird daher beschlossen, in die dritte Ausgabe für die Erregermaschinen einzusetzen „noch nicht entschieden".

Für die Prüfspannung der Feldwicklungen von Synchronmotoren und Einankerumformern (Reihe 5 und 6) wird von Belgien vorgeschlagen als einheitliche Regel für alle verschiedenen Anlaßbedingungen: $2U + 1000$, wo U die beim Anlassen an den Klemmen der Erregerwicklung auftretende induzierte Spannung ist. Von deutscher Seite wurde die Berechtigung dieses Standpunktes zwar grundsätzlich anerkannt, aber auf die Schwierigkeit hingewiesen, die sich einer solchen Bestimmung in der Praxis entgegenstellen würde, weil die Prüfspannung erst nach Fertigstellung der Maschine ermittelt werden könnte, denn die dämpfende Wirkung des Polrades (Spulenkästen usw.) könne erst durch Messung an der fertigen Maschine festgestellt werden. Die richtige Bemessung und Herstellung der Maschinen verlange aber, daß die anzuwendende Prüfspannung von vornherein eindeutig festgelegt sei.

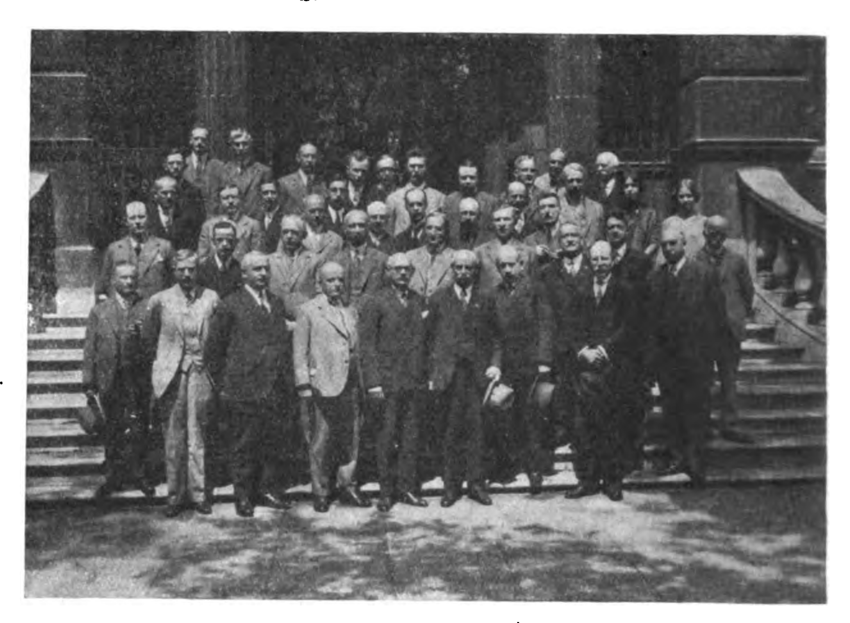
Es wurde beschlossen, für die dritte Ausgabe die bisherige Fassung beizubehalten und den belgischen Vorschlag den Nationalen Kommittees zur Prüfung für die vierte Ausgabe der IEC-Regeln vorzulegen mit dem Ersuchen, die Frage möglichst unter Vorlegung von Versuchsergebnissen zu klären.

d) Erwärmung von Öltransformatoren.

Auf eine holländische Anregung hin soll eine Angabe eingefügt werden, daß die Öltemperatur an der Oberfläche gemessen werden soll. Die Wortfassung soll der Redaktionsausschuß festsetzen.

Amerika erhob Einspruch gegen die in Bellagio angenommenen Grenzerwärmungen, die um 5° zu hoch seien. Holland und die Schweiz beanstandeten die Differenz von 10° zwischen Wicklung und Öl nach ihren Erfahrungen als zu gering und wünschten Erhöhung auf 15°; hierzu verlangte Holland Herabsetzung der Ölerwärmung um 5°, die Schweiz dagegen Heraufsetzung der Wicklungserwärmung um 5°.

Von deutscher Seite wurde darauf hingewiesen, daß man in solchen Fällen, wo die Differenz von 10° nicht ausreichen würde, die Ölerwärmung niedriger halten müsse, um die Grenzerwärmung für die Wicklung einhalten zu können, daß also diese Frage sich von selbst erledige. Da die beiden Vorschläge in entgegengesetzter Richtung gingen, so wurde auf deutschen Antrag hin beschlossen, an dem in Bellagio erzielten Kompromiß festzuhalten. Hiergegen stimmte nur Amerika. Der Vorsitzende wies darauf hin, daß es einem Nationalen Kommittee, das für seine Bedürfnisse eine IEC-Bewertung nicht annehmen könne, nach Ziffer 204 bzw. 304 ermöglicht sei, neben der IEC-Bewertung noch eine den eigenen Bedürfnissen entsprechende nationale Bewertung (National Rating) zu führen.



Untere Reihe, Vierter von links: Prof. Kloß (Deutschland). Daneben nach rechts: Prof. Feldmann (Holland), Präsident der IEC, Mailloux (U.S.A.). Dritte Reihe, links: Dr. Kade (Deutschland). Oberste Reihe in der Mitte (Fünfter von links): Le Maistre, Generalsekretär der IEC in London.

Tagung der Fachgruppe 2: „Elektrische Maschinen" in London vom 10.—12. Juli 1929.

Aus Anlaß eines holländischen Antrages auf Wiederherstellung des früheren Wortlautes der auf die Tafel der Grenzerwärmungen hinweisenden Bemerkung (Wiedereinführung der Worte „in any of its parts") wurde die Frage erörtert, ob es als unzulässig anzusehen sei, wenn in einer Transformatorwicklung, deren Erwärmung, aus der Widerstandszunahme ermittelt, innerhalb der Grenzerwärmung liege, der zwischen Anzapfungen liegende Wicklungsteil, für sich gemessen, eine höhere Erwärmung ergäbe. Von deutscher Seite wurde der Standpunkt vertreten, daß dies nicht ohne weiteres als unzulässig zu bezeichnen sei, weil ja durch die Widerstandsmethode anerkanntermaßen eine „mittlere" Temperatur bestimmt werde, wobei es also natürlich sei, daß einige Teile der Gesamtwicklung wärmer werden als diesem Mittelwert entspräche, insbesondere z. B. die in der oberen heißen Ölschicht liegenden Wicklungsteile. Es sei widersinnig, diese höhere örtliche Erwärmung zuzulassen, wenn sie nicht besonders nachgewiesen werden könne, sie dagegen zu beanstanden, wenn sie durch Vorhandensein von Anzapfungen meßbar werde. Der Ausschuß schloß sich dieser Auffassung an und beschloß daher, den neuen Wortlaut der einleitenden Bemerkung beizubehalten.

e) Erwärmung von Maschinen.

Diese Frage nahm den breitesten Raum in der dreitägigen Erörterung ein. Zu ihrer Klärung wurde ein Unterausschuß eingesetzt (Everest-England, Kloß-Deutschland, Robinson-Amerika und Roth-Frankreich), der in drei Sondersitzungen verschiedene Vorschläge ausarbeitete.

Es war zunächst sowohl von Amerika als auch von Frankreich bezweifelt worden, ob die in die dritte Ausgabe eingesetzten Werte der Grenzerwärmungen in allen Punkten den in New York und Bellagio gefaßten Beschlüssen entsprächen. Auf Grund einer Einzelnachprüfung aller Zahlen im Unterausschuß überzeugten sich die Vertreter Amerikas und Frankreichs, daß alle Zahlen formell richtig eingesetzt waren, vorausgesetzt, daß man die bei

normalen Maschinen (bis 750 kVA) nach den alten Regeln zugelassenen Zuschläge von je 5° für Wicklungen mit geringem Widerstand und für einlagige Feldspulen auch ohne weiteres für die an sich schon um 5° höher gesetzten Wicklungen der großen Maschinen zuläßt. Man einigte sich auf Vorschlag des Unterausschusses dahin, bei den großen Maschinen für einlagige Feldwicklungen (Thermometermessung) dieselbe Erwärmung (also ohne Zuschlag von 5°) zuzulassen wie für Feldwicklungen mit geringem Widerstand, nämlich 60°, das ist also derselbe Wert, der für andere Wicklungen der großen Maschinen bei Widerstandsmessung zugelassen ist. Die Vertreter Amerikas und Frankreichs sagten zu, sich bei ihren Nationalen Kommittees für Annahme dieser Werte einzusetzen.

Von Frankreich lag ferner ein Einspruch dagegen vor, daß die in New York nur für große Wechselstrommaschinen angenommenen erhöhten Erwärmungen nach der vom Unterausschuß in Bellagio zusammengestellten Tabelle auch für große Gleichstrommaschinen gelten sollen. Der Vertreter Frankreichs erklärte, daß es sich hierbei nicht um sachliche Bedenken handle, sondern nur um einen formellen Einspruch, weil ein ausdrücklicher Beschluß in diesem Sinne in Bellagio nicht gefaßt worden sei. Vom Vorsitzenden des Unterausschusses wurde geltend gemacht, daß dieser sich zu der Ausdehnung der Tafel II auf Gleichstrommaschinen für berechtigt erachtet hätte, weil er keinen Grund einsehen könne, warum die für die Erhöhung der Grenzerwärmungen für große Wechselstrommaschinen angegebene Begründung, daß sie „unter besonders regelbaren Betriebsbedingungen" (under controlled conditions) laufen, nicht ebenso auf große Gleichstrommaschinen zutreffe. Die Vertreter Frankreichs und Amerikas sicherten auch hier zu, sich für Anerkennung dieses von den übrigen Nationalen Kommittees ausdrücklich gebilligten Standpunktes bei ihren Kommittees einzusetzen.

Von Amerika und Polen waren Anträge eingegangen, die beiden jetzt für kleine und für große Maschinen getrennten Erwärmungstafeln I und II in eine gemeinsame Tafel zusammenzuziehen. Dabei wollte Polen in Unterstützung der früher von Deutschland und von der Schweiz gestellten Anträge auf Herabsetzung der Umgebungs-Bezugstemperatur von 40° auf 35° die Grenzerwärmungen auch der kleinen Maschinen um je 5° erhöht sehen, so daß dann also kein Unterschied mehr in der Größe der Maschinen gemacht zu werden brauchte.

Der Unterausschuß, der mit der Bearbeitung dieser Frage betraut wurde, legte den Entwurf einer für große und kleine Maschinen gemeinsamen Tafel vor und machte zugleich auf englische Anregung hin, um die immer wiederkehrenden Anträge auf Änderung der Umgebungs-Bezugstemperatur von 40° auf 35° zu vermeiden, den Vermittlungsvorschlag, daß für die kleinen Maschinen als normal die bisherigen Grenzerwärmungen (entsprechend 40° Umgebungstemperatur) beibehalten werden sollen, daß aber außerdem für sie ebenfalls um 5° erhöhte Grenzerwärmungen zugelassen werden sollen, vorausgesetzt, daß sie u n t e r b e s o n d e r s f e s t g e l e g t e n Betriebsbedingungen („under selected conditions") laufen, so daß die von der IEC festgesetzten Grenz t e m p e r a t u r e n keinesfalls überschritten werden. Diese „besonderen Bedingungen" sollten dann ausdrücklich auf dem Schilde gekennzeichnet werden.

Hiermit ergab sich für die vom Unterausschuß vorgeschlagene Tafel der Grenzerwärmungen folgende Form:

Entwurf des Unterausschusses. Einheitliche Tafel als Ersatz für Tafel I und II.

	Grenzerwärmungen für	Klasse A				Klasse B			
		Thermometer	Widerstand	Eingb. Wd.-Therm. zwischen 2 Schichten	Eingb. Wd.-Therm. außerhalb d. Spule	Thermometer	Widerstand	Eingeb. Wd.-Therm. zwischen 2 Schichten	Eingeb. Wd.-Therm. außerhalb d. Spule
1	Wechselstrom-Ständerwicklungen von 5000 kVA aufwärts	—	—	60	55	—	—	80	70
	Wechselstrom-Ständerwicklungen unter 5000 kVA und über 750 kVA, einschließlich aller Turbos unter 5000 kVA	55	60	—	—	70	80	—	—
2	Feldwicklungen in Volltrommelläufern . .	—	—	—	—	—	90	—	—
	Feldwicklungen aller andern Wechselstrommaschinen über 750 kVA	55	60	—	—	70	80	—	—
3	Gleichstrommaschinen über 750 kW, Feld- und Ankerwicklungen	55	60	—	—	70	80	—	—
4	Wechselstrom- und Gleichstrommaschinen bis zu 750 kVA. Feld- und Ankerwicklung	50	55	—	—	65	75	—	—
5	Wechselstrom- und Gleichstrommaschinen bis zu 750 kVA für besonders festgelegte Betriebsbedingungen (s. Ziffer . . .). Feld- und Ankerwicklungen	55	60	—	—	70	80	—	—

Die Bestimmung, daß für Maschinen mit mehr als 7000 V die Grenzwerte um je 1,5° herabgesetzt werden sollen für je 1000 V über 7000, soll für alle Maschinen gelten.

Die Tafel enthält zunächst nur die hauptsächlichsten Angaben. Sie müßte noch ergänzt werden durch die Sonderangaben für einlagige Feldspulen, Kommutatoren und Schleifringe, Eisenkerne, dauernd kurz geschlossene Wicklungen, Lager.

Zugleich mit dieser Tafel wurde vom Unterausschuß ein vom deutschen Vertreter ausgegangener Antrag vorgelegt, in Ziffer 202 b hinter die Worte: „Mangels anderer Angabe wird angenommen, daß die Kühllufttemperatur 40° nicht übersteigt." einzufügen:

„Falls Angaben vorliegen, daß die Umgebungstemperatur den Wert von 35° nicht übersteigt, s. Ziffer 209."

In Ziffer 209 wäre dann einzufügen:

„Die Erwärmungen in der Tafel Reihe 1—4 gelten für eine Umgebungstemperatur bis zu 40° (s. Ziffer 202 b).

Wenn Angaben vorliegen, daß die Umgebungstemperatur nicht über 35° beträgt, so können für Maschinen bis 750 kVA die Grenzerwärmungen zugelassen werden, wie in Reihe 5 für Maschinen, die unter besonders festgelegten Bedingungen (selected conditions) laufen. In solchem Falle soll aber die Umgebungs-Bezugstemperatur von 35° ausdrücklich auf dem Schild angegeben werden."

Nach einer längeren Erörterung dieser Vorschläge stellte der Vorsitzende die Frage zur Abstimmung, ob für die kleinen Maschinen „unter besonders festgelegten Betriebsbedingungen" (under selected conditions) die Grenzerwärmungen um 5° erhöht als zulässig anerkannt werden sollten. Es stimmten: Deutschland, Österreich, Schweiz, England, Polen, Tschechoslowakei dafür, Holland, Italien und Belgien dagegen, während die Vertreter Frankreichs, Amerikas und Schwedens keine Erklärung ohne nochmalige Befragung ihrer Kommittees abgeben wollten.

In Übereinstimmung mit einer in der Erörterung von Amerika gegebenen Anregung wurde auf deutschen Antrag hin beschlossen: Der Unterausschuß (s. o.) soll den in Reihe 5 des Entwurfs der Erwärmungstafel enthaltenen Vorschlag nochmals eingehend prüfen und als Unterlage für die Verhandlungen in Stockholm (1930) begründete Vorschläge ausarbeiten; gleichzeitig sollen auch solche für die Behandlung von Maschinen für t r o p i s c h e s K l i m a vorgelegt werden.

Der Unterausschuß wird diese Vorschläge sobald als möglich aufstellen, damit die Nationalen Kommittees hinreichend Zeit zu eingehender Prüfung bis zur Stockholmer Tagung 1930 zur Verfügung haben.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die in der vorstehenden Tabelle enthaltene Leistungsgrenze von 750 kVA nur der Kürze halber angewandt wurde und nicht als ein Aufgeben der in Bellagio von der überwiegenden Mehrheit gutgeheißenen Grenze von 2,5 kW (oder kVA) je Umdrehung/min anzusehen ist.

Abschließend wurde beschlossen: „Reihe 1—4 der gemeinsamen Tafel gelten als angenommen für die dritte Ausgabe der Publikation 34 (IEC-Regeln), vorausgesetzt, daß das französische Nationale Kommittee schriftlich noch seine Zustimmung erteilt. Die Tafel soll dann noch durch die nicht umstrittenen Reihen ergänzt werden; dabei soll bei Reihe 7 und 8 der bisherigen Tafel 1 (nicht isolierte, kurzgeschlossene Wicklungen und Eisenkerne und andere Teile, nicht in Berührung mit Wicklungen) die Zahl 70° gestrichen werden. Die endgültige Fassung der dritten Ausgabe der Regeln durch den Redaktionsausschuß soll möglichst beschleunigt werden.

f) Weitere Anregungen betr. Publ. 34. Zu Ziffer 115: Entsprechend dem vom Ausschuß für Bahnmotoren gemachten Vorschlag soll in die allgemeinen Regeln für Maschinen, Teil I, Ziffer 115, außer der grundlegenden Beziehung zwischen warmem und kaltem Widerstand

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{t_2 + 234{,}5}{t_1 + 234{,}5}$$

noch eine Formel für die hieraus sich ergebende Erwärmung eingefügt werden (wie in den R.E.M. enthalten).

Zu Ziffer 111 b. Wenn bei geschichtetem Isolationsmaterial die Temperatur in den einzelnen Lagen verschiedenen Materials gemessen werden kann, so gilt für jede Lage die für dies Material zugelassene Erwärmung, andernfalls die niedrigere Erwärmung.

Zu Ziffer 108. Es soll durch einen Zusatz klargestellt werden, daß Wicklungen in Füllmasse (compound insulated windings) als Klasse A gelten.

Zu Ziffer 113. Es soll nach dem Muster einer in den englischen Regeln enthaltenen Bestimmung empfohlen werden, an laufenden Maschinen möglichst Alkoholthermometer zu verwenden.

Zu Ziffer 213. Der Schlußsatz: „Wenn beide, Thermometer- und Widerstandsmessung verlangt werden, so soll keiner der beiden Grenzerwärmungswerte überschritten werden“, soll in der dritten Ausgabe beibehalten werden. Für die vierte Ausgabe soll aber geprüft werden, ob er als überflüssig gestrichen werden kann. Die Nationalen Kommittees sollen sich hierzu äußern.

Zu Ziffer 204 und 304 (National Rating): Der von Frankreich gestellte Antrag, die frühere Fassung (nach der New Yorker Tagung) wiederherzustellen, soll den Nationalen Kommittees zur Äußerung vorgelegt werden.

3. Prüfspannungen.

a) Die für die Prüfspannung von einpolig geerdeten Einphasenwicklungen und von verketteten Zweiphasenwicklungen von verschiedenen Nationalen Kommittees vorgeschlagenen Werte sollen den Nationalen Kommittees zur Äußerung vorgelegt werden. Für die Vorschläge sollen jedoch noch Begründungen eingereicht werden.

b) Der schon in New York und in Bellagio von Frankreich gestellte Antrag auf Herabsetzung der Mindestprüfspannung für Schleifringläufer kleiner Asynchronmotoren (unter 5 kVA) von 1000 auf 500 V wurde für die III. Ausgabe der Publikation 34 zurückgezogen. Er soll für die IV. Ausgabe nochmals zur Erörterung gestellt werden.

4. Liste der in Bellagio angenommenen Toleranzen.

(Drucksache 2 (Secretariat) 201.)

Ziffer 1. Wirkungsgrad. Für die noch ausstehenden Werte für die direkte Bestimmung hatte England vorgeschlagen:

für Generatoren und Motoren mit einem gewährleisteten Wirkungsgrad

nicht unter 0,88	Toleranz	$\frac{1}{10}(1-\eta)+0{,}005$
unter 0,88	„	$\frac{1}{10}(1-\eta)+0{,}01$
für Einankerumformer mit Transformatoren ebenso für Motorgeneratoren	„	$\frac{1}{10}(1-\eta)+0{,}005.$

Hierzu sollen sich die Nationalen Kommittees äußern.

Ziffer 2. Einzelverluste. Dasselbe gilt für die Vorschläge:

Eisenverluste bei Transformatoren:	England 1/8
„ „	Deutschland 10 %
Wicklungsverlust bei Transformatoren:	Deutschland 15 %.

Ziffer 3. Leistungsfaktor und

Ziffer 4. Blindleistung (Reactive power) lösten eine längere Erörterung aus mit folgendem einstimmig angenommenen Ergebnis:

Wenn der Leistungsfaktor gewährleistet werden soll, so beträgt die (absolute) Toleranz $\frac{1-\cos\varphi}{6}$ mit einem Mindestwert von 0,02 und einem Höchstwert von 0,07 (statt des in Bellagio beschlossenen Höchstwertes von 0,10).

Wenn die Blindleistung gewährleistet werden soll, so beträgt die (relative) Toleranz für Induktionsmotoren

$$\frac{1}{10}\cdot\frac{\sqrt{P^2+Q^2}}{P} = \frac{1}{10}\cdot\frac{1}{\cos\varphi},$$

wo P die Wirkleistung und Q die Blindleistung ist.

Für Transformatoren soll eine konstante Toleranz für die Blindleistung vorgesehen werden, deren Betrag noch festzusetzen ist.

Ziffer 5. Drehzahl von Gleichstrommotoren. Die Grenzen für die verschiedenen Abstufungen der Motorengrößen waren in Bellagio, statt wie früher auf die Leistung (in kW), auf das Drehmoment $\left(\text{in } \frac{\text{kW}}{1000\ \text{U/min}}\right)$, bezogen worden. Belgien wünschte Wiederherstellung der Abstufung nach Leistung (in kW). Die Nationalen Kommittees sollen sich hierzu äußern.

Ziffer 7. Spannungsänderung von Gleichstromgeneratoren mit Nebenschluß- oder Fremderregung. Änderungsanträge wurden als unbegründet abgelehnt.

Ziffer 10. Stoßkurzschlußstrom. Die Toleranz von 30 % bleibt bestehen. Die eine „Begriffserklärung“ darstellende „Note“ soll aus der Tabelle der Toleranzen gestrichen und an geeignetere Stelle in die Regeln aufgenommen werden. Ihr Wortlaut soll von den Nationalen Kommittees nochmals geprüft werden.

Ziffer 11. Dauer-Kurzschlußstrom. Der Wortlaut und die Toleranz von 15 % sollen beibehalten werden, das ±Zeichen wird gestrichen.

Ziffer 13. Kurzschlußspannung. Die in der Tabelle in der rechten Spalte stehende „Note“ soll in die linke Spalte gesetzt werden mit folgender auf französischen Vorschlag hin angenommenen Fassung:

„Wenn die Wicklungen eines Transformators mehrere Anzapfungen haben, gilt die Toleranz nur für die eine Messung an derjenigen Anzapfung, die die niedrigste Kurzschlußspannung ergibt. Für andere Anzapfungen bleibt Festsetzung der Toleranz vorbehalten.“

Allgemeines: Die Vorbemerkung zur Tabelle soll auf amerikanischen Antrag hin folgende Fassung erhalten: „Es ist nicht beabsichtigt, daß für eine oder alle Größen in der Tabelle notwendigerweise Gewährleistungen gegeben werden sollen. Angebote, die Gewährleistungen mit Toleranzen enthalten, sollen dies ausdrücklich angeben: die Toleranzen sollen dann denen der nachfolgenden Tabelle entsprechen.“

5. Vorschläge für neue Toleranzen.

Für Einzelerörterung der von verschiedenen Nationalen Kommittees vorgelegten Vorschläge (siehe Drucksache 2 (Secretariat) 204, Seite 14) fehlte die Zeit. Die Vorschläge werden den Nationalen Kommittees zur Prüfung vorgelegt, ebenso ein französischer Antrag, für die Drehzahländerung von Nebenschluß- und Verbundmotoren eine Toleranz zuzulassen von 1/5 der gewährleisteten Änderung mit einem Mindestwert von ± 0,2 % der gewährleisteten Drehzahl.

6. Bewertung für aussetzenden Betrieb.

Die von Deutschland und Österreich vorgelegten Vorschläge (Intermittent Rating) konnten aus Zeitmangel nicht mehr im einzelnen erörtert werden. Es wurde nur kurz die Meinung geäußert, daß die Vorschläge keine „Bewertung“ (Rating) darstellen, sondern sich auf „Betriebsbedingungen“ (Service Conditions) bezögen. Das ist ein Irrtum. Sie sollen eine Bewertung für die Prüfung elektrischer Maschinen (Test Rating) sein, die einen Ersatz für die in Wirklichkeit unregelmäßigeren Betriebsbedingungen darstellen. Das müßte vielleicht im Wortlaut schärfer zum Ausdruck kommen.

7. Umgebungstemperatur.

Die von Deutschland, der Schweiz und Polen zum Teil schon früher gestellten Anträge auf Herabsetzung der Umgebungs-Bezugstemperatur von 40° auf 35° wurden nicht erörtert, weil sie sich erübrigen würden, wenn die unter 2e) erwähnten Vorschläge des Unterausschusses betr. Grenzerwärmung von Maschinen unter 750 kVA, die unter besonders festgelegten Betriebsbedingungen laufen, angenommen werden würden. Es wurde hierbei namentlich

von englischer Seite darauf hingewiesen, daß durch Annahme dieser Vorschläge die sonst immer wiederkehrenden Anträge auf Herabsetzung der Umgebungs-Bezugstemperatur verschwinden würden.

III. Fachgruppe 5: Dampfturbinen.

In London fand vom 1. bis 6. Juli 1929 ferner eine Tagung der Fachgruppe „Dampfturbinen" der Internationalen Elektrotechnischen Commission (IEC) statt. Diese Fachgruppe hat sich zur Aufgabe gemacht, international gültige Abnahmeregeln für Dampfturbinen aufzustellen. Die Tagung fand unter dem Vorsitz von Prof. Dr. F. W. Durand (Kalifornien) statt.

Als erster Hauptteil der Arbeiten wurden die Lieferbedingungen in der neuen Fassung vorgelegt und, mit Ausnahme der Temperaturgrenze für die Verwendung von Gußeisen, hierbei volle Einigung erzielt. Als besonders wichtig muß hierbei die Vereinbarung angesehen werden, daß künftighin Kondensationsturbinen möglichst nur noch für gewissermaßen genormte Leistungen und Frischdampfdrücke gebaut werden sollen, u. zw. für 650, 1000, 1600, 2500, 4000, 6500, 10 000, 16 000, 25 000, 40 000, 60 000 und 100 000 kW höchste Dauerleistung und 14, 18, 28 und 42 at.

Die Regeln für Abnahmeversuche sind im zweiten Hauptteil enthalten und für Sachverständige bestimmt; sie werden daher möglichst kurz gehalten werden. Diese Regeln werden außer einer Einführung über den Zweck der Regeln noch eine Aufstellung der für die Versuche erforderlichen Begriffe, Einheiten und Bezeichnungen sowie die Richtlinien für die Versuche enthalten. Ferner wird ein umfangreicher Abschnitt über Meßgeräte gebracht werden.

Über die Zusammenarbeit während der Tagung kann gesagt werden, daß sie geradezu vorbildlich war.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Große Erweiterung des Long-Beach-Dampfkraftwerkes. — Das an der Küste des Großen Ozeans bei Los Angeles gelegene Long-Beach-Dampfkraftwerk der Southern California Edison Co. hat in diesem Jahre eine starke Erweiterung erfahren, womit eine Reihe bedeutsamer Neuerungen verbunden wurden. Ein neues drittes Gebäude für acht große Maschineneinheiten von insgesamt 800 000 kVA wurde neben den bereits bestehenden beiden älteren errichtet, wovon der eine Maschinensatz mit 90 000 kW bereits in Betrieb ist. Die Leistung der Dampfkraftanlagen erreichte damit 305 000 kW

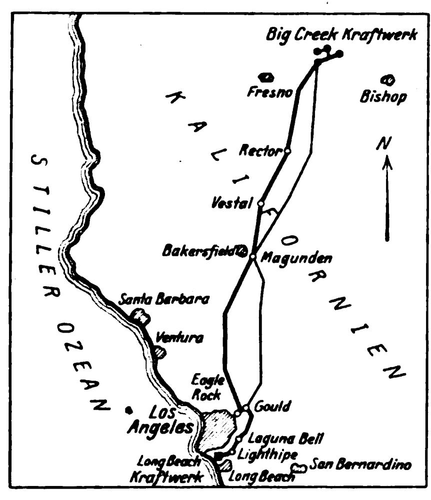


Abb. 1. 220 kV-Netz der California Edison Co.

Die Neuanlage soll unmittelbar in das rückwärtig liegende und sich auf etwa 430 km erstreckende 220 kV-Netz (Abb. 1) der Big-Creek-Wasserkraftanlagen[1] speisen. Die Gesellschaft versorgt eine Bevölkerung von 3 000 000 Menschen, deren Kraftverbrauch 1927 nur von den Anlagen von New York, Chicago und dem Industriebedarf am Niagara übertroffen wurde. Die Dampfkraftwerke dienen dabei der Spitzendeckung und Reserve, die Wasserkräfte der Grundbelastung. Bei der Steigerung der Leistungsfähigkeit der Dampfkraftanlagen unter gleichzeitiger Verminderung der Erzeugungskosten ist jedoch hierin eine Änderung zu erwarten, um so mehr, als die Ausbauten neuer Wasserkräfte gegen die früheren weniger wirtschaftlich erscheinen. Unter Einbeziehung der Kosten für die Übertragung stellt sich der Erzeugungspreis bei Neuanlagen für diese zwei Kraftquellen nahezu gleich, so daß der von der Gesellschaft in Aussicht genommene umfangreiche Ausbau der Dampfkraftwerke gerechtfertigt erscheint. Für die Dampferzeugung stehen dem Werk billige Öl- und Naturgasquellen zur Verfügung, nach deren Erschöpfung die Einfuhr von Kohle in Aussicht genommen wird, was bei der raschen Fortentwicklung der wirtschaftlichen Vorteile des Dampfes gegenüber den noch ausbaufähigen Wasserkräften wahrscheinlich ist. Demzufolge ist das Werk so gebaut, daß später ohne Schwierigkeit zur Kohlefeuerung übergegangen werden kann.

Für den 90 000 kW-Turbinensatz sind vier Vertikalkondensatoren vorgesehen, die sich über und unter dem Bedienungsfußboden des Maschinenhauses erstrecken, wodurch die Fundamenthöhe für diese Hauptmaschine verringert werden konnte. Die von der General Electric Co. gelieferte Tandem-Compound-Turbine hat 18 Hochdruck- und 3 Niederdruckstufen und ist für 125 000 PS bei 1500 U/min berechnet. Sie treibt außer dem 90 000 kW-Generator auf derselben Welle einen 4000 kW-Hilfsgenerator mit Erregermaschine. Zur Dampferzeugung dienen drei Babcock & Wilcox-Kessel mit Überhitzern, die stündlich 180 000 kg Dampf zu liefern imstande sind. Eine selbsttätige Verbrennungskontrolle hält den Zustrom von Brennstoff und Luft mit der benötigten Dampfmenge mittels elektrisch gesteuerter Ventile und Ventilatoren mit Antrieb durch Wechselstrom-Kommutatormotoren im Gleichgewicht. Für die selbsttätige Kesselspeisung sind drei motorisch angetriebene Speisepumpen verschiedener Größe vorgesehen. Ein selbsttätig gesteuertes Ventil am Dampfabfluß regelt den Überdruck des Wassers über den Dampf je nach dem Dampfverbrauch. Die Leitfähigkeit des Kesselspeisewassers wird dauernd durch Leitfähigkeitsmesser überwacht, um dadurch auch etwa auftretende Undichtheiten der Kondensatoren festzustellen. Die Kondensatorrohre werden gegen Anfressungen auf elektrolytischem Wege geschützt, indem gußeiserne Elektroden über den Rohrenden befestigt und gegen die Rohre mit einem 10 V-Generator, der in jeden Kondensator etwa 40 A liefert, auf positiver Spannung gehalten werden. Diese Elektroden haben 180 mm Dmr. und sind auf Kreisen von etwa 760 mm in 180 mm Abstand von den Rohrenden angeordnet. Die Wirksamkeit dieses Schutzes ist durch eine gleichartige Anordnung in der älteren Anlage bereits erwiesen, wobei sich merkbare Anfressungen nur an den Rohren ergaben, deren Enden mehr als 610 mm von einer Elektrode entfernt waren. Bei der Neuanlage wurde daher darauf geachtet, jedes Rohr in diesen Schutzbereich zu bringen.

Der auf der Welle der Hauptturbine sitzende 4000 kW-Hilfsgenerator für 2300 V deckt den Eigenbedarf des Werkes und ist mit Ausnahme von niederfrequenten Versagern unabhängig von allen Störungen im Netz. Die sämtlichen Kraftantriebe des Werkes erfolgen elektromotorisch, ausgenommen eine Notspeisepumpe für die Kessel und die doppelt angetriebene Erregermaschine. Der Regler der Erregerturbine ist auf etwas unternormale Frequenz abgestimmt, damit dieser wichtige Maschinensatz die Belastung beim geringsten Abfall des Motorantriebes aufnimmt. Außerdem ist ein besonderer Hausgenerator mit Turbinenantrieb vorgesehen, um jederzeit die normale Frequenz für die Hilfstromkreise aufrechtzuerhalten, was von Wichtigkeit ist, weil die Leistung der Spiralpumpen stark von der Drehzahl abhängt. Würden diese Hilfstromkreise einer Frequenzabnahme im Hauptnetz unterliegen, so könnte bei starken Überlastungen eine starke Minderung der Werksleistung, d. h. zu Zeiten, wo diese am nötigsten ist, einsetzen.

Auch sonst ist durch Verdoppelung der betriebswichtigen Pumpen und Verteilung der dazugehörigen motorischen Antriebe auf getrennte Stromkreise, Vorsehung

[1] ETZ 1923, S. 179; 1924, S. 807; 1926, S. 453.



mehrerer Kraftquellen für jede Sammelschiene und Umschaltungsmöglichkeiten für möglichste Betriebsicherheit gesorgt. Die Ölschalter sind fahr- und auswechselbar angeordnet. Von selbst aufzeichnenden Instrumenten auf den Betriebschalttafeln ist weitgehender Gebrauch gemacht und die Fortbewegungsgeschwindigkeit der Papierstreifen in ihnen durch synchron angetriebene motorische Schaltmechanismen geregelt. Das Wechselstromnetz für die Hilfsmaschinen und -apparate sowie die Batteriestromkreise sind ungeerdet und werden durch Erdschlußanzeiger überwacht.

Der Hauptgenerator des neuen Kraftwerkes ist für 100 000 kVA, 16 500 V, 50 Hz und 90 % Leistungsfaktor gebaut und seine Ankerwicklung in zwei durch Stromwandler parallel geschaltete Stromkreise unterteilt. Ungleichheit der Ströme infolge Windungsdurchschlag zeigen mit diesen Wandlern verbundene Relais an. Differentialrelais zwischen den Klemmen und Nullpunkt schalten den Generator im Falle innerer Störungen ab und veranlassen gleichzeitig das Einströmen von Kohlensäure in die Lüftungskanäle des Generators, um einem Brand vorzubeugen. Falls diese Relais versagen, sorgen Thermoelemente für die Auslösung des Gasstromes. Der fest geerdete Nullpunkt des Generators ist zu einer Erdsammelschiene geführt, mit der alle Isolatorenfüße, Schaltergerüste und Gehäuse der Umspanner und Meßwandler, die mit dem Generator zusammenhängen, verbunden sind. Eine gleichartige, aber davon getrennte Erdsammelschiene vom Hochspannungsnullpunkt der Umspanner ist für alle Teile der 220 kV-Anlage vorgesehen. Durch diese Trennung hofft man, gewisse in letzter Zeit erfahrene Betriebsstörungen zu vermeiden. Mit den Umspannern ist der Hauptgenerator als Einheit mit der 220 kV-Sammelschiene verbunden, doch wurden auf der Generatorseite zwei Schalter vorgesehen, weil es zweifelhaft erschien, ob die großen 220 kV-Schalter einwandfreie Betätigung beim Synchronisieren gestatten würden und zudem kostspielige Spannungswandler nötig gewesen wären. Inzwischen sind einfache Spannungsteileranschlüsse an Hochspannungsdurchführungen durchgebildet worden[2], die eine Verwendung von Spannungswandlern für diesen Zweck überflüssig erscheinen lassen. Bevor die gegenwärtige Ausrüstung bei der nächsten Maschineneinheit wiederholt wird, sollen daher Versuche über die Eignung der Hochspannungschalter für das Parallelschalten beim Synchronisieren angestellt werden. Die von der Westinghouse Co. gelieferten Umspanner haben bis zu 60 % ihrer Nennlast Selbstkühlung. Darüber hinaus setzt künstliche, durch Wärmerelais ausgelöste Kühlung ein, indem Luft durch die Kühler getrieben wird. Der Raum über dem Ölspiegel ist mit Stickstoff gefüllt. Die Hochspannungsausführungen der Umspanner sind mit einer Freiluftschaltanlage verbunden. Die Sammelschienen und Schalterverbindungen derselben bestehen aus vierzölligem Eisenrohr auf standfesten Isolatorsäulen. Um Ausdehnungsmöglichkeit zu schaffen, ist an jedem Unterstützungspunkt eine Verbindung mit Feder und Nut vorgesehen, die, soweit nötig, wie z. B. bei den Schaltern, durch eine biegsame Seilverbindung überbrückt ist, um bessere Leitfähigkeit zu gewährleisten. Diese Art der Sammelschienenausführung hat sich auf allen 220 kV-Werken der Gesellschaft seit mehr als fünf Jahren bewährt. Die 220 kV-Sammelschienen haben einen lichten Abstand von mehr als 2,7 m zwischen den Phasen und 1,8 m gegen Erde.

Bemerkenswert ist die Art einer dauernden Reinigung der Isolatoren der Freiluftschaltanlage. Wegen der häufigen salzhaltigen Nebel und Winde war man ursprünglich der Meinung gewesen, daß der Betrieb solcher Freiluftschaltwerke bei derartig hohen Betriebspannungen unmittelbar am Meer undurchführbar sei. Versuche haben indessen das Gegenteil bewiesen, wenn nur die Isolatoren der unter Spannung stehenden Anlage durch Abwaschen mit besonders hierzu vorgesehenen Düsenapparaten sauber gehalten werden. Man hat deshalb z. B. neben den aus sechs großen Isolatoren mit Regenschutzmänteln gebildeten Stützersäulen der Freilufttrennschalter Gestelle mit Regenstreudüsen aufgestellt, durch die auf einen Abstand von etwa 3 m ein dauerndes Besprengen der Isolatoren und Reinigen der Porzellanoberflächen stattfindet. Die Tropfenstärke der aus diesen Streudüsen austretenden kegelförmigen Wasserstrahlen ist so gehalten, daß bei der Besprengung ein Überschlag über die Isolatoren nicht eingeleitet und trotzdem eine wirksame Reinigung derselben bewirkt wird. Die Düsen befinden sich in einer Höhe unter der Mittellinie der Isolatorsäulen, damit ein Besprengen sowohl auf den Unter- als auch den Oberseiten der Regenschutzschirme der Isolatoren stattfindet. Als Überschlagspannung der Isolatoren wird 650 kV angegeben. Die Stützersäulen sind außerdem am oberen Ende mit Blechschirmen zur Vergleichmäßigung der Spannungsverteilung versehen.

Über die Errichtungs- und Betriebskosten der Besprengungsanlage für die Isolatoren sind Angaben in der amerikanischen Veröffentlichung leider nicht enthalten; sie werden bei einer ausgedehnteren Schaltanlage immerhin ins Gewicht fallen. Zweifellos bleibt die Möglichkeit, eine dauernde Reinigung der Isolatoren auf diese Weise sicherzustellen, nur auf die wichtigsten Isolatorengruppen der Schaltanlage selbst beschränkt, denn für die Isolatorenketten der Freileitung dürfte die Verwirklichung dieses Gedankens auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten der Ausführung stoßen. Auch bleibt abzuwarten, wie sich die Anlage im dauernden Betrieb unter den verschiedenartigen atmosphärischen Verhältnissen bewähren wird, worüber ausreichende Erfahrungen noch nicht vorzuliegen scheinen.

Zur Untersuchung von Störungserscheinungen, die auf den langen und stark belasteten Übertragungsleitungen häufiger auftreten und Außertrittfallen entfernt aufgestellter Generatoren selbst nach Behebung der Störungsursache zur Folge haben können, wurde ein neunschleifiger Oszillograph vorgesehen, womit Leistung, Spannung, Strom, Erdschlußstrom, Erregung, Turbinengeschwindigkeit und Öffnung des Dampfventiles beobachtet werden können. Man erhofft von derartigen gleichzeitigen Aufzeichnungen Klärung schwierig zu erforschender Störungsfälle. Die Netzstabilität hängt bei Störungen in hohem Maße von der Ansprechgeschwindigkeit des Erregers und dem genauen Arbeiten der Spannungsregler ab. Der Erreger des genannten Hauptgenerators wird getrennt von einem kleinen, unmittelbar verbundenen Generator erregt. Der Regelwiderstand liegt im Ankerkreis dieses zweiten Erregers, wodurch eine größere Ansprechgeschwindigkeit als mit dem üblichen Nebenschlußfeld erzielt wird, da das Feld dieses Erregers nicht der entmagnetisierenden Wirkung des Generatorfeldes bei Störungen unterliegt. Der Regler wird durch einen Dreiphasenmotor an Stelle der üblichen Vibrationsmagnete betätigt, dessen Drehmoment der resultierenden Spannung aller drei Phasen folgt.

Außer den üblichen Überstromauslösern ist eine selbsttätige Senkung der Generatorspannung vorgesehen, die im Falle von Lichtbogenüberschlägen auf der Strecke und damit verbundenem dauernden hohen Erdschlußstrom über den Nullpunkt der Umspanner in Tätigkeit tritt. Zur Aufrechterhaltung unveränderlicher Netzfrequenz wurde schließlich eine selbsttätige Regeleinrichtung eingebaut, mit deren Hilfe die Turbinengeschwindigkeit beschleunigt oder verzögert werden kann, je nachdem die Frequenz mit der Belastung schwankt. Die große Zahl und Mannigfaltigkeit der Hilfsapparate, Melde- und Überwachungseinrichtungen in Long Beach scheint noch weit über das Maß der bei neuzeitlichen europäischen Anlagen üblichen Einrichtungen für ähnliche Zwecke hinauszugehen, mag aber zur Sicherung des Betriebes in einem derartigen Großkraftwerk bei einem Geringstaufwand an Bedienungspersonal unerläßlich sein. (G. A. Fleming, El. World Bd. 92, S. 673.) *O. N.*

[2] J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 205.

Elektromaschinenbau.

Theorie des Transformator- und Spartransformator-Stromkreises. — Von A. Boyajian wird eine sehr interessante Erweiterung der Anwendungsmöglichkeit eines Ersatzstromkreises für Transformatoren in Verteilungsnetzen behandelt. Ein Stromverteilungsnetz kann für die rechnerische Behandlung bekanntlich auf eine einheitliche Spannung, meist jene des primären Verteilungsnetzes, reduziert werden, und die Transformatoren könnten durch entsprechende Widerstände und Drosselspulen, die teilweise in Reihe und teilweise im Nebenschluß geschaltet sind, in ihrer Wirkung auf die Strom- und Spannungsverteilung ersetzt werden. Diese Ersatzstromkreise, wenn sie auch meistens für die Behandlung der aufgeworfenen Fragen über Strom- und Spannungsverteilung im primären und sekundären Netz vollauf genügen, sagen jedoch nichts über die tatsächlichen Verhältnisse, die durch die Spannungsübersetzung der Transformatoren bedingt werden. Der Ersatzstromkreis hat keine transformatorische Wirkung. Der Autor zeigt, daß man durch einen einfachen vervollständigten Ersatzstromkreis jeden Transformator und umgekehrt jeden Stromkreis durch einen Ersatztransformator in allen ihren Merkmalen restlos ersetzen kann. Freilich ist ein solcher Ersatz oft aus physikalischen oder aus wirtschaftlichen Gründen praktisch überhaupt nicht möglich, kann aber oft als ein vorteilhafter Rechnungsbehelf dienen.

Da wir es hier mit einem zusammenhängenden Stromkreis zu tun haben, ist der Ersatz des Transformators nur dann möglich, wenn man eine Primär- und eine Sekundärklemme elektrisch verbunden voraussetzt, wodurch natürlich im praktischen Falle der Nachteil in Kauf zu nehmen wäre, daß das ganze Unterspannungsnetz gegen Erde Oberspannungspotential erhielte. Ein solcher Transformator hat nunmehr nur drei unabhängige Klemmen: *A, B, C*. *A* ist die gemeinsame Klemme. Man kann nun meßtechnisch leicht folgende vier Größen ermitteln:

a) Stromaufnahme und Wattverbrauch bei Erregung auf Nennspannung an den Klemmen *A-B* bzw. *A-C*,
b) Spannung und Wattverbrauch bei Nennstrom zwischen denselben Klemmen, wenn die anderen kurzgeschlossen sind.

Aus diesen Angaben lassen sich nun die entsprechenden vektoriellen Widerstände Z_1, Z_2, K_1, K_2 berechnen. Diese Widerstände sind bekanntlich durch eine komplexe Zahl dargestellt, deren reeller Teil die Ohmschen Widerstände und deren imaginärer Teil die rein induktiven oder kapazitiven Widerstände enthält.

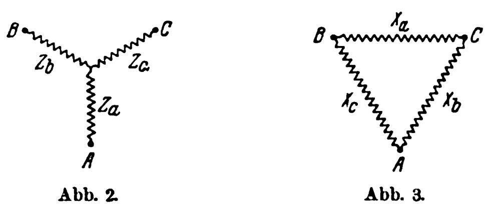


Abb. 2. Abb. 3.
Vollständige Ersatzleitersysteme für Transformatoren.

Stellt man nun den Transformator durch ein Ersatzleitersystem mit drei freien Enden, etwa in reiner Stern- oder in reiner Dreieckschaltung dar, so ist es klar, daß man rechnerisch die Merkmale des einzelnen Leiterstücks stets so wird bestimmen können, daß es sich betriebsmäßig genau so verhält wie der Transformator. Man wird also an einem geschlossenen Behälter, aus dem die drei Klemmen herausragen, nicht unterscheiden können, ohne ihn zu öffnen, ob er einen Transformator oder ein so aufgebautes Leitersystem enthält (Abb. 2 und 3). In der Tat, man braucht nur die Gleichungen

$$Z_1 = Z_a + Z_b = \frac{1}{\frac{1}{X_c} + \frac{1}{X_a + X_b}},$$

$$Z_2 = Z_a + Z_c = \frac{1}{\frac{1}{X_b} + \frac{1}{X_a + X_c}}$$

und

$$K_1 = Z_b + \frac{1}{\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_c}} = \frac{1}{\frac{1}{X_a} + \frac{1}{X_c}},$$

$$K_2 = Z_c + \frac{1}{\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b}} = \frac{1}{\frac{1}{X_a} + \frac{1}{X_b}}.$$

Durch diese Gleichungen werden die drei unbekannten Größen Z_a, Z_b, Z_c oder X_a, X_b, X_c eindeutig bestimmt und sind leicht zu ermitteln. Die scheinbare Überbestimmung verschwindet, wenn man bemerkt, daß sich das System von vier Gleichungen eigentlich nur auf drei unabhängige zurückführen läßt, denn unter den Merkmalen besteht die Beziehung

$$\frac{Z_1}{K_1} = \frac{Z_2}{K_2},$$

da offenbar sowohl der Leerlaufstrom als auch die Kurzschlußspannung in Prozenten, von welcher Seite sie auch gemessen werden, die gleichen sind. Man erkennt sofort, daß

$$Z_a^2 = Z_2(Z_1 - K_1) = Z_1(Z_2 - K_2),$$

und daß die übrigen Stücke sich aus

$$Z_b = Z_1 - Z_a, \qquad Z_c = Z_2 - Z_a$$

errechnen lassen. Die Formeln geben für den Sonderfall, daß $Z_1 = Z_2 = Z$ und deshalb auch $K_1 = K_2 = K$, die Werte

$$Z_a^2 = Z(Z - K), \qquad Z_b = Z_c = Z - Z_a,$$

oder wenn man beachtet, daß K meistens sehr klein ist,

$$Z_a = Z - \frac{K}{2} \quad \text{und} \quad Z_b = Z_c = \frac{K}{2}$$

entsprechend dem einfachen Ersatzstromkreis, wie er sonst üblich ist.

Ähnlich errechnet sich

$$\left(\frac{1}{X_a}\right)^2 = \frac{1}{K_2}\left(\frac{1}{K_1} - \frac{1}{Z_1}\right) = \frac{1}{K_1}\left(\frac{1}{K_2} - \frac{1}{Z_2}\right)$$

und dementsprechend

$$\frac{1}{X_b} = \frac{1}{K_2} - \frac{1}{X_a}, \qquad \frac{1}{X_c} = \frac{1}{K_1} - \frac{1}{X_a},$$

also für $Z_1 = Z_2 = Z$ und $K_1 = K_2 = K$ auch

$$\left(\frac{1}{X_a}\right)^2 = \frac{1}{K}\left(\frac{1}{K} - \frac{1}{Z}\right), \qquad \frac{1}{X_b} = \frac{1}{X_c} = \frac{1}{K} - \frac{1}{X_a}.$$

Beachtet man wiederum, daß K klein gegenüber Z ist, so kann angenähert

$$\frac{1}{X_a} = \frac{1}{K} - \frac{1}{2Z} \quad \text{und} \quad \frac{1}{X_b} = \frac{1}{X_c} = \frac{1}{2Z}$$

gesetzt werden. Die aufgestellten Gleichungen sind Beziehungen zwischen Vektoren, spalten sich deshalb bekanntlich in je zwei Gleichungen, die die reellen und die imaginären Bestandteile zu ermitteln gestatten.

Der Autor verwendet viel Sorgfalt, um die vollständige Gleichwertigkeit der beiden Gebilde zu beweisen, und gibt auch ein Zahlenbeispiel. Es wird auch darauf aufmerksam gemacht, daß zuweilen der Ersatz aus physikalischen Gründen nicht gut möglich ist, da negative Widerstände angenommen werden müssen, anderseits können aber negative Reaktanzen natürlich durch entsprechende Kapazitäten leicht ersetzt werden. Auch wirtschaftlich ließe sich der tatsächliche Ersatz eines Transformators durch den so ermittelten Stromkreis, besonders bei größerer Übersetzung, nicht verantworten, da die Leistung der verwendeten Reaktanzen und Kapazitäten ein erhebliches Vielfaches der Leistung des Transformators betragen würde. Für die rechnerische Behandlung der Wirkung eines Transformators in einem Verteilungsnetz dürfte ebenfalls im allgemeinen kaum ein Vorteil entstehen, da sie meistens mit Unterschieden von sehr großen Zahlen arbeitet und deshalb bei der erforderlichen Genauigkeit des Endergebnisses zu sehr umständlichen Rechnungen Anlaß geben würde.

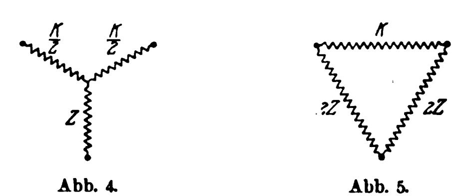


Abb. 4. Abb. 5.
Vollständige Ersatzleitersysteme im Sonderfall der Übersetzung 1:1.

Man kann natürlich diese Nachteile vermeiden, wenn man die Kennstücke des Transformators zuerst auf die Übersetzung 1 : 1 umrechnet, was bekanntlich leicht und einwandfrei erfolgen kann, und dann die Bestimmungsstücke des Ersatzstromkreises ermittelt. In diesem Fall sind die als Sonderfall schon abgeleiteten Ausdrücke maßgebend, und der Transformator läßt sich entweder durch den einfach verzweigten, sonst üblichen Stromkreis nach Abb. 4 ersetzen oder durch das Leitungsdreieck Abb. 5.

Als Endergebnis der Untersuchung lassen sich die folgenden beiden allgemeinen Sätze aufstellen:

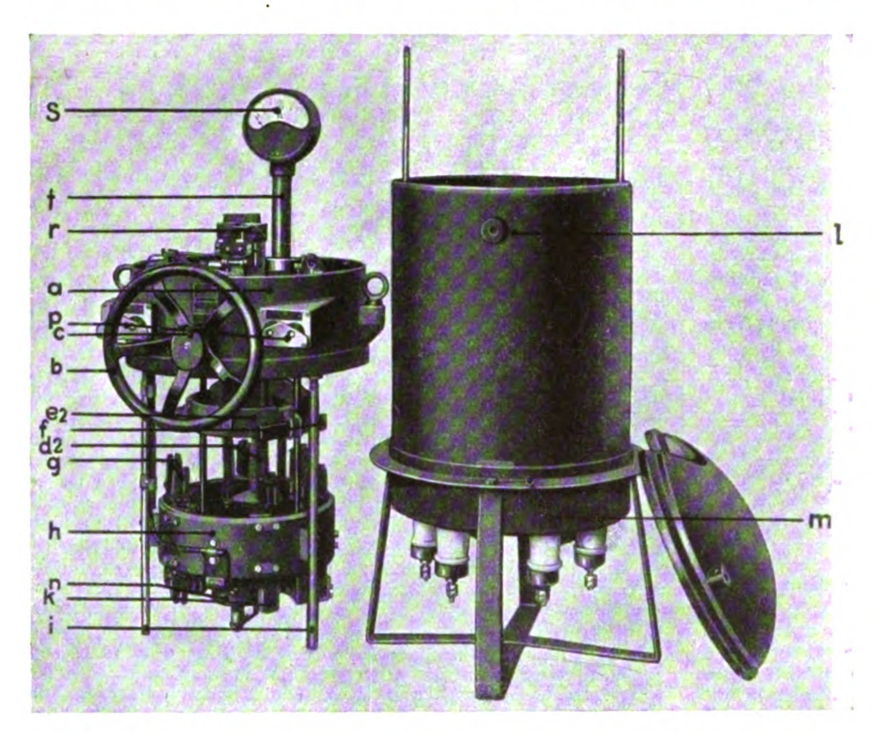
1. Jeder Transformator kann durch ein vollständig gleichwertiges Leitungsnetz ersetzt werden, das also die gleiche Spannungs- und Stromübersetzung bewirkt und denselben Erregerstrom, Spannungsabfall und Wirkungsgrad bei allen Belastungen hat.
2. Jedes Leitungsnetz kann im geichen Sinne durch einen vollständig gleichwertigen Transformator ersetzt werden.

Dieser Ersatz ist meistens nur rechnerisch möglich, d. h. tatsächlich entweder physikalisch unmöglich, meistens jedoch unwirtschaftlich. Rechnerisch dürfte die Methode in einzelnen seltenen Fällen Vorteile bieten, wird aber meistens durch die übliche Zurückführung des Systems auf die Übersetzung 1 : 1 ersetzt werden können. (A. Boyajian, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 110.) *Zel.*

Apparate.

Ölschaltkasten für Hochspannungsanlagen in rauhen Betrieben. — Für die sogenannten rauhen Betriebe hat das Sachsenwerk einen Spezial-Ölschalter (Ölschaltkasten) auf den Markt gebracht, der sich gegenüber den schon bekannten Modellen dadurch auszeichnet, daß der

ganze Schaltmechanismus aus dem Ölkessel herausgehoben werden kann, ohne daß es hierfür notwendig wäre, die im Kesselboden befindlichen Durchführungen spannungslos zu machen. Auf diese Weise ist die Kontrollmöglichkeit für den Betriebsmann derart erleichtert, daß die Kontrolle in allerkürzester Zeit und ohne irgendwelche Demontagearbeiten an Ort und Stelle durchgeführt werden kann.



a Tragkörper
b Handrad
c Schauzeichen
d_2 Führungsbolzen
e_2 ringförmiger Traversenkörper
f Schaltmesser
g Schalterkontakte
h feststeh. Hartpapierring
i Stehbolzen
k Gegenkontakte der Zwischentrennstelle
l Ölschauglas
m Winkeleisenflansch
n Überstrommagnete
p Skalen für Strom- und Zeiteinstellung
r Auslöse- oder Nullspannungsmagnet
s Stromzeiger
t Rohrstutzen

Abb. 6. Ölschaltkasten Reihe 6, 200 A, geöffnet.

Dies wird dadurch erreicht, daß diese Durchführungen an ihrem oberen, also im Öl befindlichen Ende solide, steckerähnliche Messerkontakte tragen, über welche als Ölschaltkontakte ausgebildete Fingerkontakte übergreifen, von denen erst der eigentliche Schalter gespeist wird (Abb. 6). Da diese Spezialkontakte nicht unter Strom geöffnet oder geschlossen werden und außerdem dauernd unter Öl liegen, ist eine Veränderung derselben — Verschmoren oder Oxydation — nicht zu befürchten. Sie brauchen also praktisch überhaupt nicht kontrolliert werden, sind aber der Kontrolle insofern zugänglich, als ja die Gegenkontakte mit dem gesamten Schaltmechanismus zusammen herausgehoben werden und der Besichtigung freistehen. Eine Gefährdung der Durchführungen durch harte Schaltschläge tritt nicht ein, da erstens eine gut wirkende Dämpfung für das Abfangen der beschleunigten Schaltermassen sorgt und zweitens die mechanischen Kräfte überhaupt nicht auf diese Steckkontakte übertragen werden. Diese sind nämlich durch die Art des Zusammenbaues ihrer Gegenkontakte mit dem eigentlichen Schaltmechanismus von jeglichem Stoß entlastet. Dadurch ist auch ein Undichtwerden der Kittstellen im Kesselboden mit Sicherheit vermieden, wozu noch des weiteren beiträgt, daß die Durchführungen mit extra breiten Flanschen versehen sind.

Diese Schaltkasten werden vorläufig von Reihe 1 bis Reihe 6 einschließlich ausgeführt, u. zw. für Maximalstromstärken von 600 ... 1500 A. Ihre garantierte Abschaltleistung variiert je nach Modellgröße von 5000 bis 35 000 kVA. Zur Zeit sind Schaltkasten bis zu 1800 A Nennstrom in Betrieb. Stromwandler, Ausschalt- bzw. Nullspannungsmagnet und zwei Überstrom-Zeitrelais, die auch während des Betriebes von außen eingestellt werden können, sind im Öl-

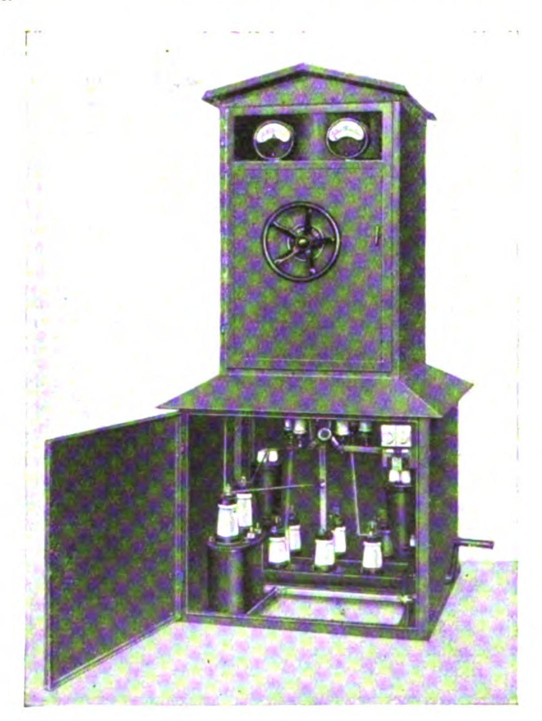


Abb. 7. Ortsveränderliche Schaltstation. Kabelendverschlüsse, Trennschalter und Spannungswandler sowie Niederspannungssicherungen sichtbar.

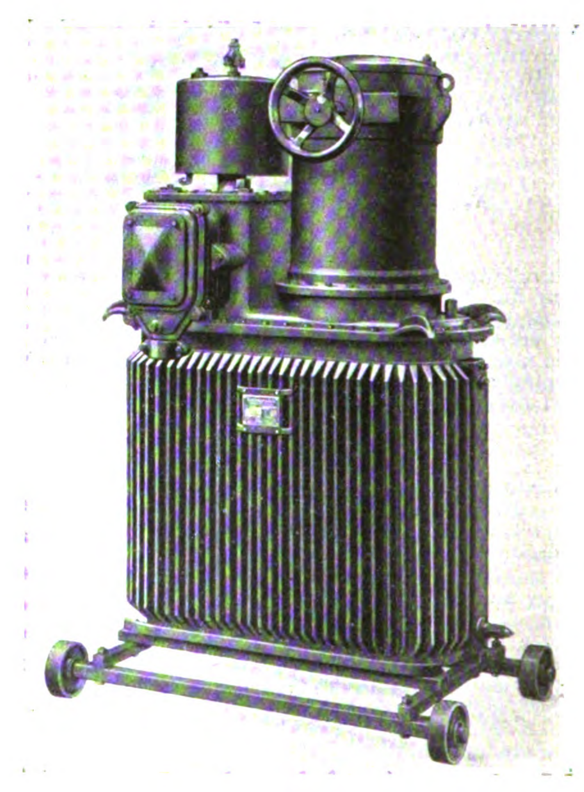


Abb. 8. Fahrbarer 50 kVA-Grubentransformator für 3000 V Betriebsspannung mit direkt aufgebautem Ölschaltkasten Reihe 3, aufgebautem Kabelendverschlußkasten und Ölkonservator.



gefäß untergebracht. Am Deckel des Ölschaltkastens können ein Stromzeiger und ein Spannungszeiger montiert werden. Des weiteren ist vorgesehen, daß die Ölschaltkasten auf sog. Sockelkasten aufgesetzt werden können, die je nach Bedarf nur die Kabelendverschlüsse oder auch noch Trennschalter, Sammelschienenteile, Spannungswandlersicherungen, Klemmleisten usw. sowie Zähler mit aufnehmen. Auf diese Weise ist es durch organisches Aneinanderreihen solcher Sockelkasten ermöglicht, daß ganze Batterien auch verschiedenartig bemessener Typen zusammen Verwendung finden und auch mit Niederspannungs-Kapselmaterial verbunden werden können. Auch für die Ausbildung kleinster Freiluft-Schaltstationen sind diese Typen sehr geeignet. Sie besitzen eine gewisse Beweglichkeit, wie es im Torfabbau vielfach wünschenswert erscheint (Abb. 7). Die Schaltkasten können auch schlagwettersicher geliefert werden.

Abb. 8 zeigt den direkten Zusammenbau eines Schaltkastens mit einem Transformator zu einer kleinstdimensionierten gekapselten Transformatorenstation, wie sie für Bergwerksbetriebe vielfach Verwendung findet und auch für Blockwerke mit Aufstellung in Kellerräumlichkeiten geeignet ist. (K u m l i k, Sachsenw.-Mitt. 1928, S. 10.) *Sb.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Messung der Temperaturen im Zylinder eines Gasmotors. — Im Zusammenhang mit der ausführlichen Veröffentlichung experimenteller thermodynamischer Forschungsarbeiten wird über die Messung der Temperaturen während eines Zyklus berichtet. Es treten folgende Schwierigkeiten auf:

1. Die Masse muß ausreichend gering sein, um sofort den Temperaturschwankungen (rd. 700° in etwa 0,01 s) folgen zu können.
2. Das Meßorgan muß bei sehr hohen Temperaturen den Gaswirbeln beim Ein- und Ausströmen aus den Zylindern mechanisch widerstehen können.
3. Es muß so lang sein, daß die Kühlung seiner Einspannstelle nicht die Messung beeinträchtigt.

Verwendet wurde ein Widerstandsthermometer mit Platindraht von 0,07 mm Dmr., weil ein dünnerer Draht zu schnell zerstört wurde. Eingehende Untersuchungen und Berechnungen zeigten, daß mit dieser Drahtstärke bereits Fehler von 300 ... 400° entstehen, die aber durch ein Extrapolationsverfahren aus Messungen mit verschiedenen Stärken richtiggestellt werden konnten. Der Momentanwert der Temperatur wird mit einer Wheatstone-Brückenschaltung und einem rotierenden, am Umfang verstellbaren Kontaktgeber *E* auf der Motorachse ermittelt (Abb. 9). Man verstellt den Kontaktgeber beispielsweise in 20 Stufen zu je 18°, ermittelt für jeden dieser Punkte die Schleifdrahtstellung *D*, bei der das Galvanometer stromlos ist, und zeichnet sich die Kurve auf. Das Verfahren setzt vollkommene Gleichförmigkeit der Explosionen voraus im Gegensatz zu den in Deutschland bekanntgewordenen Verfahren, die mit einem registrierenden Saitengalvanometer unmittelbar die Temperaturkurve aufzeichnen. (A. D u c h e s n e, Rev. d. Mines Bd. 1, 8. Ser., S. 1.) *Kth.*

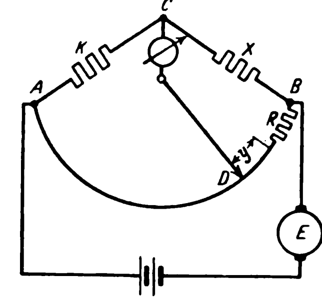


Abb. 9. Schaltung zur Messung von Zylindertemperaturen.

Beleuchtung.

Das Durchbrennen von elektrischen Glühlampen. — Es hat sich gezeigt — und es wurde durch genaue Versuche bestätigt —, daß das Durchbrennen des Glühfadens in luftleeren Lampen im allgemeinen eintritt, wenn der Faden etwa 10 % seines ursprünglichen Gewichtes infolge Verdampfens des Wolframs verloren hat, während dieses Durchbrennen bei den Gasfüllungslampen bereits nach einem durchschnittlichen Gewichtsverlust von 5 % auftritt, also bei kaum halb so großer Gewichtsabnahme wie bei den Vakuumlampen. Die Stromstärke nimmt dementsprechend im Laufe der 1000stündigen Brenndauer bei der Gasfüllungslampe langsamer ab als bei der luftleeren Lampe. Da die Verhältnisse bei der letzteren insofern günstig liegen, als während der 1000stündigen Lebensdauer eine Abnahme der ursprünglichen Lichtstärke von rd. 10 % eintritt, so würde es von Vorteil sein, wenn es gelänge, die Gasfüllungslampe so zu gestalten, daß auch bei ihr das Durchbrennen erst bei einem Gewichtsverlust des Fadens von 10 % erfolgt. Man könnte z. B. in diesem Fall die Lichtausbeute im Anfang des Brennens um 10 % erhöhen, ohne daß die Lebensdauer der Lampe geringer zu werden brauchte. Es werden nun die Ursachen des abweichenden Verhaltens der beiden Lampen genauer untersucht und besprochen. Folgende Umstände kommen bei der Gasfüllungslampe in Frage:

1. die Dehnung des Fadens durch sein Eigengewicht bei der relativ höheren Glühtemperatur,
2. eine Änderung der kristallinischen Struktur des Fadens,
3. Ionisationserscheinungen im Gas,
4. chemische Einwirkung der Gase.

Der erste Punkt dürfte von keinem erheblichen Einfluß sein, während die drei anderen Ursachen sämtlich eine Rolle zu spielen scheinen, besonders die Änderung der kristallinischen Struktur des Fadens. Das Problem, wie dies vorzeitige Durchbrennen der Gasfüllungslampe verhindert werden kann, ist noch nicht gelöst. (G. R. F o n d a, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 265.) *rge.*

Heizung. Öfen.

Entwicklung der Elektrowärme in den V. S. Amerika. — In dem alljährlich der Jahresversammlung der Am. Iron & Steel Engs. vorgelegten Bericht über Elektrowärme gibt der Elektrowärmeausschuß eine beachtenswerte Übersicht über die technische und wirtschaftliche Entwicklung dieses Sondergebietes im jeweils abgelaufenen Jahr. Der Bericht über das Jahr 1927 (vorgelegt der Jahresversammlung Juni 1928) beginnt mit der Diskussion der Strompreise, die für die Einführung elektrischer Öfen von einschneidender Bedeutung sind. Die Zusammenfassung vieler kleiner Stromlieferungsunternehmen (Zahl der Stromlieferer 1920: 6800; Anfang 1928: 4150) in Verbindung mit dem stark anwachsenden Stromabsatz führte zu einer erheblichen Senkung der Strompreise (1920: 100 %; Anfang 1928: 78 %). Zugleich werden die Tarife in ihrem Aufbau immer komplizierter (Anschlußwert, Leistungsfaktor, Spannung, Kohlenpreise, monatliche oder jährliche Verrechnung usw.). In vielen Bezirken gibt es mit Rücksicht auf die großen Vorteile für die Elektrizitätswerke (hohe Ausnutzungsziffer, guter Leistungsfaktor) für Elektrowärme Sondertarife. Trotzdem sind die reinen Wärmekosten im elektrischen Ofen noch immer höher als die in anders beheizten Öfen. Erst die Berücksichtigung der Nebenkosten gibt die richtige Vergleichsgrundlage, was in Deutschland mehr beachtet werden sollte.

Bei elektrischen Glühöfen für stangenartiges Material ist es von großer Wichtigkeit, ob es g e r a d e in den Ofen kommt. Geordnete Beschickung ermöglicht größere Chargen, daher niedrigeren Stromverbrauch (in einem Beispiel bei 42 h Glühdauer: 250 kWh/t gegen 550 kWh/t).

Es werden eine Reihe von Öfen untersucht, die im täglichen Gebrauch stehen. Bei einem Einsatzofen z. B. mit etwa 2,8 m² Herdfläche, Bruttocharge rd. 2200 kg, Nettocharge rd. 830 kg, Chargendauer 22 ... 31 h, Temperatur 930°, Anschlußwert 110 kW, durchgehender Betrieb; Stromverbrauch: brutto 0,385 kWh/t; netto 1,00 kWh/t; Stromverbrauch im Monat: 27 000 kWh.

Versuche mit nichtmetallischen Widerständen haben bisher nicht zu dem gewünschten Erfolg geführt, so daß Schmiedeöfen, für die wegen ihrer hohen Temperatur heute metallische Widerstände noch nicht zur Verfügung stehen, nicht als reif zur Elektrisierung angesehen werden können. Das Löten mit Kupfer in neutraler oder reduzierender Atmosphäre in Widerstandsöfen ist in einem Werk (GEC) weitgehend eingeführt[1]. Zehn Öfen mit insgesamt 3000 kW Anschlußwert arbeiten für diesen Zweck (Gebrauchstemperatur 1100 ... 1150°). Das Gut muß in der Ofenatmosphäre so weit abkühlen, bis es auch an Luft nicht oxydiert. Kontinuierlich und intermittierend arbeitende Öfen wurden hierfür entwickelt.

Im Bau von Emaillieröfen richten sich die Fortschritte in erster Reihe auf halbselbsttätige Öfen, deren Entwicklung in Amerika durch die dort gebräuchlichen Emailarten, die niedrigere Schmelzpunkte haben als die in Deutschland üblichen, wesentlich leichter ist. Brenntemperaturen bis 650° herunter werden verlangt!

[1] In Deutschland hat, soweit Berichter unterrichtet ist, als einzige Firma die AEG einen solchen Ofen in Betrieb; sie hat auch diese Öfen zum Schutz angemeldet.

Durch Fortfall der schweren Glühkisten werden schon die reinen Wärmekosten beim Glühen von Stahlblech im elektrischen Ofen unter Umständen niedriger als in anderen Öfen. Bei gleicher Ofengröße wurden z. B. in einem Werk verbraucht: im Ölofen: 37 l/100 kg (bei 55 RM/100 l) = 20,3 RM je 100 kg Gut. Elektrischer Ofen: 24 kWh/100 kg; 5,25 Pf/kWh; 12,6 RM/100 kg Gut.

Auch bei einem Vergleich von Glüh- und Härteöfen mit Öl- und mit elektrischer Feuerung ergeben sich schon die reinen Wärmekosten bei den letztgenannten Öfen kleiner bzw. in einem Fall gleich groß mit denen bei der Ölfeuerung.

Der Vergleich zweier Bleibäder von 200 mm Dmr. ergab bei einem Gaspreis von 12 Pf und einem Strompreis von 6 Pf einen Verbrauch für 1000 kg von 105 RM bei Gas und 55,5 RM bei Strom.

Einen großen Aufschwung haben auch die elektrischen Kleinöfen für Werkzeughärtung genommen, die dank der hervorragenden Isolierung bei den vielen Leerlaufzeiten oft geringeren Wärmeverbrauch ergeben als Gasöfen. Zahlentafel 1 gibt darüber Aufschluß:

Zahlentafel 1.

Ofenabmessungen			Leerverluste bei 875° Ofentemperatur			
Breite	Tiefe	Höhe	m³Gas	kWh Strom	RM bei 12 Pf/m³ Gas	RM bei 6,3 Pf/kWh
450	900	450	5,25	6	0,63	0,38
600	1350	500	7,3	9	0,88	0,57
900	2100	580	12,3	16	1,47	1,01

Von Niedertemperaturanlagen seien die zum „Altern" von Guß dienenden Kammeröfen erwähnt (Verbrauch 0,11 kWh/kg bei Temperaturen von etwa 520°). Industrielle Taucherhitzer für das Schmelzen von Weißmetall, Lot und Zinn für Feuerverzinkung haben sich seit drei Jahren bestens bewährt. Die elektrische Beheizung von galvanischen Bädern und von Lacktrockenöfen wird gestreift.

Von Lichtbogenöfen zum Stahlschmelzen wird verhältnismäßig kurz berichtet. Es gelangten im Jahre 1927 im ganzen 30 derartige Öfen zur Aufstellung oder Bestellung (Gesamtleistungsvermögen 50 t). Es überwiegen die Öfen kleinen Fassungsvermögens: von den 30 Öfen haben 13 ein Fassungsvermögen unter 1 t (Gesamtinhalt 5 t), 11 ein Fassungsvermögen zwischen 1 und 1,5 t (Gesamtinhalt 15 t). Der größte Ofen hat ein Fassungsvermögen von 10 t (1 Stück).

Besondere Aufmerksamkeit schenkte man den Ofenverlusten. Der Vergleich von Öfen wird durch den Mangel eines einheitlichen Vergleichsmaßstabes erschwert. (Dies gilt übrigens in erhöhtem Maße für Widerstandsöfen. D. B.) Drei Verfahren werden genannt: Außendurchmesser und Anschlußwert; Fassungsvermögen; Produktion t/h. Der Berichter hält das erstgenannte Verfahren für das eindeutigste. Als Mittelwert von zehn Stahlgießereien wird angegeben: Stromverbrauch 548 ... 687 kWh/t, im Mittel 607 kWh/t. Die Zahlen geben die Zusammenfassung von einer einmonatlichen Beobachtungsperiode. Die Gießereien, in denen gemessen wurde, waren zu 50 ... 60 % ihrer Leistungsfähigkeit ausgenutzt.

Der Bericht enthält erstmalig Angaben über elektrische Schweißverfahren. Es wird daher zunächst ein Überblick über die verschiedenen Schweißverfahren gegeben, aus dem nur der Hinweis auf das von der AEG herausgebrachte Lichtbogenschweißen im atomaren Wasserstoff erwähnt sei. — Das selbsttätige Schweißen mit Hilfe des sogenannten Schweißkopfes wird beschrieben. Im allgemeinen bietet der Absatz über Schweißen dem deutschen Leser nicht viel Neues.

Der Gesamtaufbau des Berichtes ist übersichtlich, und es ist nur immer wieder zu bedauern, daß es in Deutschland keine Stelle gibt, die derartig umfassend die Fortschritte dieses jüngsten Zweiges der Starkstromtechnik verfolgt und durch Berichte über die Fortschritte für eine Verbreitung des Gebrauches sorgt, die im Interesse der Abnehmer, der Hersteller und der Stromlieferer in gleichem Maße liegt. (Report of Committee on Electric Heat; George H. Schäffer, Iron and Steel Engineer Bd. 5, S. 291.) *Pk.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die erste Bahn über die Pyrenäen. — Im Jahre 1928 wurde die erste der drei geplanten Hauptbahnstrecken, welche quer über den Kamm der Pyrenäen eine verkürzte Verbindung zwischen Frankreich und Spanien herzustellen bestimmt sind, dem Verkehr übergeben. Es handelt sich um die Linie Bedous—Jaca, welcher diejenige von Ax-les-Thermes nach Puigcerda und später die dritte St. Girons—Sort folgen sollen (Abb. 10).

Die nun eröffnete Strecke konnte durch Anwendung der elektrischen Zugförderung mit Steigungen bis zu 43 ‰ dem auf der französischen Seite sehr schwierigen Gelände gut angepaßt werden. Während die spanische Seite keine wesentlichen Steigungen aufweist, war auf französischem Gebiet von Bedous bis zum höchsten Punkt des Grenztunnels auf 27,8 km Streckenlänge ein Höhenunterschied von 789,38 m zu überwinden. Die Spurweite beträgt in Frankreich 1435, in Spanien 1674 mm, der kleinste Halbmesser in den sehr zahlreichen Krümmungen 200 m. An Kunstbauten sind zu erwähnen: 5 Brücken von 50 ... 60 m Spannweite, zwei größere Viadukte und 14 Tunnels, darunter ein Kehrtunnel, welcher einen Höhenunterschied von 61,37 m überwindet, und der 7822 m lange Grenztunnel von Somport. Für den Bau des letzteren, bei welchem bis zu 700 Arbeiter beschäftigt waren, mußte ein eigenes Baukraftwerk mit drei Peltonrädern zu je 600 PS errichtet werden, das den Strom für Belüftung, Beleuchtung, Hilfstransporteinrichtungen sowie für den Antrieb der Kompressoren zur Erzeugung der Druckluft für die Gesteinsbohrer lieferte. Bei Canfranc am spanischen Tunnelkopf wurde ein großer Grenzbahnhof errichtet.

Die französische Teilstrecke steht im Anschluß an das übrige Netz der Midi-Bahn und wird wie dieses mit 1500 V Gleichstrom betrieben. Vier Wasserkraftwerke

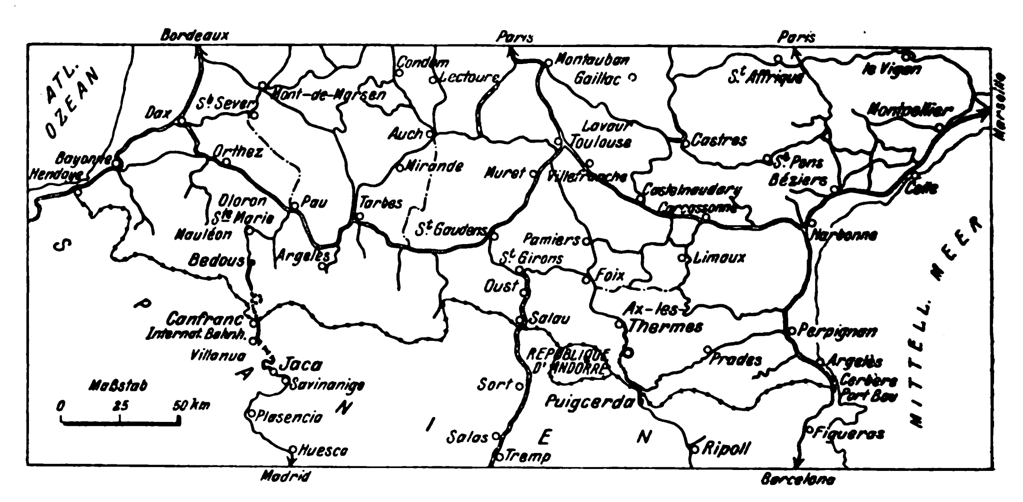


Abb. 10. Lageplan der 3 Bahnstrecken.

der Soc. de la Vallé d'Aspe teilen sich in die Stromlieferung:

Name	Install. Maschinenleistung PS	Gefälle m	Speicherfähigkeit m³	Betriebszweck
Estaens.......	4 000	475	6 000 000	Ausgleich der Jahresschwankungen
Forges d'Abel	4 000	160	75 000	Deckung der Tagesspitzen
Baralet	16 000	335 bzw. 460	100 000	dgl.
Esquit........	6 000	42	—	Grundlast

In allen vier Werken beträgt die Maschinenspannung 6 kV bei 50 Hz; sie wird zwei Umformerwerken in Forges d'Abel und Urdos zugeführt. Der Rest der erzeugten Energie wird auf 60 bzw. 150 kV hochtransformiert und einem dritten Unterwerk in Bedous sowie den



weiter nördlich gelegenen Anschlußstrecken der Chemins de fer du Midi zugeführt[1]). Die beiden zuerst genannten Unterwerke sind geschlossener Bauart, nur die Transformatoren stehen im Freien. Sie enthalten je vier paarweise in Reihe geschaltete 1000 kW-Einankerumformer mit einer Überlastbarkeit von 50 % durch 2 h und 200 % durch 5 min. Die Umformer werden einzeln mittels Stufenschalter angelassen und sind gleichstromseitig durch Schnellschalter geschützt, u. zw. ist für jede Gruppe von zwei Umformern ein Schnellschalter zwischen die negativen Bürsten des einen Umformers und dessen direkt an die Schienenrückleitung gelegte Wendepol- und Kompoundwicklung geschaltet; parallel zu diesem Schalter liegt ein Strombegrenzungswiderstand. Ein zweiter von dem ersten betätigter Schnellschalter liegt am positiven Pol des zweiten Umformers jeder Gruppe und bewirkt deren vollständige Abschaltung. Die Umformer sind auch für Stromrückgewinnung eingerichtet. Jede abgehende Speiseleitung enthält einen weiteren Schnellschalter.

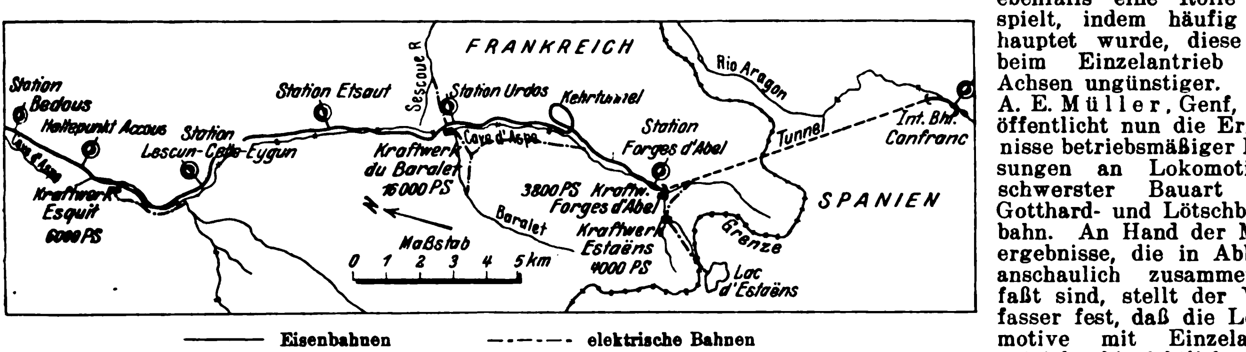


Abb. 11. Lageplan der jetzt ausgeführten Strecken.

Die 60 kV-Anlage des dritten Unterwerkes in Bedous (Abb. 11) ist ebenso wie die der übrigen weiter nördlich gelegenen Unterwerke der Midi-Bahn als Freiluftanlage ausgeführt. Dieses Werk enthält drei Unformergruppen von je 2 × 375 kW und ist in seiner übrigen Ausrüstung den beiden vorbeschriebenen ähnlich.

Die Streckenausrüstung ist die gleiche wie die der übrigen Linien der Chemins de fer du Midi; als Tragseil gelangt jedoch an Stelle des 79 mm²-Stahlseiles auf der freien Strecke ein Bronzeseil von 140 mm², in den längeren Tunnels ein Kupferseil von 144 mm² zur Verwendung, welche an der Stromführung wesentlich teilnehmen. Die Speise- bzw. Verstärkungsleitungen mußten in Anbetracht der hohen Zugleistungen und verhältnismäßig niedrigen Spannung sehr erhebliche Querschnitte erhalten, u. zw.:

Streckenabschnitt	Länge km	Querschnitt der Speise- und Verstärkungsleitungen	Gewicht der Speise- und Verstärkungsleitungen
Bedous—Urdos	15	200 mm²	26 t
Urdos—Forges d'Abel	9,5	300 „	25 „
Forges d'Abel—Canfranc	9,2	3×300 „	72 „

Die vorgesehene Anhängelast von 300 t für Schnellzüge, 360 t für Güterzüge, erfordert angesichts der auf langen Strecken auftretenden Steigung von 43 ‰ hohe Zugkräfte. Da hohe Geschwindigkeiten nicht gefahren werden können, kommen ausschließlich Güterzuglokomotiven zur Verwendung, deren Hauptdaten nachstehend wiedergegeben sind. Für jeden Zug sind betriebsmäßig zwei Lokomotiven vorgesehen.

Serie	I	II
Stundenleistung	1400 PS	1400 PS
Achsanordnung	B B	B B
Dienstgewicht	72 t	76 t
Höchstgeschwindigkeit	60 km/h	60 km/h
Länge über Puffer	11,85 m	12,87 m

Die spanische Teilstrecke wird zunächst mit Dampf betrieben, doch ist auch für diese elektrischer Betrieb in Aussicht genommen. (Ch. Dantin, Génie civil Bd. 93, S. 53.) *v. Str.*

Neue Reibungsmessungen an Schweizer Vollbahnlokomotiven. — Einer der noch nicht hinreichend ausgenutzten Vorzüge elektrischer gegenüber Dampflokomotiven ist die erhöhte Ausnutzbarkeit des Reibungsgewichtes infolge des gleichmäßigeren Drehmomentes. Wenngleich diese Tatsache allgemein bekannt war, ging man bisher bei der tatsächlichen Auslegung von Maschinen nicht an die Grenze, da diese nicht immer eindeutig bestimmt erschien. In dem Wettstreit zwischen Rahmen- und Einzelantrieb hat die Frage der Ausnutzbarkeit des Reibungsgewichtes ebenfalls eine Rolle gespielt, indem häufig behauptet wurde, diese sei beim Einzelantrieb der Achsen ungünstiger. Ing. A. E. Müller, Genf, veröffentlicht nun die Ergebnisse betriebsmäßiger Messungen an Lokomotiven schwerster Bauart der Gotthard- und Lötschbergbahn. An Hand der Meßergebnisse, die in Abb. 12 anschaulich zusammengefaßt sind, stellt der Verfasser fest, daß die Lokomotive mit Einzelachsantrieb hinsichtlich der Ausnutzung des Reibungsgewichtes in keiner Weise derjenigen mit Stangenantrieb nachsteht, wenn nicht zwei Motoren dauernd in Serie geschaltet sind und wenn die Kraftübertragung vom Motor auf das Triebrad über ein hinreichend elastisches Zwischenglied erfolgt. Aus einem

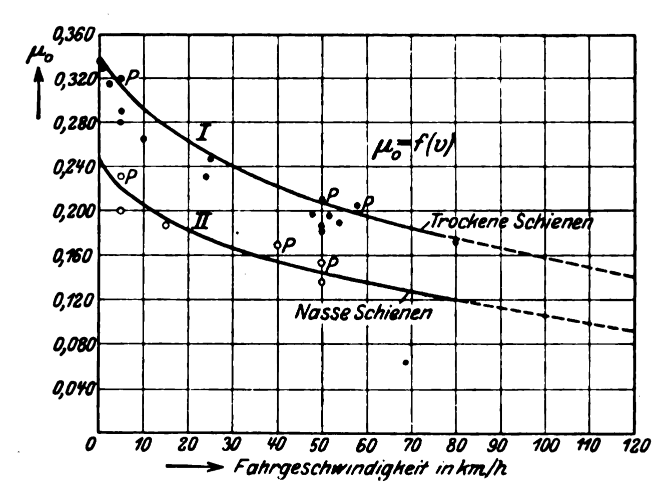


Abb. 12. Betriebsmäßig gemessene Reibungswerte (ohne Sandstreuung). Punkte, auf welchen Gleiten eintrat, sind mit „P" bezeichnet.

Vergleich der Meßergebnisse mit den Reibungswerten, die ausgeführten Lokomotiven verschiedener Staaten zugrunde gelegt sind, geht hervor, daß diese im allgemeinen unter den erreichbaren Grenzwerten liegen. (A. E. Müller, Schweiz. Techn. Z. 1928, S. 745.) *v. Str.*

Elektrische Weichen bei der Berliner Straßenbahn. — Im Bereich der von der Berliner Verkehrs A. G. betriebenen Straßenbahnlinien sind bisher etwa 75 elektrische Weichenstellvorrichtungen eingebaut worden, die vom Führerstand aus während der Fahrt selbsttätig bedient werden können. Außer den vom Führerstand aus zu betätigenden elektrischen Weichen wurden bisher 5 elektrische Vorrichtungen eingebaut, die von einer Schaltsäule auf dem Bürgersteig bedient werden. Solche Schaltsäulen gelangen überall dort zur Anwendung, wo die Wagenfolge sehr dicht und die Gleisanlage unübersichtlich ist. Die Berliner Verkehrs A. G. beabsichtigt, nach und nach alle Weichen, die nicht an einer Haltestelle liegen, und deren Lage es irgendwie zuläßt, mit einer elektrischen Stellvorrichtung zu versehen. In diesem Jahre wird sich die Zahl der vorhandenen elektrischen Weichen verdoppeln. (Verkehrstechn. 1929, S. 606.)

Bergbau und Hütte.

Kraftbedarfstudien in durchlaufenden elektrisch angetriebenen Walzenstraßen. — Dipl.-Ing. Werth berichtet über Versuche, die an 27 verschiedenen Straßen zwecks Feststellung des Kraftbedarfs durchgeführt wurden. Der Stromverbrauch des Walzmotors wurde einheitlich bei allen Versuchen auf 1 t Werkstoff bezogen und

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 79.

die so ermittelten bezogenen Walzarbeiten in kWh/t miteinander verglichen. Bekanntlich ist die bezogene Walzarbeit für jedes Walzprofil um so geringer, je höher die stündliche Erzeugung der betreffenden Walzenstraße ist (vgl. Abb. 13). Um allgemeingültige, von der jeweiligen stündlichen Erzeugung der Straße unabhängige Anhaltszahlen zu bekommen, wird die „bezogene Lastmehrarbeit" errechnet. Darunter ist diejenige Arbeit verstanden, die der Walzmotor beim Walzen von Werkstoff gegenüber dem Leerlauf mehr zu leisten hat. Die auf 1 t Werkstoff bezogene Lastmehrarbeit ist von der Erzeugungszeit weitgehend unabhängig und kann daher als Anhaltszahl

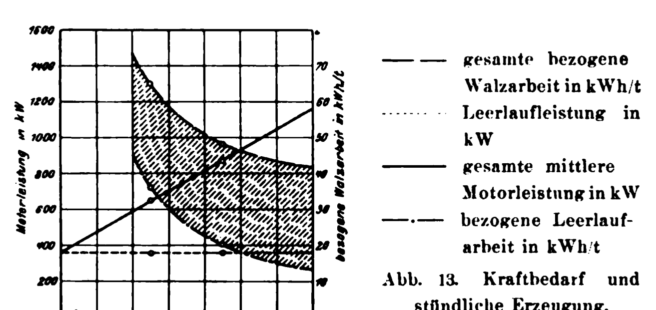


Abb. 13. Kraftbedarf und stündliche Erzeugung.

dienen. Auch die zum Leerlauf der Walzenstraße erforderliche Motorleistung kann als Anhaltszahl dienen, nicht dagegen die gesamte bezogene Walzarbeit, die einen mit der stündlichen Erzeugung wechselnden Anteil an Leerlaufsarbeit mitenthält. In Abb. 13 erscheint die bezogene Lastmehrarbeit als Unterschied zwischen gesamter bezogener Walzarbeit und bezogener Leerlaufarbeit. Die Leerlaufleistungen der untersuchten Walzenstraßen sind z. T. außerordentlich hoch gewesen. Bei den untersuchten 600er-Trio-Straßen beispielsweise ergaben sich Leerlaufleistungen von 40 ... 240 kW auf 1 Walzgerüst. Der Grund für diese ungeheuren Unterschiede ist ausschließlich in guter oder schlechter Wartung und Schmierung der Walzenlager zu suchen. Eigentümlicherweise hatten insbesondere Walzwerke mit hoher stündlicher Erzeugung sehr hohe Leerlaufleistungen aufzuweisen. Ein Einfluß von Drehzahl und Bauart der Walzenstraßen und der Art des Antriebes ließ sich wegen des verschieden guten Zustandes der Walzenlager nicht nachweisen.

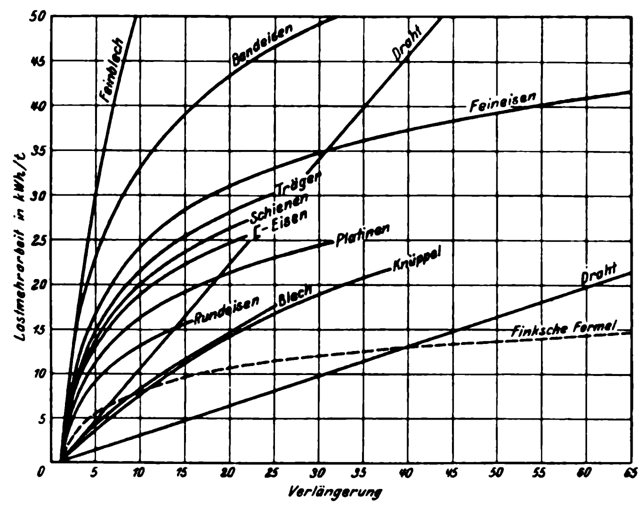


Abb. 14. Lastmehrarbeit und Verlängerung.

Eine Zusammenstellung der Versuchsergebnisse für die bezogene Lastmehrarbeit ist in Abb. 14 dargestellt. Im einzelnen ist die für das Walzen der verschiedenen Profile erforderliche Lastmehrarbeit aus dem Originalbericht zu ersehen. Die Versuche ließen immer wieder den großen Einfluß einer guten Temperatur und Durchwärmung des Walzgutes einerseits und der Abkühlung während des Walzens anderseits erkennen. Beispielsweise hatte die eine von zwei Formeisenstraßen bei gleichen Anfangsquerschnitten und bei fast gleichem Walzprogramm wegen einer etwas geringeren Temperatur durchgehends bei allen Profilen eine etwa 50 % höhere Lastmehrarbeit aufzuweisen. Beim Drahtwalzen übt die Dicke des Ausgangsknüppels auf die Höhe der Lastmehrarbeit einen nur geringen Einfluß aus, weil die ersten noch schweißwarmen Stiche nur wenig Arbeit erfordern. Dagegen sind die Drahtdicke und die Zeit, die jeder einzelne Stab vom Ofen bis zum letzten Stich gebraucht, wegen des Einflusses auf die Walz-Endtemperatur sehr bedeutsam für die Höhe der Lastmehrarbeit. Zur Verminderung des Kraftbedarfs beim Walzen sollte man also seine Aufmerksamkeit vor allem den gesamten Temperaturverhältnissen und der Leerlaufleistung zuwenden. (A. W e r t h, St. u. E. Bd. 48, S. 1670.) *Sb.*

Elektrische Antriebe.

BBC-Webstuhlmotoren. — Die Firma BBC hat unter Berücksichtigung aller bisher gemachten Erfahrungen eine neue Webstuhlmotoren-Typenreihe herausgebracht. Die Motoren werden in vollkommen geschlossener Ausführung zur Ablieferung gebracht, der Stator besteht aus einem Gußgehäuse mit einer Anbaufläche, die dazu dient, den Motor entweder direkt in einen Webstuhl einzubauen (Abb. 15) oder ihn an einem BBC-Lagerblock zu befestigen (Abb. 16) oder an eine verstellbare Riemenwippe (Abb. 17) oder an einen Fuß anzuschrauben. Die Motoren gleicher Leistung und Frequenz sind im Gehäuse gleich, so daß der Motor also unverändert ebenso gut für Zahnrad- als auch für Riemenantrieb verwendet werden kann. Ferner ist jederzeit der gegenseitige Austausch von Motoren verschiedener Antriebe möglich. Die Anbaufläche hat eine Nut und vier Gewindelöcher. In der Nut ist ein eingelegter Keil vorhanden, der beim Zahnradantrieb einfache Montage und parallele Zahnradeinstellung sichert. In dem Gußgehäuse ist der aus hochwertig legiertem Blech bestehende Statorkörper untergebracht; die Wicklung ist in halbgeschlossenen Nuten eingebettet und vom Blechkörper sorgfältig isoliert. Die Motoren werden mit Kugellagern bewährtester Konstruktion ausgerüstet, so daß die Reibungsverluste das praktisch erreichbare Mindestmaß betragen. Die Schmierung der Motoren erfolgt durch Fett. Die Lager werden bei der Fertigstellung der Motoren mit geeignetem

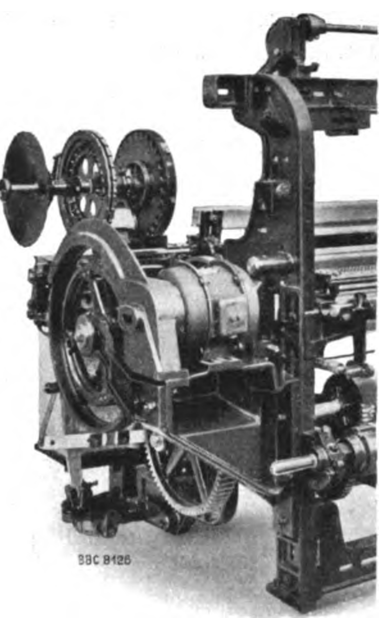


Abb. 15. Webstuhl mit eingebautem Motor.

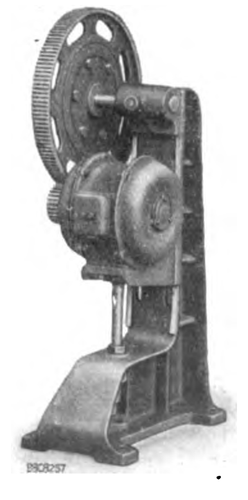


Abb. 16. Lagerbock mit Motor.

Abb. 17. Verstellbare Riemenwippe mit Motor.



Fett gefüllt und dicht abgeschlossen. Irgendwelche Unterhaltung ist nicht notwendig, und es genügt, je nach Schwere des Betriebes etwa alle zwei Jahre die Motorlager gründlich zu reinigen und alsdann mit frischem Fett zu füllen. Bei der Konstruktion der Motoren wurde besonders Wert auf eine möglichst kräftige Bauart gelegt. Dementsprechend sind sämtliche Teile, wie Kugellager, Wellen usw., besonders reichlich gehalten. Hierdurch genügen die Motoren den schweren Anforderungen, die bei Zahnradantrieb gestellt werden, und gewähren eine gute Betriebsicherheit. Auch die elektrischen Eigenschaften der Motoren sind günstig. Das Anlaufmoment ist derart gewählt, daß schon der erste Schützenschlag sicher sitzt und Webfehler vermieden werden. *fi*

Fernmeldetechnik.

Köln vollständig auf SA-Betrieb umgestellt. — In Köln sind am 14. IX. abends die letzten 18000 Handamtsanschlüsse von den 4 Handämtern Anno, Rheinland, Mosel und Ulrich auf die neuen SA-Ämter Anno, Rheinland, Mosel und Eifel umgeschaltet worden. Köln hat jetzt 8 10000-Ämter (außer den genannten noch Freiheit, Hansa, Mülheim, Norden und West) und 1 Hilfsamt (Köln-Longerich). In Köln-Worringen ist ein 1000-Amt vorhanden, das mit den übrigen Kölner Ämtern Schnellverkehr hat. Alle SA-Ämter in Köln sind durch Siemens & Halske gebaut worden, die ersten (West und Mülheim) wurden 1925 in Betrieb genommen.

Für die weitere Entwicklung (über 9 Ämter) ist in der Weise vorgesorgt, daß die Höhenschnitte 2 und 3 für je eine Gruppe von 10000-Ämtern vorgesehen sind, zur Gruppe 2 gehören bereits die Ämter Anno und Rheinland und das demnächst noch hinzukommende Amt Mosel. An Hauptanschlüssen sind nahezu 39000 vorhanden. *of*

Die Betriebsicherheit in Fernkabelanlagen. — Für die Sicherheit des Fernsprechweitverkehrs ist es von größter Wichtigkeit, daß die Fernkabel vorbeugend vor störenden Einflüssen geschützt und auftretende Mängel beseitigt werden, ehe sie den Betrieb stören. Zu diesem Zweck sind vom CCI zahlreiche Messungen vorgeschrieben, die über die elektrischen Werte der Stromkreise Aufschluß geben. Die Messungen beziehen sich auf Isolation, Leitungswiderstand, Dämpfung, Wellenwiderstand, Sprechfähigkeit, Rufübertragung, Verstärkungsgrad, Pfeifpunkt, Nebensprechen, Störgeräusche usw. Zur Durchführung der Messungen sind bei der Deutschen Reichpost Fernkabelbezirke gebildet, in denen die Messungen von besonderen Fernkabelmeßbeamten ausgeführt werden. Da durch die Messungen der Betrieb nicht gestört werden darf, müssen die im Betrieb befindlichen Leitungen für die Dauer der Messung auf Ersatzleitungen geschaltet werden. Um die Umschaltungen ohne merkbare Betriebsunterbrechung auszuführen, werden besonders eingerichtete Kipphebel-Umschalter verwendet, mittels deren die Umlegung sich in etwa 1/12 s vollzieht. Für Leitungen, die mit Tonfrequenz- oder Unterlagerungstelegraphie betrieben werden, genügt diese Geschwindigkeit nicht. Die Deutsche Fernkabel-Gesellschaft hat für diese Fälle einen besonderen Umschalter ausgebildet, bei dem die Umlegung auf elektrischem Wege mit Hilfe von Relais erfolgt.

Die vorgeschriebenen Messungen genügen zwar vollauf, um die Betriebsfähigkeit der Fernkabel zu sichern. Es erschien aber notwendig, darüber hinaus noch weitere Vorsorge zu treffen, um die Fernkabel dauernd auf der vollen Höhe der Leistungsfähigkeit zu erhalten. Die bei der Abnahme einer neuen Fernkabelanlage festgestellten elektrischen Werte dürfen nicht verschlechtert werden, auch nicht beim Auswechseln von Kabelstücken oder Spulen, bei Instandsetzungs- oder Umlegungsarbeiten. Ferner ist es wichtig, das Planzeug laufend genau richtig zu halten und alle Änderungen an den Wegen oder angrenzenden, als Standpunkt oder Standlinie geltenden Gebäuden einzutragen, damit das Kabel jederzeit leicht aufgefunden werden kann. Zur Durchführung dieser Arbeiten sind ein sehr gut vorgebildetes, mit den neuesten Erfahrungen vertrautes Personal und eine gute Ausrüstung mit kostspieligen Meßinstrumenten und Geräten für die elektrischen Prüfungen und für die Planberichtigungen erforderlich. Da es nicht wirtschaftlich erschien, alle Fernkabelbezirke in dieser Weise auszustatten, ist die Deutsche Fernkabel-Gesellschaft, die Erbauerin des deutschen Fernkabelnetzes, beauftragt worden, die Prüfungen in der Weise vorzunehmen, daß jede Fernkabelanlage im Laufe von drei Jahren untersucht wird. Sie hat alle Fehler, die sie findet, zu beseitigen und die Linie so aufzuarbeiten, daß sie die elektrischen Werte, die sie bei der Übergabe gehabt hat, voll wiedererhält. Die Fernkabelmeßbeamten der Deutschen Reichspost werden an den Messungen beteiligt und finden dadurch Gelegenheit, mit dem neuesten Stand der Technik vertraut zu werden.

Die getroffenen Maßnahmen mögen zunächst etwas weitgehend erscheinen. Die Erfahrungen haben aber bereits gezeigt, daß so viele Veränderungen an den Kabeln vorkommen und so viele Möglichkeiten auftreten, die den Wert der Kabel sinken lassen, daß sie notwendig sind. (A. Mentz, Europ. Fernspr. 1929, S. 128.) *Bkm.*

Quarz-Resonatoren. — Prof. Cady von der Wesleyan-Universität gebührt das Verdienst, Quarzkristalle zur Frequenzkontrolle in die Hochfrequenztechnik eingeführt zu haben[1]. Die Verwendung von Quarzen hat sich sowohl für die Sende- als auch für die Empfangstechnik eingeführt. Im ersten Fall dient der Quarz dazu, den Sender mit einer möglichst konstanten Frequenz zu steuern, im zweiten Fall als Vergleichsnormale, um einen Sender auf seine Frequenzkonstanz zu prüfen. Fundorte von für diese Zwecke geeigneten Quarzkristallen sind in erster Linie Brasilien, dann auch Madagaskar und die Schweiz. Die Kristalle werden zu rechtwinkligen Parallelepipeden oder Zylindern geschnitten und geschliffen[2]. Der Durchmesser eines geschliffenen Quarzzylinders schwankt zwischen 10 und 25 mm, die Dicke zwischen 0,5 und 5 mm. Bei Verwendung von Platten kommt man zu Abmessungen bis zu 60 mm Länge. Die Eigenfrequenz eines Quarzes läßt sich angenähert durch die Formel $l = 2700/f$ bestimmen, wobei l die Länge in mm und f die Frequenz in Kilohertz ist.

Um die mechanischen Schwingungen des Quarzes in elektrische umzuformen, bringt man den Kristall zwischen zwei Elektrodenplatten, welche dann mit einer Verstärkerröhre zusammengeschaltet werden. Für die Genauigkeit der Frequenzkonstanz und die Energieausbeute sind die Befestigungsart des Quarzes und die Größe des Luftspaltes Quarz—Elektroden von Bedeutung. Man erhält einerseits eine um so größere Frequenzgenauigkeit je größer der Luftspalt ist, anderseits wird damit aber auch die abgegebene Leistung des schwingenden Systems wieder kleiner. Die elektrischen Eigenschaften eines Quarzes lassen sich mit dem eines Schwingungskreises vergleichen: 1 Kondensator (C_2) parallel geschaltet mit einer Selbstinduktion (L_1), einem Widerstand (R_1) und einer Kapazität (C_1), welche untereinander in Reihe geschaltet sind. Für einen Kristall von der Eigenfrequenz 90 kHz gibt van Dyke[3] für die einzelnen Größen die folgenden Werte: $L_1 = 140$ H, $R_1 = 16000\,\Omega$, $C_1 = 0{,}023\,\mu\mu$F, $C_2 = 3{,}569\,\mu\mu$F. Der Temperaturkoeffizient eines Quarzkristalles ist sehr gering, etwa 1 : 100000 für 1° Fahrenheit.

Die Frequenzkonstanz eines Quarzes ist beträchtlich größer als die eines aus Abstimmungsmitteln gebildeten Schwingungskreises. Gegenüber einer Stimmgabel besitzt er den Vorteil, daß die Eigenfrequenz wesentlich höher liegt und meist im Bereich der geforderten Frequenzen, während bei Verwendung einer Stimmgabel in der Hochfrequenztechnik fast stets eine hohe Vervielfachung der Frequenz erforderlich ist.

Zur Frequenzkontrolle bzw. als Vergleichsnormale für die Empfangstechnik werden verschiedene Methoden verwendet, bei welchen entweder wie bei Giebe und Scheibe[4] die Schwingungen des Kristalles sichtbar gemacht werden, oder der Quarz arbeitet auf einen kleinen Sender, dessen Frequenz mit der zu prüfenden verglichen wird. Durch geeignete Wahl der Grundfrequenz des Quarzes und einer entsprechenden Vervielfachung kann man so ein sehr breites Frequenzband erreichen und z. B. Frequenzen von 2000 ... 15000 kHz mit einem Abstand von 1000 kHz messen. Die Verfasser haben nach diesem System einen Wellenmesser entwickelt, mit welchem ein Wellenbereich von 150 ... 20 m mit einem Abstand von 20 m gemessen werden kann. Um eine genaue Frequenzkonstanz zu erreichen, ist es vorteilhaft, den Quarz in Vakuum zu bringen. — Neue Ergebnisse werden in der Arbeit nicht gebracht. Es sei an dieser Stelle an den Aufsatz von Scheibe[5] erinnert, der ausführlich eine Übersicht über das gleiche Thema gibt. (G. W. N. Cobbold u. A. E. Underdown, J. Inst. El. Engs. London Bd. 66, S. 855.) *Hbm.*

---

[1] Cady, Proc. Inst. Radio Engs. Bd. 10, S. 83.
[2] D. W. Dye, Proc. Phys. Soc. London Bd. 38, S. 399; ferner Cady, wie Fußnote 1.
[3] van Dyke, Phys. Rev. Bd. 25 (1925), S. 895.
[4] Giebe u. Scheibe, ETZ 1926, S. 380 u. 483. Z. Phys. Bd. 33, S. 355.
[5] Scheibe, Jahrb. Drahtl. Telegr. Bd. 28, S. 15.



Physik und theoretische Elektrotechnik.

Hydrodynamische Behandlung hochfrequenter elektromagnetischer Aufgaben. — Die bereits von Lord Kelvin erwähnte hydrodynamische (potentialtheoretische) Betrachtung hochfrequenter Probleme wird von M. Strutt angewandt auf den Fall eines Zylinders von kreisförmigem und von elliptischem Querschnitte, der sich in einer langen, mit hochfrequentem Wechselstrom beschickten Spule befindet. Ist W_e die in der Längeneinheit des Zylinders dissipierte Wärme, wenn die Zylinderachse in der Spulenachse liegt (longitudinal), W_t die ebenso gemessene Wärme, wenn die Zylinderachse senkrecht auf der Spulenachse steht (transversal), so ergibt sich für den Kreiszylinder $W_t/W_e = 2$, während für den elliptischen Zylinder W_t/W_e als Funktion des Achsenverhältnisses β der Querschnittsellipse in Zahlentafel 1 angegeben wird. Im letzteren Falle ergibt sich, daß W_t nicht abhängt vom Winkel, den die Spulenachse mit der großen Achse der Querschnittsellipse einschließt, und, solange β nicht extrem klein ist, sich mit β wenig verändert. In einer Kugel wird im hochfrequenten Felde mehr dissipiert als in der Längeneinheit eines Kreiszylinders mit gleicher Oberfläche wie die Kugel, wenn die Zylinderachse in der Spulenachse liegt, aber weniger als in dieser Längeneinheit, wenn die Zylinderachse senkrecht zur Spulenachse steht. (M. J. O. Strutt, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 525.)

Zahlentafel 1.

$\frac{W_t}{W_e}$	2,00	2,00	2,00	2,05	2,10	2,24	2,80	∞
β	1	0,707	0,500	0,262	0,177	0,089	0,017	0

Verschiedenes.

Explosion einer Druckluftlokomotive. — Kürzlich hat sich auf einer Zeche des Ruhrbezirks unter Tage an einer Druckluftlokomotive ein Unglücksfall dadurch ereignet, daß der Arbeitsbehälter während der Füllung der Hochdruckbehälter explodierte. Der Arbeitsbehälter wurde dabei in Stücke gerissen und der Lokomotivrahmen an mehreren Stellen zerbrochen; die Haltebänder der Hochdruckbehälter rissen, und diese verschoben sich aus ihrer Lage. Die Beschädigungen waren so groß, daß die Lokomotive mit Ausnahme der unversehrt gebliebenen Hochdruckbehälter verschrottet werden mußte. Der Lokomotivführer war während des Füllens der Hochdruckbehälter damit beschäftigt, die Schmierstellen mit Öl zu versehen. Er wurde durch Gesteinsplitter, die sich infolge der Explosion von den Wänden des Füllraumes lösten, leicht verletzt. Die Füllanlage blieb unbeschädigt. (A. Sauermann, Glückauf Bd. 65, S. 936.)

„Haus der Technik", Essen. — Im Wintersemester 1929/30 werden im „Haus der Technik" in Essen wieder eine große Anzahl von Vorlesungen aus den verschiedensten Gebieten der Ingenieurwissenschaften abgehalten werden. Am 21. III. 1930 soll für das gesamte rheinisch-westfälische Industriegebiet eine Veranstaltung der Elektrotechniker stattfinden, bei der Prof. Dr. W. Petersen über „Fortschritte in der Hochspannungstechnik" und Dir. Dr. A. Koepchen über „Das RWE. in der deutschen Elektrizitätswirtschaft" sprechen werden. Für den Elektrotechniker dürfte sich ferner die Belegung von Vorträgen aus Randgebieten empfehlen, wie Kunststoffe, Bergbauschäden, Elektrolyse in der Chemie, elektrische Antriebe unter Tage usw. Das ausführliche Programm ist von der Geschäftsleitung des Hauses der Technik, Essen, Herbertstraße 13, zu erlangen. Es ist aber auch in den in fast allen größeren Städten Westdeutschlands eingerichteten Kartenverkaufstellen zu haben. *of*

Energiewirtschaft.

Der erste Jahresbericht des englischen Zentralamtes. — Dieser im Mai des Jahres veröffentlichte Bericht zeigt, daß von den sieben wichtigsten Projekten, die bei Einteilung des Landes vorgesehen sind, bereits fünf in Angriff genommen wurden. Diese fünf Projekte decken 43 % der Bodenfläche, 75 % der Bevölkerung und 80 % des Energieabsatzes Großbritanniens. Die beiden ausstehenden Projekte sind die für Nordost-[1] und Südwestengland.

[1] Seitdem veröffentlicht.

Neben Karten und Berichten verwaltungstechnischer Art über die einzelnen Projekte bringt dieser erste Jahresbericht Angaben über die in Hand genommene Konstruktion der Verbindungsleitungen und Unterwerke. Der wesentliche Charakter des englischen Netzes wird hervorgehoben, nämlich daß es als Verbindungsnetz zwischen Kraftstationen eher dem Ausgleich zwischen diesen dient als der Übertragung von dem Kraftwerk zur Verbrauchstelle, wie das bei den meisten Netzen anderer Länder der Fall ist. Diese Verwendungsart spielte bei der Spannungswahl von 132 kV eine Rolle, und die Wirtschaftlichkeitsrechnung ergab, daß die Baukosten bei 165 kV sich um 12 % und bei 110 kV um 5 % höher stellen würden.

Zur Zeit, als diese Wahl getroffen wurde, hatte die Internationale Elektrotechnische Kommission 132 kV als Normalspannung aufgegeben und nur die beiden ihr nächstliegenden obenerwähnten gelten lassen. Die auffallende Ersparnis bei dieser Spannung ließ aber keine andere Wahl als die von 132 kV, die, wenn nicht mehr internationale Norm, so doch in einer Anzahl Länder ausgiebig angewandt wird. Es sind dies Australien, Brasilien, Frankreich, Indien, Italien, Südafrika, Spanien, Schweden, die Schweiz und die V. S. Amerika.

Die Leitungsdrähte sowie der Erddraht bestehen aus Stahlaluminium. Die Türme haben im Verhältnis zu den anderswo üblichen eine breite Basis von rd. 5 ... 7 m. Zum Entwurf wurde der bekannte Künstler Sir Reginald Blomfield herbeigezogen. Der normale Turmabstand ist 270 m. Die Isolatorenzahl in jeder Hängeisolatorenkette beträgt 9 und gibt bei der verwendeten festen Nullpunkterdung einen elektrischen Sicherheitsfaktor von 4,5.

Als Selektivschutz werden die längeren Leitungen mit Impedanz- oder Reaktanzschutz versehen. Für Leitungen unter etwa 20 km werden Schutzsysteme mit Hilfsdraht verwendet.

Die Transformatorenstationen werden meistens und überall, wo genügend Boden zur Verfügung steht, als Flachbau ausgeführt. In den meisten Fällen sind zwei Transformatoren vorgesehen und zwei abgehende 132 kV-Leitungen. Es wird dann eine besondere Schaltung angewendet, die nur drei Hochspannungsölschalter benötigt.

Die 132 kV-Transformatoren sind in acht Größen zwischen 7500 kVA und 75 000 kVA normiert, und auch die größten werden als Dreiphaseneinheiten ausgeführt. Sie sind für festgeerdeten Nullpunkt und bis zur halben Leistung für natürliche, darüber hinaus für künstliche Luftkühlung gebaut. Die Spannung ist unter Last zwischen ± 10 % in Stufen von 1,43 % regelbar, und dafür werden 15 Anzapfungen der Hochspannungswicklung zu einem Regelschalter gebracht.

Die im Gesetz von 1926 vorgesehene Tarifgrundlage erfordert besonders komplizierte Höchstverbrauchsmeßvorrichtungen, welche die watt- und wattlose Leistung in verschiedenen Leitungen selbsttätig addieren beziehungsweise subtrahieren.

Selbsttätige Fernmeldung der wichtigsten Geschehnisse in den Unterstationen an eine Zentralstelle wird vorgesehen, und dafür sollen von der Postverwaltung gemietete Fernsprechleitungen gebraucht werden.

Bis zur Veröffentlichung des Berichts hatte das Zentralamt von der Regierung die Vollmacht erhalten, eine Anleihe von 14 Mill £ aufzunehmen zur Deckung der ersten Ausgaben für die in Angriff genommenen Projekte und die Frequenznormung. R. O. Kapp.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Wie die Übersicht, deren Angaben für 1928 nach der soeben vom Statistischen Reichsamt herausgegebenen neuen „Industriellen Produktionsstatistik"[2] berichtigt worden sind, zeigt, war die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke im Juni 1929 um 4,7 Mill kWh geringer als im Vormonat, aber um 213,6 Mill kWh (20 %) größer als im Juni 1928. Arbeitstäglich betrugen diese Änderungen — 0,188 bzw. + 10.21 Mill kWh. Nach dem Bericht des Reichsamts haben die genannten Werke im ersten Halbjahr 1929 7,9 Mrd kWh produziert, d. s. 17 % mehr als in derselben Periode von 1928 (6,75 Mrd kWh). Im Mai stellte sich der Anschlußwert der von 103 Werken versorgten gewerblichen Abnehmer gegenüber dem Vormonat um 8000 kW und gegen den Mai 1928 um 0,223 Mill kWh (5 %) höher. Ihr Verbrauch ist, verglichen mit dem April, um 1,7 Mill kWh zurückgegangen, war aber um 65,8 Mill kWh größer als im gleichen Monat des Vorjahres (15 %); arbeits-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1175.
[2] Sonderhefte zu Wirtsch. u. Stat. Nr. 6. Verlag von Reimar Hobbing, Berlin 1929.



täglich betrug die Abnahme 0,07, die Zunahme 2,63 Mill Kilowattstunden (15 %).

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh				Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer							
			insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch			
											insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
I.	26	26	1443,6	1234,4	55,5	47,5	4,8	4,0	540,0	475,7	20,8	18,3	4,8	4,6
II.	24	25	1282,0	1128,8	53,4	45,2	4,3	4,1	499,3	458,1	20,8	18,3	4,8	4,5
III.	25	27	1306,9	1172,7	52,3	44,4	4,3	4,1	510,2	483,7	20,4	17,9	4,7	4,4
IV.	25	23	1299,1	1048,9	52,0	45,6	4,3	4,1	511,6	436,5	20,5	19,0	4,7	4,6
V.	25	25	1302,3	1083,6	52,1	43,3	4,3	4,1	509,9	444,1	20,4	17,8	4,7	4,3
VI.	25	26	1297,6	1084,0	51,9	41,7	.	4,1	.	458,8	.	17,6	.	4,3

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Der 1923 gegründete Elektrozweckverband Mitteldeutschland, dem die Zweckverbände Überlandwerk Edertalsperre und Fulda-Hünfeld-Schlüchtern, das Überlandwerk Süd-Hannover G. m. b. H., das Verbands-Elektrizitätswerk Waldeck, der Elektrizitätsverband Büren-Brilon G. m. b. H., drei städtische Werke und acht Kreis-Elektrizitätsämter angehören, plant mit Rücksicht auf den die neuere Entwicklung der deutschen Elektrizitätswirtschaft charakterisierenden Umschichtungsprozeß die Umwandlung in eine Aktiengesellschaft und hat sein Vorhaben in einer von der Köln. Zg. auszugsweise wiedergegebenen Denkschrift eingehend begründet. Nach dieser hat die Stadt Göttingen in Anbetracht der Schwierigkeit, sämtliche Anlagen aller einzelnen Verbandsunternehmungen der neuen Gesellschaft zu übereignen, vorgeschlagen, zunächst die Betriebe der Landkreise allein zu vereinigen und die städtischen Werke in Aktiengesellschaften überzuführen, die durch Aktientausch in enge Beziehung zu der Kreisgesellschaft treten sollen. Die elektrischen Anlagen der Kreisüberlandwerke, die in das neue Unternehmen einzubringen wären, sollen einen Gesamtwert von rd. 30 Mill RM besitzen. Um neben den Konzessionsgebühren eine etwa 6prozentige Dividende verteilen zu können, müßten diese Sachwerte auf ein Gesellschaftskapital von 20 Mill RM zusammengelegt werden. Für den Aktienaustausch mit den städtischen Werken wären 5 Mill RM zur Verfügung zu halten, und da den für die Beteiligung in Betracht kommenden Gemeinden und Gemeindeverbänden das Einbringen nennenswerter Barmittel nicht zugemutet werden solle, würden andere Unternehmungen hierfür zu interessieren sein. Als solche kämen die Preußische Elektrizitäts-A. G. und alternativ die VEW in Betracht, die sich beide zu einer mindestens 26prozentigen Beteiligung bereiterklärt hätten. Eine solche würde bedeuten, daß das Aktienkapital der neuen Gesellschaft von 25 auf 34 Mill RM erhöht werden müßte, wovon dann 20 Mill RM auf die Kreise des Elektrozweckverbandes, 5 Mill RM auf die beteiligten Städte und 9 Mill RM auf die Preag bzw. die VEW entfielen. Erstere verfügt bekanntlich über die Braunkohlenkraftwerke Borken und Harbke, die Wasserkraftwerke an der Eder- und Diemeltalsperre sowie am „Letzten Heller" bei Hann.-Münden, hat ferner mit dem Gersteinwerk der VEW und einigen anderen, kleineren Zentralen in der Provinz Hannover Lieferungsverträge geschlossen und arbeitet mit dem Bayernwerk bei Dettingen zusammen, beliefert also nach Fertigstellung ihres Leitungsnetzes ein sehr großes Gebiet von Süddeutschland bis zur Nordsee und von Westfalen bis Magdeburg. Der Elektrozweckverband Mitteldeutschland bezieht aus diesen Werken seinen Strom und hatte 1928 einen Absatz von 136 Mill kWh, der im laufenden Jahr 150 Mill kWh überschreiten dürfte. Die Preag ist grundsätzlich bereit, einer Aktiengesellschaft, der alle Verbandsmitglieder angehören, einen Teil ihrer 60 kV-Fernleitungen und Umspannwerke zu übereignen, soweit sie diese nicht für ihren eigenen Betrieb benötigt. In einer in Kassel abgehaltenen Vorstandsitzung des Elektrozweckverbandes hat sich eine grundsätzliche Einigung auf die Beteiligung der Preag ergeben, doch will man die Einzelheiten der Durchführung des neuen Unternehmens erst nach Beschlußfassung der Kreiskörperschaften festlegen. Inzwischen ist bekannt geworden, daß die Elektrizitätsgesellschaft Fulda A. G. dem Elektrozweckverband beitreten wird, daß die Städte Kassel, Marburg und Göttingen zu dem gleichen Zweck ihre Werke in Aktiengesellschaften zu überführen beabsichtigen, daß ferner die Landkreise Hanau und Kirchhain, die eingangs erwähnten Überlandwerke und Waldeck sich für den Beitritt ausgesprochen haben und nur die Stadt Hanau sich vorläufig ablehnend verhält. Bei dieser Sachlage hat man es dann für zweckmäßig erachtet, zur Durchführung der Vergesellschaftung aller dem Elektrozweckverband Mitteldeutschland in Kassel angeschlossenen Unternehmungen unter Beteiligung des preußischen Staats durch die Preag eine „Studiengesellschaft Elektrizitäts-A. G. Mitteldeutschland" in der Form einer Aktiengesellschaft mit dem Sitz in Kassel und vorläufig 0,1 Mill RM Kapital zu bilden, das nach und nach mit dem Einbringen neuer Sachwerte in Form von Elektrizitätswerken, Leitungsnetzen, Anschlüssen usw. erhöht werden soll. Wenn alle Organisationen dieser Art in der Elektrizitäts-A. G. Mitteldeutschland vereinigt sind, wird sich die Studiengesellschaft wieder auflösen.

Die in der ETZ 1929, S. 725, schon genannte Hannoversche Stromversorgungs-A. G., Hannover, ist nunmehr mit 6 Mill RM Stammkapital in das Handelsregister eingetragen worden. Sie bezweckt Errichtung, Erwerb sowie Betrieb elektrowirtschaftlicher Anlagen und übernimmt von der Überlandwerke und Straßenbahnen Hannover A. G. Anlagen und Vermögensgegenstände gegen eine Vergütung von insgesamt 8 Mill RM. Unter den Gründern steht die Preußische Elektrizitäts-A. G. an erster Stelle.

Nach Mitteilung der Elgawe bauen die Elektrowerke A. G. eine neue 100 kV-Doppelleitung nach Bitterfeld, da die bereits bestehende wegen des stark wachsenden Strombedarfs im genannten Industrierevier einer Ergänzung bedarf, und außerdem eine 100 kV-Leitung von Zschornewitz in das Industrierevier Lauta.

Mitte August hat das Kraftwerk Pfrombach der Mittleren Isar A. G. die Drehstromlieferung an das Bayernwerk aufgenommen und wird voraussichtlich noch im Laufe des September auch die Bahnstromerzeugung beginnen.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1351.

RECHTSPFLEGE.

Gewerbesteuerpflicht des Elektrizitätswerkes eines Provinzialverbandes. — Bei der Frage, ob das Elektrizitätswerk eines Provinzialverbandes, das seine stromerzeugende Kraft im wesentlichen aus den unter der Verwaltung dieses Provinzialverbandes stehenden Talsperren bezieht, zur Gewerbesteuer herangezogen werden kann, war ausschlaggebend, ob es „gewerbliches Unternehmen" im Sinne der Gew.St.Vdg. ist. Zu diesem Begriff gehört nach § 1 Gew.St.Vdg. eine fortgesetzte, auf Gewinnerzielung gerichtete selbständige Tätigkeit, die sich als Beteiligung am allgemeinen wirtschaftlichen Verkehr darstellt. Der Gewerbesteuerberufungsausschuß sah dies als gegeben an, und auch das zur Entscheidung angerufene OVG. kam zu keiner anderen Auffassung. (Urteil v. 16. X. 1928 — VIII G.St. 276/27.)

Wenn das Werk behaupte, es fehle ihm die Selbständigkeit, so sei dies ein Irrtum, denn der Betrieb sei in sich abgeschlossen, laufe auf eigene Rechnung, und die Tatsache, daß es technisch von den Staueinrichtungen abhänge und in der vollen Ausnutzung der Wasserkraft durch die Talsperre behindert werde, sei für den Begriff Selbständigkeit ohne Bedeutung. Ferner werde die Absicht der Gewinnerzielung bestritten. Ausgeschlossen sei die Gewerblichkeit nur dann, wenn die Erzielung von Gewinn eine zufällige, gelegentliche und auch nebensächliche Folge des Unternehmens sei. Hier aber habe bei Anlegung des Werkes die Absicht bestanden, aus den Einnahmen wenigstens teilweise die Kosten der Talsperre und des Hochwasserschutzes zu decken, und das bedeute nichts anderes, als daß der Gewinn des Werkes in einer bestimmten Weise verwendet werden solle. Damit sei die Absicht der Gewinnerzielung und damit auch die Gewerbesteuerpflicht gegeben.

Ferner hatte das Werk sich auf seine Gemeinnützigkeit berufen. Der Umstand, daß das Werk als gemeinnützige Anstalt betrachtet werden könnte, ist indessen für die Frage nach der Gewerbesteuerpflicht ohne Bedeutung, da § 2 Gew.St.Vdg. ausdrücklich sagt, daß auch ein Unternehmen, dessen Gewinn ausschließlich zu gemeinnützigen Zwecken verwendet wird, gewerbesteuerpflichtig ist. Im übrigen gilt eine Verwendung für Zwecke des Reiches, des Staates oder der Kommunalverwaltung an sich noch nicht als gemeinnützig.

Der Betriebsvertrag hinsichtlich des Überlandnetzes eines Elektrizitätsverbandes gilt als Pachtvertrag. — Durch Bau- und Betriebsvertrag übertrug ein Elektrizi-



tätsverband einer Gesellschaft neben der weiteren Herstellung des Überlandnetzes des Verbandes die verantwortliche Betriebsführung des Überlandnetzes sowohl in technischer wie auch in kaufmännischer Beziehung. Das Überlandnetz wurde der Gesellschaft nach dem Vertrage unentgeltlich zur Verfügung gestellt, die aber an den Verband die Summe derjenigen Beträge zu zahlen hat, welche in den Strompreisen zur Deckung des Kapitaldienstes bestimmt sind, und außerdem 6 % der Bruttoeinnahme. Als „Bruttoeinnahme" ist bezeichnet die Summe aller Beträge, die von sämtlichen Stromabnehmern für Stromabnahme zu zahlen sind. Der Verband verwendet letztgenannten Betrag zur Deckung seiner ihm erwachsenden Verwaltungskosten.

Diese 6 % der Bruttoeinnahme, abzuführen an den Verband, betrachtete die Gesellschaft als abzugsfähige Betriebsausgabe. Das OVG. kennzeichnete den Betrag als Pachtzins und sprach ihm demzufolge die Abzugsfähigkeit ab. (Urteil v. 13. XI. 1928 — VIII G.St. 330.)

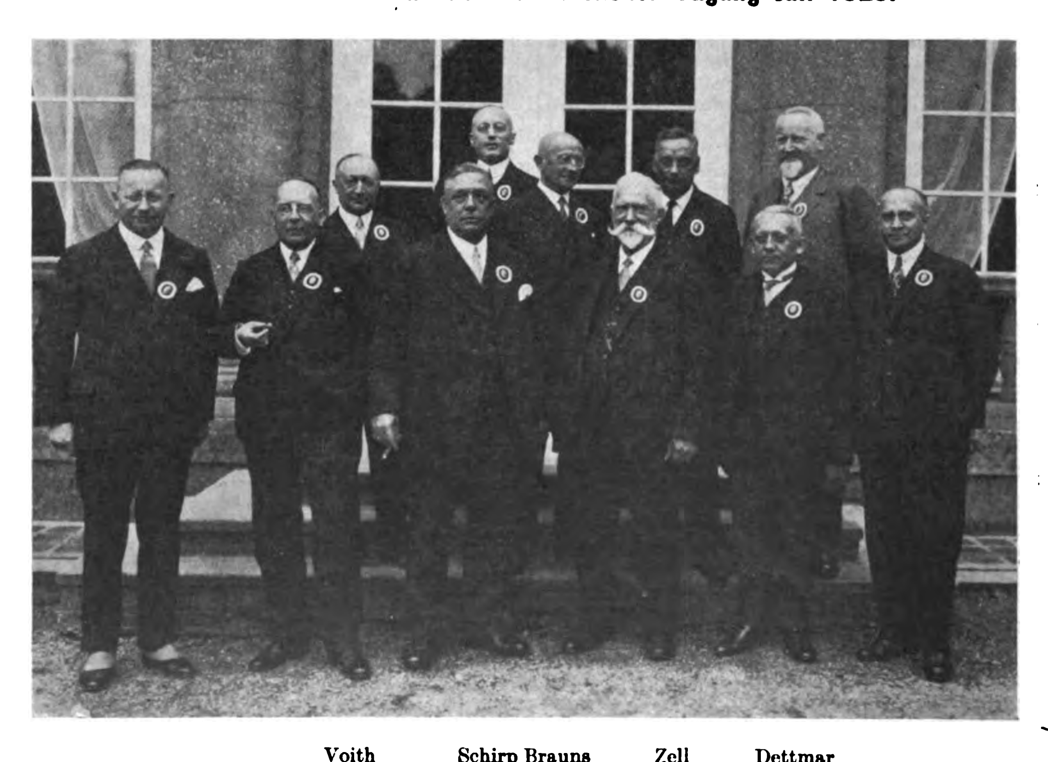
Die Vereinbarung über die Nutzung des Überlandnetzes durch die Gesellschaft enthält nach Auffassung des OVG. alle Merkmale eines zwischen dem Verband und der Gesellschaft abgeschlossenen Pachtvertrages. Denn Pacht ist begrifflich die zeitweise entgeltliche Überlassung des Gebrauches einer Sache zwecks Ziehung eines Nutzens. Das Entgelt, das die Gesellschaft an den Elektrizitätsverband zu zahlen hat, gehört nicht, wie die Gesellschaft annimmt, zu den eigenen Geschäftsunkosten ihres Betriebes, da ohne Aufwendung dieser Unkosten der Betrieb überhaupt nicht zu führen sei, sondern das Entgelt stellt sich als eine Übernahme der dem Verband erwachsenden Unkosten dar. Es ist also nichts anderes als ein Pachtzins für die Überlassung und Nutzung des Überlandnetzes. Miet- und Pachtzinsen sind aber, obwohl sie Betriebsausgaben und Werbungskosten sind, kraft positiver Vorschrift des § 5 Abs. II Gew.St.Vdg. nicht abzugsfähig.

Auch Einkünfte des Elektrizitätswerkes aus Installationen von Innenleitungen sind körperschaftsteuerpflichtig. — Bei den grundsätzlich körperschaftsteuerfreien sog. Versorgungsbetrieben sind nach § 4 Abs. I KörpStG. DurchfVdg. solche Einkünfte steuerpflichtig, die aus Geschäften herrühren, die nicht den besonderen Aufgaben der Versorgungsbetriebe dienen. Steuerpflichtig sind insbesondere bei Elektrizitätswerken die Gewinne aus Installationsgeschäften und aus dem Verkaufe von Beleuchtungsartikeln. Ein städtisches Elektrizitätswerk hielt nun nur den Gewinn für steuerpflichtig, der sich aus dem Verkaufe von Beleuchtungs- und Heizkörpern und solchen Installationsgeschäften ergebe, die sich auf die Beleuchtungs- und Heizkörper bezögen, dagegen nicht den Gewinn aus Leitungsinstallationen, so z. B., wenn es sich um die Legung von Leitungen innerhalb der Grundstücke von der Grundstücksgrenze ab in die Räume usw. handle. Im übrigen bezog sich das Werk auf § 27 UmsStG. Durchf-Vdg., der zwar die Verkäufe von Beleuchtungs- und Heizkörpern sowie die Installationsarbeiten an ihnen für umsatzsteuerpflichtig bestimme, offenbar aber nicht die auf reine Leitungsinstallationen bezüglichen Arbeiten.

Der RFH. hielt diese Rechtsauslegung für unbegründet (Urteil v. 23. IV. 1929 — IAa 829/28). Installationen von sog. Innenleitungen, um die es sich hier handelt, haben mit der eigentlichen Aufgabe der Elektrizitätswerke, nämlich der Versorgung der Bevölkerung mit Elektrizität, nicht mehr zu tun als die Installation und der Verkauf von Beleuchtungs- und Heizkörpern. Auch bei den Installationen von Innenleitungen handelt es sich um Geschäfte, die ebenso wie die genannten Installationen und der Verkauf von Beleuchtungs- und Heizkörpern von privaten Unternehmern ausgeführt werden können. Aus dem Zwecke, den das Körperschaftsteuerrecht mit der Besteuerung derartiger Geschäfte verfolgt, nämlich solche Geschäfte gegenüber dem freien Gewerbe steuerlich nicht zu begünstigen, läßt sich deshalb die Gleichstellung der Innenleitungsinstallationen mit den Installationen und dem Verkaufe von Beleuchtungs- und Heizkörpern folgern. — Der Hinweis auf § 27 UmsStG. vermochte den RFH. zu anderer Auffassung nicht zu bestimmen, da es zum mindesten zweifelhaft erscheine, ob unter dem Begriff „Leitungen" dort auch die Innenleitungen zu verstehen seien. Der hiernach selbst auslegungsbedürftige Wortlaut des § 27 UmsStG. könne darum nicht maßgebend sein für die Auslegung einer Vorschrift des Körperschaftsteuerrechtes. Dr. jur. C. v. dem Busch.

VEREINSNACHRICHTEN.

Vorstand des VDE während der Aachener Tagung Juli 1929.



Voith Schirp Brauns Zell Dettmar
Mayer Petersen Krone Montanus Wechmann Sarfert

EV
Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 24. September 1929, 7½ Uhr abends in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Satzungsänderungen.
3. Vortrag des Herrn Manfred v. Ardenne über: „Verschiedene Anwendungen von Elektronenröhren in der Meßtechnik."

Inhaltsangabe:

Einige hochempfindliche Röhrenvoltmeter. — Geeichte Verstärker in Verbindung mit Röhrenvoltmetern und Braunschen Röhren. — Grenzen und Fehler bei Gleich- und Wechselspannungsmessungen mit Röhren.

Einlaß in den Vortragsaal gegen Vorzeigung der Mitgliedskarten. Auf den Namen ausgestellte Gastkarten werden bei Vorausbestellung bis 23. September von der Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II ausgegeben.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende.
K. W. Wagner.

VDE
Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Bahnwesen.

Die Kommission veröffentlicht nachstehend folgende von der Normgruppe „Bahnen" des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie aufgestellte Normblattentwürfe:

Elektrische Bahnen — Freileitungen

Auge und Gabel

Anschlußmaße für Armaturen

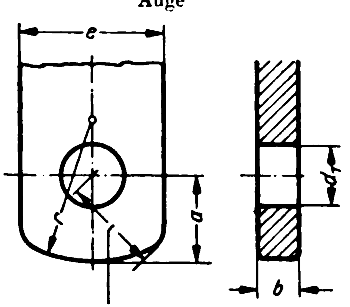
Noch nicht endgültig

Elektrotechnik

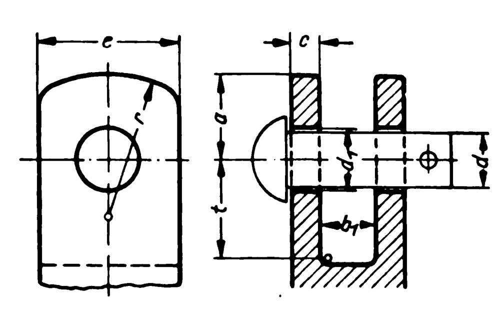
DIN
Entwurf 1
VDE 3160

Maße in mm

Auge



Gabel



Nennmaß Bolzendurchmesser d	Bohrung d_1	Bohrung Zulässige Abweichung	e	Auge b	Auge Zulässige Abweichung	Gabel a Kleinstmaß	Gabel b_1	Gabel Zulässige Abweichung	Gabel c	Gabel Zulässige Abweichung	Gabel t Kleinstmaß	Gabel r Größtmaß	Gabel r Kleinstmaß	Zugehörender Nietbolzen nach DIN VDE 3161
10	10,5	+0,5	25	8	+1	15	10	+1	5	+0,8	18	25	12,5	10×32
13	14	+0,5	35	12	+1	20	14	+1	6	+1	23	25	17,5	13×40
16	17	+0,5	40	15	+1	23	17	+1	7	+1	28	40	20	16×45
19	20	+1	50	18	+1	28	20	+1	8	+1	36	40	25	19×52
22	24	+1	60	18	+1	32	20	+1	10	+1	40	50	30	22×55
28	30	+1	80	22	+1	40	25	+1	12	+1	50	75	40	28×65

Bei verzinkten Armaturen ist die Schutzschicht in den Grenzmaßen enthalten.

Für Maße, bei denen keine Abweichungen angegeben sind, gelten die durch die Herstellungsweise bedingten üblichen Abweichungen.

Zulässige Belastung im Bahnleitungsbau für Baustoffe mit einer Festigkeit von 32 bis 36 kg/mm² bei mindestens 3½facher Sicherheit:

Bolzendurchmesser	Zulässige Belastung in kg
10	500
13	1000
16	2000
19	3000
22	4500
28	6000

Für Baustoffe anderer Festigkeit bei anderer Sicherheit ist die zulässige Belastung entsprechend zu errechnen

Bei Verwendung von Halbzeug (Blech oder Band) darf das Maß c nach DIN VDE 3170 und 3171 nicht unterschritten werden, die Belastung ist entsprechend dem verwendeten Werkstoff herabzusetzen

September 1929

Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Verband Deutscher Verkehrsverwaltungen E. V.
Fachnormenausschuß für den Bergbau



Noch nicht endgültig

Elektrische Bahnen — Freileitungen

Nietbolzen

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 3161

Maße in mm

l_1 l d_1 d

Bezeichnung eines Nietbolzens von Durchmesser d = 13 mm und Länge l = 40 mm:
Nietbolzen 13×40 VDE 3161

Bolzen-durchmesser d	d_1	lang l	lang l_1	lang Zulässige Abweichung	kurz l	kurz l_1	kurz Zulässige Abweichung	Splint nach DIN 94 Kupfer
10	4,5	32	26	+1	26	20	+1	4×20
13	5,5	40	33	+1	32	26	+1	5×25
16	5,5	45	38	+1	38	30	+1	5×25
19	5,5	52	44	+1	48	41	+1	5×30
22	5,5	55	48	+1	—	—	—	5×35
28	5,5	65	58	+1	—	—	—	5×40

Halbrundniete nach DIN 124 St 34.13 verzinkt oder verbleit, nach Wahl des Herstellers

September 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Verband Deutscher Verkehrsverwaltungen E.V.
Fachnormenausschuß für den Bergbau

Elektrische Bahnen — Freileitungen.

DIN VDE 3160 Auge und Gabel, Anschlußmaße für Armaturen,
DIN VDE 3161 Nietbolzen,
DIN VDE 3162 Spannschlösser.

Einsprüche gegen diese Entwürfe sind in doppelter Ausfertigung bis zum 31. Oktober 1929 an die Geschäftsstelle des VDE zu richten.

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Ergänzende Erläuterung zu

DIN VDE 6405 Bandagendrähte, Bronze, gezogen und verzinnt, und
DIN VDE 6406 Bandagendrähte, Flußstahl, gezogen und verzinnt.

Zu den in der ETZ 1928, Seite 735, veröffentlichten Entwürfen obiger Normblätter wurden durch Einspruch der Verbraucher und Hersteller dieser Drähte einige Änderungen notwendig.

In DIN VDE 6405 ist die Bezeichnung des Werkstoffes W Bz 6 in der Überschrift fortgelassen, da die Wahl des Werkstoffes dem Hersteller freigestellt ist, sofern nur die verlangten Eigenschaften des fertigen Drahtes eingehalten werden (siehe Bemerkung „Werkstoff").

Die zulässigen Abweichungen sind in Übereinstimmung gebracht worden mit DIN 1757, Messingdraht rund.

In der Fußnote ist die Angabe für die Streckgrenze hinzugefügt worden.

Die Biegezahl ist von 8 auf 5 herabgesetzt worden. Zu der neu hinzugefügten Fußnote 2): „Da neue Normen für

Noch nicht endgültig

Elektrische Bahnen

Spannschlösser

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 3162

Maße in mm

Rechtsgewinde *Linksgewinde* d_1 *umbördeln* c *nahtloses Rohr* l L l L_1

Durch geeignete Sicherung ist ein Herausschrauben der Augenbolzen unmöglich zu machen

Bezeichnung eines Spannschlosses für 1000 kg Belastung und Spannlänge l = 120 mm:
Spannschloß 1000×120 VDE 3162

Zulässige Belastung in kg[1])	Spannlänge l	L	L_1	Gewinde d	d_1	Zulässige Abweichung	r Kleinstmaß	b	Zulässige Abweichung	c	Schlüsselweite s
500	120	280	400	½"	10,5	+0,5	15	8	+1	14	17
1000	120	320	440	⅝"	14	+0,5	20	12	+1	18	22
	240	440	680								
2000	240	480	720	¾"	17	+0,5	23	15	+1	22	27
3000	240	540	780	1"	20	+1	28	18	+1	26	32

[1]) Die zulässige Belastung gilt bei 3½facher Sicherheit.

Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße. Für Maße, bei denen keine Abweichungen angegeben sind, gelten die durch die Herstellungsweise bedingten üblichen Abweichungen.

Gewinde: Whitworth nach DIN 11

Werkstoff: Flußstahl

Sechskantmuttern nach DIN 934 oder DIN 554

September 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Verband Deutscher Verkehrsverwaltungen E. V.
Fachnormenausschuß für den Bergbau

den Biegeversuch demnächst durch den Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik herausgegeben werden, wird empfohlen, über die Spalte Biegezahlen mit den Lieferanten von Fall zu Fall zu verhandeln." ist erklärend folgendes zu bemerken: Die im Normblatt angegebene Hin- und Herbiegeprobe ist jetzt erstmalig vom Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik überprüft und ein neuer Normentwurf über die Prüfung von Drähten herausgegeben worden. Zugleich wurde ein neuer Biegeapparat genormt. Dieser Apparat nach Herbst wurde in den zwanglosen Mitteilungen des DVM vom Juli 1926 veröffentlicht und wird schon allgemein zur Prüfung von Förderseildrähten verwendet. Es wäre aus Gründen der Einheitlichkeit und Einfachheit zweckmäßig gewesen, wenn zwischen der Prüfung von Förderseildrähten und Bandagendrähten eine Übereinstimmung erzielt worden wäre. Da aber die neuen Vorschriften erst Entwurf und noch keine endgültigen Normen sind, so scheint es empfehlenswert, mit der Einführung so lange zu warten, bis die endgültigen Normen vorliegen. Wegen des Biegeversuches und damit auch der Biegezahl wird aus diesen Gründen empfohlen, von Fall zu Fall mit den Lieferanten zu verhandeln.

Im Normblatt DIN VDE 6406 sind folgende Änderungen vorgenommen worden:

Das Formelzeichen für die Mindestzugfestigkeit lautet σ_B statt Z.

Die zulässigen Abweichungen sind mit DIN VDE 6405 in Übereinstimmung gebracht.

Die Biegezahlen sind um je 2 Einheiten vermindert worden. Über die Ausführung der Biegeversuche gilt das zu DIN VDE 6405 Gesagte.

Die Blätter DIN VDE 6405 und 6406 sind als Vornorm herausgegeben worden. Bei einer Neuauflage ist zu erwarten, daß noch weitere Erfahrungen in der Verwendung genormter Bandagendrähte vorliegen, so daß dann eine vollkommene Umarbeitung vorgenommen werden kann.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Pommerscher Elektrot. Verein, Stettin. 20. IX. 1929, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Vortrag Obering. Niemann, „Die Entwicklung der Röntgen- und elektromedizinischen Apparate".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

W. Thomass †. — Am 7. September d. J. wurde der Gründer und langjährige Leiter unseres Werkes Herr Ingenieur Wilhelm Thomass im 63. Lebensjahr mitten aus seinem arbeitsreichen Leben abberufen. In jungen Jahren legte der Verstorbene den Grundstein zu seinem Lebenswerk, das er mit unermüdlichem Fleiß, selbstlos und zielbewußt, 29 Jahre hindurch zu seiner jetzigen Größe entwickelt hat. Er war ein aufrechter, festgefügter Charakter, ein edler Mann, mit starken Fähigkeiten, der, auf äußere Ehren verzichtend, mit bestem Gerechtigkeitssinn tat, was er für recht erkannt hatte. Wir werden ihm stets ein ehrendes Andenken bewahren.

Städt. Elektrizitätswerk Bamberg.

Zu Görges' 70. Geburtstag.

Am 21. September 1929 vollendet der Direktor des Elektrotechnischen Instituts der Technischen Hochschule zu Dresden, Herr Geheimer Hofrat Professor Dr.-Ing. E. h. Hans Görges sein 70. Lebensjahr. Binnen kurzem wird sich Geheimrat Görges von seiner überaus segensreichen Lehrtätigkeit zurückziehen, der er sich 57 Semester lang mit vorbildlicher Pflichttreue hingegeben hat.

Eng, wie nur noch wenige Andere, ist Görges von den ersten Anfängen an mit der Entwicklung der gesamten Starkstromtechnik verbunden, an der er durch seine schöpferische Forschung und durch seine wissenschaftliche Denkarbeit Jahrzehnte lang in entscheidender Weise beteiligt war. Seine Erkenntnisse auf dem Gebiete der Wechselstromtechnik in Theorie und Praxis, von denen hier nur an seine grundlegenden Forschungsergebnisse über die Feldverteilung in Drehstrommotoren, über Parallelarbeiten von Synchronmaschinen und über Drehstrom-Kommutator-Maschinen erinnert sei, wobei er sich mit Vorliebe der vektordiagrammatischen Darstellung der Wechselstromgrößen bedient hat, sind heute längst unumstrittenes Allgemeingut aller Elektroingenieure geworden, dessen folgerichtige Anwendung zu manchem schönen Erfolge der Elektrotechnik in den letzten Jahrzehnten geführt hat.

Nach ganz kurzer Tätigkeit als junger Oberlehrer für Physik trat Görges schon 1884 in die Firma Siemens & Halske, Berlin, ein, wo er zunächst als Konstrukteur arbeitete, dann die Leitung des Versuchsfeldes übernahm und später stellvertretendes Vorstandsmitglied der Gesellschaft wurde. Görges griff hier mit sicherem Blick und glücklicher Hand zielsicher und oft geradezu bahnbrechend in die weitere Entwicklung der Elektrotechnik ein. Nicht zuletzt seiner Tatkraft ist es zu danken, daß sich die damals noch nicht von allen Vorurteilen kurzblickender Gegner befreite Elektrotechnik gegen Ende des Jahrhunderts endgültig durchsetzen und schließlich ihre großen Erfolge erzielen konnte.

Im Jahre 1901 erhielt Görges einen Ruf als Direktor des damals neu vom Physikalischen Institut abzuspaltenden Elektrotechnischen Instituts an die Technische Hochschule Dresden. Den Neubau dieses Institutes zu organisieren, war hier seine erste dankbare Aufgabe, der er sich mit solcher Umsicht und mit solchem Weitblick unterzog, daß das Institut trotz der gewaltigen Steigerung der Anforderungen beim Schritthalten mit der vorwärtsstürmenden Elektrotechnik bis heute, also nahezu 25 Jahre lang, in vielen seiner Einrichtungen als mustergültig anerkannt werden mußte. Seine in dem neuen Dresdner Institut mit gleichem Erfolg wie in Berlin fortgesetzte Forschertätigkeit auf allen Gebieten der Starkstromtechnik, die in einer großen Anzahl von Veröffentlichungen und Vorträgen ihren Niederschlag fand, vor allem aber die ihn immer mehr fesselnde akademische Lehrtätigkeit an dieser von ihm selbst aufgebauten Stelle veranlaßten Görges 1912 zur Ablehnung eines ehrenvollen Rufes nach Berlin als Nachfolger von Professor Slaby. Damit blieb Görges endgültig für Dresden erhalten. 1914 verlieh dem über Deutschlands Grenzen hinaus bekannt gewordenen Forscher und Lehrer die Technische Hochschule in Charlottenburg die Würde eines Dr.-Ingenieurs E. h. Seit 1929 ist Görges außerdem noch Ehrenbürger der Technischen Hochschule in Stuttgart.


Phot. Ursula Richter

H. Görges.

Neben seiner Hochschultätigkeit widmet sich Görges bis zur Stunde stets eingehend den Bestrebungen der großen technisch-wissenschaftlichen Verbände, für deren Fachzeitschriften er ein geschätzter Mitarbeiter ist. Auch auf diesem Gebiete erwarb er sich Verdienste, die sich in einer Fülle von Ehrungen widerspiegeln. Seit 1895 finden

wir Görges mit ganz geringen Unterbrechungen bis heute als eifriges Ausschußmitglied des Elektrotechnischen Vereins. Den Dresdner Elektrotechnischen Verein leitete Görges bis 1906 als Vorsitzender, 1909 war Görges Vorsitzender des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. 1912 wurde er als stellvertr. Vorsitzender in das Deutsche Kommittee der Internationalen Elektrotechnischen Kommission berufen. Görges ist Ehrenmitglied des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (1924) und des Elektrotechnischen Vereines (1927), ferner des Dresdner Elektrotechnischen Vereines (1912) und des Dresdner Bezirksvereines des V. d. I. (1922). In besonderer Form würdigte der Elektrotechnische Verein Görges' Verdienste im Kriegsjahre 1916 durch die seltene Auszeichnung mit der Siemens-Stephan-Gedenkplatte, die vor ihm nur Wilhelm von Siemens und Warburg erhalten hatten. Der reiche Schatz seiner Erfahrungen, den Görges stets bereitwillig zur Verfügung stellt, führte außerdem noch zur Berufung in den Technischen Rat beim Sächs. Innenministerium (1904) und in das Kuratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (1907).

Befreit von den Lasten des anstrengenden Hochschulbetriebes, wird Görges sich fortan der elektrotechnischen Wissenschaft und Forschung widmen können. Seine bemerkenswerte geistige und körperliche Frische läßt uns wünschen und hoffen, daß er uns gerade aus der Stille des wohlverdienten Ruhestandes noch wertvolle Beiträge zum weiteren Fortschritt der wissenschaftlichen Erkenntnis in der Elektrotechnik bescheren wird. *Hde.*

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Einfluß der Vorbelastung vom Überstromrelais beim Auftreten eines Fehler-(Über-)Stromes.

Der in ETZ 1929, S. 459, von Herrn KOETZOLD geschilderte und mit vorbildlicher Klarheit gedeutete Betriebsfall bringt ein sehr schönes Schulbeispiel dafür, daß auch bei so eindeutigen und einfachen Verhältnissen, wie sie im vorliegenden Falle gegeben waren, die Verwendung von Schutzrelais mit Überstromanregung nicht zur gewünschten Schutzwirkung führt. Es ist klar, daß auch die Einführung eines Wahlschutzes (Selektivrelais) nicht ohne weiteres über diese Schwierigkeiten hinweghilft; denn prinzipiell ist ja durch das Selektivrelais nur die Staffelung der Ablaufzeiten der einzelnen Relais in eine vom jeweiligen Fehlerort bedingte selbstauswählende Abhängigkeit gebracht. Vielmehr ist erforderlich, daß gleichzeitig die Anregung der vorhandenen Relais unabhängig wird von der Bedingung des „Überstromes".

Die bereits entwickelten Systeme mit Impedanzanregung geben hierfür die treffende Lösung. Sie müssen natürlich derart ausgebildet sein, daß sie beim kleinsten Wert der Fehlerstromstärke noch zu arbeiten befähigt sind. Im übrigen wird die Anregung dann aber bestimmt durch die Unterschreitung eines gewissen Mindestwertes der gemessenen Linienimpedanz.

Es ist von Interesse darauf hinzuweisen, daß auch die durch den im vorliegenden Beispiel in der Kraftwerksverbindung liegenden „Kuppelschalter" entstehende Durchbrechung des Wahlschutzprinzips (kürzeste Auslösezeit dieses Schalters ohne Rücksicht auf Fehlerort) nicht die Verwendung der Impedanzanregung ausschließt. Um die hierbei eintretende Wirkungsweise der Relais an den verschiedenen Netzpunkten zu kennzeichnen, wäre eine Mitteilung der im Störungsfall bestandenen Spannungsverteilung, die sicher aus den Angaben registrierender Voltmeter abgeleitet werden kann, höchst interessant.



Abb. 1. Schematisches Netzbild.

Im wesentlichen wird der Fall so liegen, daß entweder die im Kraftwerk *D* entstandene Absenkung der Sammelschienenspannung und damit der Spannung auf der Linie nach *A* hier tief genug war, um den Ansprech-Impedanzwert der Anregungsrelais unterschreiten zu lassen, oder aber, daß dies nicht eintrat und somit an den Abnahmepunkten *B* und *C* nur ein vermehrter Spannungsabfall infolge der Änderung der Speiseverhältnisse bestand. Im ersteren Falle werden dann die Relais *1* ... *6* ansprechen, das Relais des „Kuppelschalters" *4* dank seiner kürzesten Zeit die Trennung der beiden Kraftwerke veranlassen, während der hinter *D* liegende Kurzschluß selbst in je nach dem System des Wahlschutzes mehr oder minder kurzer Zeit selektiv abgeschaltet wird. Im zweiten Falle bleibt die Kraftwerksverbindung ohne Schädigung des Parallelbetriebes bestehen, denn bei geeignet gewähltem Wert der Ansprechimpedanz besteht infolge der noch vorhandenen hohen synchronisierenden Spannung zwischen *A* und *D* durchaus kein Bedürfnis die Kraftwerke zu trennen. Vielmehr wird für die Störungsdauer bis zur Abschaltung hinter *D* die „Netzverbeugung" im Teil *D* durch die Speisungsteilnahme von *A* her wesentlich gemildert, ohne daß *A* mehr als eine kurzzeitige Laststeigerung verspüren würde.

Mannheim-Feudenheim, 21. V. 1929.

G. Lesch.

Erwiderung.

Es läßt sich der Wunsch des Herrn LESCH, die bei dem geschilderten Störungsfall eingetretene Spannungsverteilung anzugeben, nicht mit ausreichender Genauigkeit erfüllen, da die erforderlichen Unterlagen — Spannungsschreibstreifen — nicht vorliegen.

Mit dem Wort „Wahlschutz" soll die ganze Gruppe der größtenteils strom- und spannungsabhängigen Netzschutzrelais erfaßt werden, deren gemeinsame Besonderheit darin liegt, daß sie sich die Auslösezeit je nach dem Fehlerort selbst einstellen, „wählen", bzw. den kranken Netzteil selbst „auswählen" und abschalten. In dem vorliegenden Falle ist tatsächlich ein Wahlschutz nach dem Impedanzprinzip eingebaut, so daß die entsprechenden Voraussetzungen von Herrn LESCH zutreffen.

Die Aufgabe des Netzkuppelschalters ist mit der beabsichtigten Arbeitsweise richtig wiedergegeben. Als Relais für den Netzkuppelschalter kann aber ohne weiteres ein gewöhnliches UMZ-Relais verwendet werden, denn starke Netzverbeugungen, bei denen die Trennung erwünscht ist, werden durch große Kurzschluß- und Ausgleichströme, ausreichend zur Reizung des Überstromrelais, verursacht, während geringere Spannungsabsenkungen, bei denen das Netz zusammenbleiben soll, als Folge kleinerer Ausgleichs- und Fehlerströme entstehen, die wiederum zur Betätigung des UMZ-Relais nicht genügen. Die Stromeinstellung ist hierdurch gegeben, während die Zeiteinstellung auf folgender Grundlage ermittelt werden muß: Die größtmögliche Auslösezeit der Wahlschutzrelais ist für jede Teilstrecke bestimmt, z. B. bei der Strecke *A—B* durch die Leitungsimpedanz von *A* bis *B*. Wenn nämlich z. B. hinter *B* ein Fehler auftritt, so muß er durch das Relais *3* früher als durch *1* abgeschaltet werden. Gibt man zu der aus der Impedanz *A—B* zu ermittelnden Zeit noch einen Zuschlag für die Verlängerung der Auslösezeit durch Lichtbogen, so erhält man ohne weiteres die „größtmögliche" Auslösezeit. Um die Wirkungsweise des Wahlschutzes bei Fehlern zwischen *A* und *D* nicht zu stören, so ist die feste Ablaufzeit des Relais zum Netzkuppelschalter mit einem entsprechenden Sicherungszuschlag größer als die wiederum aus den größtmöglichen Auslösezeiten sämtlicher Teilstrecken zu ermittelnde längste Auslösezeit auf der Gesamtstrecke *A—D* zu wählen.

Fehler hinter den Netzanschlußpunkten *A* und *D* müssen dann nur den Netzkuppelschalter herauswerfen, auf die Wahlschutzrelais aber ohne Einfluß bleiben, weil diese unter Umständen zwar anlaufen, jedoch infolge der Größe der Impedanz zwischen den Relais und der Kurzschlußstelle in ihrer Auslösezeit so hoch liegen, daß der Netzkuppelschalter früher fällt.

Zweifellos muß der Netzkuppelschalter als ein Notbehelf betrachtet werden, der in dem Augenblick überflüssig wird, in dem auch die hinter *A* und *D* liegenden Netze mit einem Wahlschutz ausgerüstet werden und damit die Auslösezeiten bzw. Fehlerzeitdauer bei Störungen in diesen auf ein auch für empfindliche Betriebe erträgliches Maß herabgesetzt werden.

Weimar, 1. VIII. 1929. Koetzold.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrische Messungen. Von W. Skirl (Siemens Handbücher Bd. 6). Herausg. von der Siemens & Halske A. G. und der Siemens-Schuckertwerke A. G. Mit 431 Bildern, XII u. 459 S. in 8°. Verlag von Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1928. Preis geb. 11 RM.

Das vorliegende Buch ist für einen sehr weiten Kreis bestimmt — wie der Verfasser sagt, „für alle, die mit

elektrischen Messungen zu tun haben". Daraus ergibt sich für den Verfasser die Schwierigkeit, auch dem nicht elektrotechnisch Vorgebildeten die vielen Möglichkeiten elektrischen Messens näher zu bringen. Natürlich handelt es sich dabei wesentlich um die in der Praxis meist gebrauchten Verfahren, die aber teilweise doch schon so verwickelt sind, daß ihre Theorie erhebliche Anforderungen an den Leser stellt. Daß solche Verfahren — ich denke z. B. an die Ausführungen über Meßwandlerprüfungen — in dem vorliegenden Werk nicht vollständig abgeleitet sind, ist selbstverständlich. Ihre Erörterung stellt mehr eine Gebrauchsanweisung dar, nach der vertrauensvoll gearbeitet werden kann, eine Gebrauchsanweisung allerdings, die die Benutzung der Meßapparate des Wernerwerks von Siemens & Halske betrifft, wie das bei einem Siemens-Handbuch selbstverständlich ist, und die nicht allemal ohne weiteres auf Apparate anderer Herkunft anwendbar ist. Insbesondere gilt letzteres für die zur Überwachung von Leitungsnetzen vom Wernerwerk hergestellten relaisartigen Apparate, die gewissermaßen Meßinstrumente mit selbsttätiger Auswertung der Meßgrößen sind.

Das Buch enthält außer den Kapiteln über direkte und indirekte (Stromwandler) Messung von Strom, Spannung und Leistung usw., über Eichung von Meßinstrumenten und Zählern, auch Ausführungen über die Messung von Leitungswiderstand, Isolation, Selbstinduktion und Kapazität und Prüfung der magnetischen Eigenschaften des Eisens sowie über Fernmessung und selbsttätige Aufzeichnung der Meßergebnisse.

Die ausgezeichneten Bilder und die klaren Schaltskizzen kommen dem Gebrauch des Buches durch weniger Erfahrene sehr zugute. Der mit elektrischen Messungen Vertraute findet in dem Buch eine willkommene übersichtliche Zusammenstellung und — implicite — Bewertung der Methoden. Wenn der Text nicht stets so vollkommen ist, wie die Abbildungen, so liegt das wohl z. T. an der gebotenen Kürze. Manches ist aber auch ohne Beeinträchtigung der Kürze zu vervollkommnen, so z. B. die Einleitung zu D_7: Ballistische Messungen „Bei kurzen Stromstößen, z. B. Kondensator-Entladungen, induzierten Strömen usw., hat das Galvanometer nicht Zeit, sich auf einen bestimmten, der Stromstärke entsprechenden Dauerausschlag einzustellen usw." Solche Stellen finden sich immerhin mehrfach; die für ein zur Benutzung durch weiteste Kreise bestimmtes Buch wünschenswerte Ausdrucksschärfe ist also noch nicht erreicht. Dennoch wird das Buch — für Verwender von Siemens & Halske-Apparaten kaum entbehrlich — allen Meßingenieuren willkommen sein. E. Beckmann.

Festschrift Hugo Junkers zum 70. Geburtstage. Gewidmet von A. Berson, A. Gramberg, A. Kessner, O. Mader, A. Nägel u. seinen Mitarb. Mit zahlr. Abb. u. 99 S. in 2°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1929. Preis geb. 6 RM.

Der Junkers-Motor und das Junkers-Flugzeug sind heute in aller Mund; aber die Werkstätten, in denen sie entstehen, die vielen mühsamen Schritte, die notwendig waren, um sie zu ihrer heutigen Vollendung zu bringen, sind dem Fernerstehenden unbekannt. Auch Junkers' wärmetechnische Arbeiten sind weniger bekannt. Aus dieser Festschrift erkennt man, wie die auf scheinbar ganz verschiedenen Gebieten liegenden Arbeiten eine gemeinsame Wurzel haben; man sieht, wie die Forschung der Ausgangspunkt für alle ist, und wie der Werkstoff und seine genaue Kenntnis das Bindeglied zwischen allen bildet. Die einzelnen Aufsätze gewähren uns lehrreiche Einblicke in die Laboratorien und Werkstätten und vermitteln uns dadurch ein lebendiges Bild von dem Meister, der da regiert, und von dem wissenschaftlichen Geiste, der da waltet. Wir erkennen auch, was noch mehr sagt, wie der nunmehr Siebzigjährige als Wissenschafter, Erfinder, Organisator und anerkannter Führer noch immer im Kreise seiner Mitarbeiter wirkt und schafft. Die eigenartige Verknüpfung von Persönlichkeit und Werk tritt klar hervor. Man kann dem schön ausgestatteten Buche nur weiteste Verbreitung wünschen, um allen Kreisen zu zeigen, welch große Bedeutung auch in unserer heutigen Zeit der Persönlichkeit zukommt. Moench.

Le régulateur automatique pour machines électriques pendant l'opération de réglage. Application au réglage automatique de la tension. Von Prof. E. Juillard. Mit 67 Fig. i. Text u. 175 S. in gr. 8°. Verlag Librairie Payot & Cie., Lausanne 1928. Preis geh. 6 Fr.

Es war eine sehr glückliche Idee des Verfassers, die Theorie des selbsttätigen Reglers für elektrische Maschinen darzustellen. Bis heute war dieses Gebiet nur dem reinen Praktiker zugänglich und verlangte eine außerordentliche Erfahrung. Wohlverstanden können gerade auf diesem Gebiet noch weniger als auf anderen die praktische Erfahrung und das durch sie erworbene Gefühl entbehrt werden. Anderseits ist es als ein großer Fortschritt zu bezeichnen, daß es gelungen ist, die Arbeitsweise der Regler theoretisch zu erfassen, die Konstanten, welche die Regelungsprobleme charakterisieren, herauszuschälen. Dem Praktiker wird dies in vielen Fällen erlauben, rascher zum Ziel zu gelangen und Irrtümer zu vermeiden. Den Konstruktionsabteilungen und Studienbüros werden so die Regelprobleme erst zugänglich, der Erbauer von Maschinen und Erregermaschinen kann leichter auf sie Rücksicht nehmen als bisher.

Juillard beginnt mit der Aufstellung des mathematischen Ausdruckes des Regelungsproblems der elektrischen Maschine. Er führt dann einerseits die maßgebenden Konstanten der Maschine, anderseits diejenigen des Reglers ein. Es folgt die Anwendung der Theorie auf drei bekannte Regler: Rex-Cuenod mit indirekter Wirkungsweise, BBC und Tirill (AEG) mit direkter Wirkungsweise. In bezug auf die Natur des zu regelnden Stromerzeugers werden drei Fälle behandelt: Akkumulatorenbatterie, Generator mit Eigenerregung, Generator mit Erregermaschine. Die für das Reglerproblem maßgebenden Maschinenkonstanten werden näher besprochen und Versuche zu ihrer Bestimmung angegeben. Regelungsversuche im Laboratorium mit den drei erwähnten Reglern beschließen die Studie. Die Versuche zeigen eine praktisch genügende Übereinstimmung mit der Theorie. Es ist nur schade, daß die Versuche nicht an einer größeren Maschine wiederholt werden konnten. Die verfügbare Maschine von 12 kW gestattet nämlich einen direkten Vergleich der Regler nicht, da dieselben für größere Maschinen mit größeren Zeitkonstanten gebaut sind.

Von den Schlüssen, zu welchen der Verfasser gelangt, möchte ich die folgenden herausheben:

1. Dieselben Gleichungen sind für Regler, die auf sehr verschiedener Grundlage arbeiten, gültig, ja sogar für indirekte und direkte Regelung. Dagegen ergeben sich verschiedene Gleichungen für den Tirillregler.
2. Das Zusammenfallen der Zeitkonstanten von Maschine und Regler ergibt die besten Regelungsbedingungen.
3. Der Verfasser gelangt zu dem Schluß, daß die direkte Regelung, d. h. diejenige mittels Widerstandes im Haupterregerkreis, vorzuziehen ist. Man fragt sich, ob diese Ansicht den praktischen Schwierigkeiten in der Konstruktion der entsprechenden Apparate genügend Rechnung trägt. Übrigens ergeben die Ausführungen des Verfassers, daß durch Anwendung von Erregermaschinen mit kleiner Zeitkonstante (klein im Vergleich zu derjenigen der Hauptmaschine) dasselbe Ergebnis erreicht werden kann.
4. Die Ableitungen zeigen, daß es auch mit dem theoretisch vollkommenen Regler nicht möglich ist, die Spannungsschwankungen zu vermeiden oder sie etwa innerhalb der Unempfindlichkeitsgrenzen des Reglers zu halten.
5. Die Ausführungen ermöglichen gewisse Schlußfolgerungen für den Bau der Erregermaschinen.

Jedem Ingenieur, der mit den Regelungsproblemen in irgendeiner Form zu tun hat, kann die Lektüre dieses Buches warm empfohlen werden. Er lasse sich durch die Formeln nicht abschrecken, sie sind nicht so schwierig zu verstehen, wie es auf den ersten Blick aussieht. Anderseits möchte ich anregen, bei einer zweiten Auflage oder bei einer deutschen Ausgabe des Buches die physikalischen Begriffe und die physikalische Bedeutung der Konstanten noch mehr herauszuarbeiten und von den Formeln abzusondern; die Lektüre des Buches würde dadurch für viele Leser erleichtert werden. A. Roth.

Eingegangene Doktordissertationen:

Kurt Halbach, Untersuchungen über den Durchschlag und die Verluste einiger fester Isolierstoffe. T. H. Braunschweig 1928. Sonderdruck aus Arch. El. 1929, Bd. XXI, H. 6. Verlag Julius Springer, Berlin.

Georg von Susich, Über die natürliche Breite der Röntgenemissionslinien. Die Struktur von Borsäure. T. H. Berlin 1927 (Auszug).

Neue Zeitschriften.

Revista Argentina de Derecho Municipal y Administración Communal. Buenos Aires, Avenida de Mayo 1144 (Piso 10). Preis jährlich Inland 10 $, Ausland 5 Gold-$.



GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der elektrotechnische Spezialhandel Deutschlands im 1. Halbjahr 1929[1]. — Nach den Angaben des Statistischen Reichsamts ist im ersten Halbjahr 1929 gegen die gleiche Periode des Vorjahres die Einfuhr elektrischer Maschinen einschl. der Teile (M) um 6666 dz (26%) bzw. 2,262 Mill RM (29 %) und die Ausfuhr um 14 036 dz (8 %) bzw. 1,604 Mill RM (3 %) zurückgegangen. Dagegen ergibt sich für elektrotechnische Erzeugnisse (E) bei der Einfuhr eine Erhöhung um 20 602 dz (78 %) bzw. 6,739 Mill RM (48 %) und bei der Ausfuhr um 111 826 dz (22 %) bzw. 42,117 Mill RM (23 %). In der folgenden Übersicht schließen die Beträge für Frankreich nunmehr die für Elsaß-Lothringen ein; Algerien ist neu hinzugetreten.

Länder		Einfuhr aus		Ausfuhr nach	
		Mengen dz	Werte 1000 RM	Mengen dz	Werte 1000 RM
Insgesamt	M	19 041	5 551	164 688	45 720
	E	46 832	20 705	611 880	223 190
Ägypten	M	—	—	850	181
	E	13	10	7 306	1 254
Algerien	M	—	—	42	15
	E	—	—	62	54
Argentinien	M	15	5	10 843	2 469
	E	6 801	464	68 820	13 831
Austral. Bund	M	2	2	721	200
	E	11	4	3 998	1 911
Belgien, Luxembg.	M	244	128	5 551	1 650
	E	3 153	544	12 910	6 033
Brasilien	M	24	5	6 713	1 533
	E	12	9	9 926	3 698
Brit. Indien	M	—	—	2 767	968
	E	5	8	9 579	2 629
Brit. Südafrika	M	1	1	1 552	364
	E	8	6	7 191	1 954
Brit. Westafrika	M	—	—	—	—
	E	—	—	39	30
Bulgarien	M	3	1	824	217
	E	1	1	1 842	742
Chile	M	6	3	3 793	853
	E	7	6	5 346	1 976
China	M	3	1	4 240	1 088
	E	11	19	3 802	2 929
Dänemark	M	63	33	805	327
	E	248	223	16 291	5 567
Danzig	M	19	4	770	231
	E	22	20	2 741	1 276
Estland	M	—	—	167	49
	E	2	3	1 221	439
Finnland	M	7	4	1 736	449
	E	924	125	20 326	4 712
Frankreich	M	147	74	6 913	1 868
	E	384	340	62 609	20 478
Griechenland	M	24	11	2 130	428
	E	32	17	4 474	1 153
Großbritannien	M	498	252	2 375	1 094
	E	1 710	1 173	46 706	16 080
Guatemala	M	—	—	406	103
	E	—	—	624	253
Irisch. Freistaat	M	—	—	17 866	2 835
	E	21	5	4 891	1 351
Italien	M	438	292	4 017	2 466
	E	301	230	11 644	12 387
Japan	M	13	2	1 882	587
	E	1	1	10 162	3 850
Kanada	M	—	—	25	20
	E	1	1	547	252
Kolumbien	M	—	—	2 211	559
	E	4	7	2 197	1 138
Lettland	M	5	2	822	215
	E	9	14	2 689	795
Litauen u. Memel	M	4	1	717	177
	E	8	10	2 047	582
Mexiko	M	10	2	1 384	333
	E	7	6	2 960	648
Niederlande	M	3 059	989	11 756	2 995
	E	5 246	6 827	94 184	22 266
Niederl. Indien	M	—	—	6 264	1 486
	E	9	9	22 878	4 947
Norwegen	M	20	14	11 828	2 218
	E	98	96	7 903	3 882
Österreich	M	723	261	4 074	2 169
	E	1 601	1 793	11 046	9 357
Polen	M	343	84	6 842	1 809
	E	132	79	13 744	7 519
Portugal	M	8	2	924	256
	E	5	3	7 130	1 436
Rumänien	M	6	3	2 954	899
	E	158	26	11 821	6 174
Rußland (UdSSR)	M	198	65	8 442	2 567
	E	160	29	9 886	7 068
Saargebiet	M	7 383	1 398	2 635	691
	E	799	186	5 286	2 151
Schweden	M	331	139	3 404	1 167
	E	406	350	25 974	10 190
Schweiz	M	3 043	693	2 482	1 045
	E	1 886	1 574	10 861	6 632
Spanien	M	46	8	6 236	1 800
	E	23	20	10 230	5 054
Südslawien	M	13	9	1 903	604
	E	6	6	3 769	2 213
Tschechoslowakei	M	713	255	5 139	2 335
	E	566	445	9 565	10 612
Türkei	M	—	—	972	275
	E	17	11	4 382	1 088
Ungarn	M	69	31	906	552
	E	742	964	4 552	3 769
Uruguay	M	—	—	359	95
	E	2	2	4 146	841
Venezuela	M	—	—	419	87
	E	—	—	509	302
V. S. Amerika	M	1 525	768	462	328
	E	5 141	3 817	6 841	5 135

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1428; 1929, S. 448.

Zur Lage der Industrie von Elektro-Installationsmaterialien. — Nach Mitteilung der „Eltfabriken" ist der Geschäftsgang außerordentlich schleppend, teilweise sogar noch schlechter als um die gleiche Zeit des Vorjahres. Die Preise sind angesichts der starken Überproduktion sehr gedrückt und geben für eine ganze Reihe von Artikeln kaum einen Ausgleich für die Gestehungskosten. Auch in der letzten Zeit ist keine Besserung des Geschäftsganges eingetreten, eher sogar ein Rückschlag. Die außerordentlich schwache finanzielle Lage der verschiedenen Abnehmerkreise, die sich in den schleppenden Zahlungseingängen zeigt, zwingt anscheinend noch zur Zurückhaltung. Dadurch ist auch bedingt, daß die erzielbaren Preise verhältnismäßig schlecht sind. Ob für die nächsten Monate mit einer Besserung gerechnet werden kann, erscheint noch ziemlich zweifelhaft. Die wieder erheblich steigende Zahl von Konkursen und Vergleichen zwingt bei Kreditgewährung zu äußerster Vorsicht.

Vorgänge im Ausland. — Die italienische elektromedizinische Firma Luigi Gorla Soc. An., Mailand, Kapital 3,5 Mill L, hat sich mit der Soc. Ital. Apparecchi Medicali Anonima (Siama), Mailand, einer Gründung des Siemens-Reiniger-Veifa-Konzerns, fusioniert. Das vereinigte Unternehmen Siama-Gorla, Mailand, Kapital 5,5 Mill L, wird elektromedizinische Apparate in Mailand nach Konstruktionen der deutschen Konzernfirma sowie nach in Italien entwickelten Modellen bauen und gleichzeitig die Interessen der deutschen Gesellschaft vertreten. Rz. — Nach der Frankf. Zg. trägt die in der ETZ 1929, S. 956, genannte, von Westinghouse und Schneider & Cie. in Frankreich gegründete neue Gesellschaft die Firma „Le Matériel électrique Schneider-Westinghouse". — Der russische Oberste Volkswirtschaftsrat hat beschlossen, in Charkow ein weiteres Turbogeneratorenwerk von etwa 1 Mill kVA jährlich zu errichten, das Maschinen bis zu einer Leistung von je 0,1 Mill kVA nach dem Typ der General Electric Co. herstellen soll. — Wie die Handelsvertretung der UdSSR weiter mitteilt, ist vom Rat der Volkskommissare beschlossen worden, unter Benutzung der Sonn- und Feiertage für Zwecke der Fertigung die ununterbrochene Produktion offiziell einzuführen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 314: Wer stellt Thermoelemente aus Eisen-Konstantan-Haardrähten her, die in evakuierte Glaskörper eingesetzt sind?

Abschluß des Heftes: 14. September 1929.

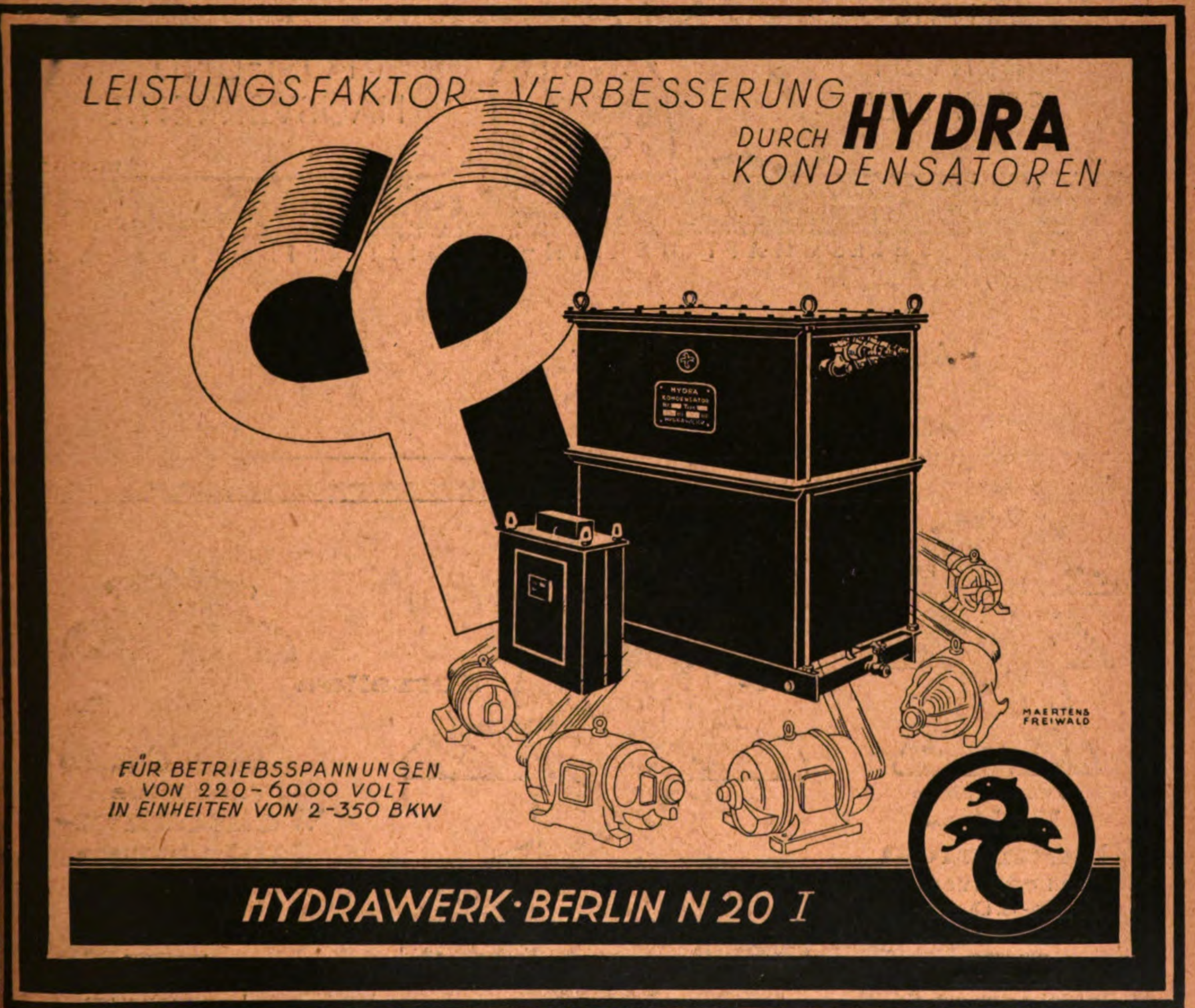
Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

50. JAHRGANG

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT



HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
9–1428) 26. SEPTEMBER 1929


TEFAG
KLEIN
REIHEN
SCHALTER
FÜR
POST-UND
HAUSVERKEHR
WEINBERG
★TELEPHON FABRIK BERLINER★
AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN-STEGLITZ SIEMENSSTR. 27

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 26. September 1929 | Heft 39

Ultrakurze Wellen*.

A. Ungedämpfte elektrische ultrakurze Wellen.

Von Privatdozent Dr. **Karl Kohl**, Erlangen.

Der erste Teil des Vortrages behandelte die Theorie der Erzeugung extrem kurzer Wellen. Mit Rückkopplungsschaltungen ist die Erzeugung von Wellen unter 1 m nicht gelungen. Die Erzeugung derartiger Wellen wurde erst durch eine Entdeckung von Barkhausen und Kurz ermöglicht[1]. Anläßlich von Vakuumuntersuchungen hatten sie an das Gitter einer Elektronenröhre eine hohe positive Spannung, an die Anode eine negative Spannung gelegt. Bei dieser Schaltung beobachteten sie nun, daß bei bestimmten Betriebsdaten zufälligerweise ungedämpfte elektrische Wellen von Metergröße und darunter auftraten. Wegen der Unabhängigkeit dieser Schwingungen von den Zuleitungen vertraten Barkhausen und Kurz die Anschauung, daß diese Schwingungen von Pendelungen der Elektronen um das positive Gitter der Elektronenröhre verursacht seien. Eine offene Frage blieb jedoch, wie eine derartige geordnete Elektronenbewegung dauernd zustandekommen könne. Der Vortragende, der sich seit einer Reihe von Jahren neben anderen Forschern mit der Lösung dieser Frage beschäftigt hat, gab sodann im folgenden einen Überblick über die Hauptresultate seiner Untersuchungen zur Lösung dieses Problems.

Die Untersuchungen ergaben erstens, daß sich ungedämpfte elektrische Wellen bis zu 50 cm Wellenlänge herab durch Erregung eines kleinen Thomsonschen Schwingkreises sowohl mit positiver Spannung an der Anode als auch anderseits mit positiver Spannung am Gitter erzeugen lassen. Die Wellenlänge entspricht dabei der Eigenwelle des angewandten Schwingkreises.

Die Untersuchungen zeigten zweitens, daß bei ein und demselben Schwingkreis bei der Schaltung des positiven Gitters die Wellenlänge auch noch von den angewandten Betriebsdaten abhängt. Dieser Befund erklärt sich in Übereinstimmung mit dem ersten Ergebnis des frequenzbestimmenden Schwingkreises durch den Einfluß der in der Gitteranoden-Kapazität vorhandenen Elektronen. Die Elektronen stellen gewissermaßen ein gasförmiges Dielektrikum dar, dem theoretisch eine Dielektrizitätskonstante kleiner als eins zukommt. Die elektronenerfüllte Kapazität ist somit stets kleiner als die elektronenfreie Kapazität.

Weiterhin wurde drittens die Erregung des kleinen Schwingkreises zu ungedämpften Schwingungen auf die Elektronenbewegung in der Gitteranoden-Kapazität zurückgeführt. Die Gitteranoden-Kapazität erhält dadurch zugleich die Eigenschaft eines negativen Widerstandes. Als viertes Resultat ergaben die Untersuchungen, daß statt des Schwingkreises allgemein ein schwingfähiges System verwendet werden kann.

Der experimentelle Teil des Vortrages brachte Vorführungen mit einem Kurzwellensender von 14 cm Wellenlänge. Die Welle wurde durch eine besondere Schaltung zugleich tonfrequent moduliert und konnte somit akustisch mit Lautsprecher demonstriert werden. Als Empfänger der Wellen diente ein kleiner linearer Resonator. Aus der Einstellung dieses linearen Resonators auf lautstärksten Empfang konnte man die streng lineare Polarisation der Welle ersehen. Die folgenden optischen Versuche, wie Reflektion, Beugung, Brechung, Drehung der Polarisationsebene, stellen eine direkte Weiterentwicklung der Hertzschen Versuche dar. Die erzeugte monochromatische Strahlung gestattet, die Phasenverhältnisse der Wellen besonders rein zu demonstrieren, so daß die Versuche als einwandfreie Interferenzversuche mit einer elektrischen Spektrallinie von 14 cm anzusehen sind.

Als Grundversuch der klassischen Optik wurde die Sekundärstrahlung eines kleinen linearen Resonators vorgeführt. In das Wellenfeld der Strahlung gebracht, wurde dieser Resonator zum Mitschwingen erregt und zu einer kräftigen Sekundärstrahlung veranlaßt. Dieser Versuch läßt die klassische Wechselwirkung von Wellenfeld und Materie erkennen. Ferner wurde die verschiedene Durchlässigkeit verschiedener Substanzen für diese Wellenstrahlung gezeigt. So erwies sich z. B. Paraffinöl für die Strahlung von 14 cm Wellenlänge als durchlässig, destilliertes Wasser dagegen in einer Schichtdicke von 0,5 cm fast gar nicht. Die Möglichkeit des Röhrenempfangs wurde unmittelbar mit derselben Röhre gezeigt, indem ganz einfach die ausgesandte Strahlung auf die Röhre zurückreflektiert wurde und die Rückwirkung an den Veränderungen des Anodenstroms nachgewiesen wurde.

Zum Schluß berichtete der Vortragende über die neueste Entwicklung der Erzeugung dieser extrem kurzen Wellen. In folgerichtiger Weiterentwicklung seiner Röhrenkonstruktionen gelang es ihm, ungedämpfte Wellen bis herab zu 8 cm Wellenlänge zu erzeugen und als freie Raumwelle nachzuweisen. Diese ungedämpften Wellen stellen die kürzesten dar, die bis heute erzielt werden konnten.

* Auszüge aus Vorträgen, gehalten in der gemeinsamen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft am 12. III. 1929 in Berlin.

[1] H. Barkhausen u. K. Kurz, Phys. Z. Bd. 21, S. 1.

B. Versuche mit ultrakurzen Wellen im Flugzeugverkehr**.

Von **H. Faßbender**, Berlin.

Eine der charakteristischen Eigenschaften der sog. ultrakurzen Wellen besteht darin, daß sie, wie man im allgemeinen annimmt, den Gesetzen der Ausbreitung des sichtbaren Lichtes folgen, insbesondere daß diese Wellen durch zwischenliegende, gegenüber ihrer Wellenlänge große Hindernisse absorbiert werden. Es lag von vornherein der Gedanke nahe, daß diese Wellen in der Luftfahrt eine Verwendung finden müßten, da hier gerade die Bedingung der optischen Sicht am ehesten erfüllt werden kann. Ich habe deshalb in der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt zusammen mit Dipl.-Ing. Kurlbaum die Verwendung dieser Wellen für den Verkehr mit Flugzeugen geprüft. Dabei haben wir uns bei der Konstruk-

** Der vollständige Vortrag wird in der El. Nachr. Techn. veröffentlicht.



tion der Sender und Empfänger auf die Erfahrung anderer, speziell der Esauschen Schule, stützen können. Bei den Versuchen wurden sowohl solche Geräte benutzt, die in der Werkstatt der DVL gebaut wurden, als auch solche der Telefunken G. m. b. H. Ich will in meinem Vortrag so vorgehen, daß ich zuerst die Versuche beschreibe, die wir in Adlershof[1] ausgeführt haben, und dann auf Grund dieser Versuche die Frage der Anwendbarkeit dieser Wellen in der Luftfahrt allgemein diskutiere.

Die angestellten Versuche sollten vor allem eine experimentelle Prüfung darstellen, ob die oben erwähnte Vorstellung der sog. optischen Ausbreitung dieser Wellen den Tatsachen entspricht. Durch Vorversuche konnte leicht gezeigt werden, daß nur ganz kleine Reichweiten von wenigen Kilometern erzielt wurden, wenn sich Sender und Empfänger am Erdboden befanden. Zur Klärung der Frage, ob die Vorstellung der sog. optischen Ausbreitung bei den ultrakurzen Wellen richtig ist, konnte zunächst festgestellt werden, daß der Empfang sofort verschwand, wenn das Flugzeug mit dem eingebauten Sender im Abstand von wenigen hundert Metern vom Empfänger entfernt hinter die Flugzeughalle rollte. Einen weiteren Aufschluß über diese Frage sollten Messungen der Reichweite in Abhängigkeit von der Höhe des Flugzeuges über dem Erdboden geben, wobei wir also den Vorteil der Luftfahrtfunktechnik ausnutzten, nämlich den der Untersuchung von Ausbreitungsvorgängen in der dritten Dimension.

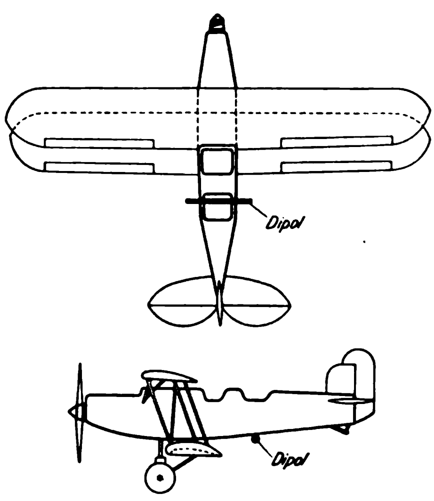


Abb. 1. Lage des Dipols am Flugzeug.

Diese Untersuchung wurde für eine Wellenlänge von 3,7 m angestellt. Zu dem Zweck wurde ein kleiner, von der Telefunken G.m.b.H. gebauter Sender für eine Wellenlänge von 3,7 m in ein Holzflugzeug, Muster Albatros L 74, eingebaut. Die mit dem Flugzeug während der Versuche erreichte maximale Höhe betrug 2700 m. Bei diesen Frequenzen ist es bekanntlich notwendig, tönend zu senden. Die verwandte Modulationsschaltung war die Heising-Schaltung. Als Schwingungsrohr und als Modulationsrohr wurde je eine Telefunken-Empfängerröhre RE 352 verwendet. Die Modulationsfrequenz von rd. 700 Hz wurde mittels eines Röhrensummers erzeugt. Als Antenne diente ein aus Kupferrohren bestehender Dipol von 170 cm Länge, der entsprechend Abb. 1 unterhalb des Flugzeugrumpfes senkrecht zur Flugzeugachse angebracht war. Die Verbindung vom Sender zum Dipol bildete eine durch einen Metallzylinder abgeschirmte Energieleitung. In der Abb. 1 erkennt man deutlich, worauf schon jetzt hingewiesen werden soll, die kleinen Abmessungen der Antennenrohre, so daß eine Behinderung des Flugzeuges durch diese im Gegensatz zur normalen Langwellen-Schleppantenne nicht eintreten kann. Der Sender liefert eine Antennenleistung von rd. 1 W. Abb. 2 zeigt seinen äußeren Aufbau. Als Empfangsgerät diente ein am Boden aufgestellter Pendel-Rückkopplungsempfänger, wie er bereits von E. Busse[2] beschrieben wurde, mit angeschlossenem Hochfrequenzverstärker, Gleichrichter- und Meßgerät. Bekanntlich ist es das Verdienst der Esauschen Schule, diese Empfänger bei den ultrakurzen Wellen eingeführt zu haben.

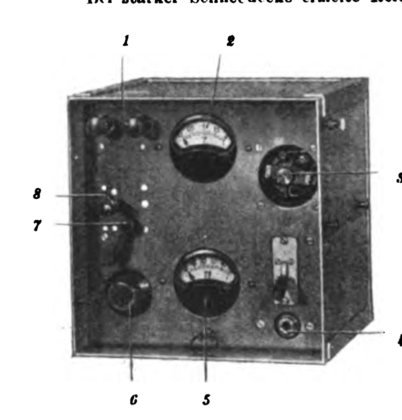
[1] Versuche mit ultrakurzen Wellen im Flugzeug sind auch mit der C. Lorenz A. G. ausgeführt worden, über die hier nicht berichtet werden soll (vgl. Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 23).
[2] E. Busse, Ultrakurze Wellen. Funkbastler 1928, S. 687.

Analoge Versuche wurden angestellt, während sich der Sender am Boden und der Empfänger im Flugzeug befand. In der Zahlentafel 1 sind die Grenzen für den Telegraphieempfang in Abhängigkeit von der Flughöhe

Zahlentafel 1.

Flughöhe in m	Telegraphie-Reichweiten bei Sendung vom Flugzeug zum Boden in km	vom Boden zum Flugzeug in km
190	36	—
200	34	—
220	36	—
270	—	28
450	54	—
500	—	34
510	54	—
650	—	35 *
680	67	—
890	65	—
1000	—	43 *
1850	—	57 *
2600	130	—

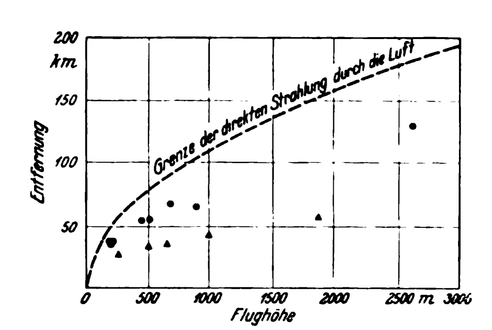
* Bei starker Schneedecke erzielte Reichweiten.



1 Dipol
2 Fadenspannung
3 Tonsummer
4 Taste
5 Anodengleichstrom
6 Heizregler
7 Antennenkopplung
8 Antennenabstimmung

Abb. 2. 3 m-Flugzeugsender. Bauart Telefunken.

für Empfang am Boden und im Flugzeug zusammengestellt. Die geringeren Reichweiten bei Empfang im Flugzeug erklären sich durch die ungünstigeren Empfangsbedingungen im Flugzeug, speziell infolge des Lärms des Motors. In Abb. 3 sind diese Ergebnisse graphisch aufgetragen.



• Empfang am Boden ▲ Empfang im Flugzeug

Abb. 3. Telegraphiereichweiten in Abhängigkeit von der Flughöhe (Senderleistung 1 W).

Aus der Kurve und der Tafel erkennt man eine starke Zunahme der Reichweite des Senders mit der Höhe des Flugzeuges. Die einfachste Erklärung für die Zunahme der Reichweite mit der Flughöhe kann folgendermaßen gegeben werden: Bei diesen sehr kurzen Wellen erfahren die Oberflächenwellen, wie wir schon oben sagten, eine so starke räumliche Dämpfung, daß sie für die Ausbreitung praktisch keine Bedeutung haben. Ebenso kann angenommen werden, daß eine Raumstrahlung bei diesen Wellen nicht vorhanden ist, wofür auch das Fehlen der Fadings spricht. Für den Empfang ausreichende Feldstärke ist nur dann vorhanden, wenn die gerade Verbindung vom Sender zum Empfänger frei durch die Luft verläuft. Nach dieser Vorstellung wird also ein Empfang solange möglich sein, als das Flugzeug sich oberhalb der im Empfangsort an die Erdoberfläche gelegten Tangentialebene befindet. Bezeichnet man in Abb. 4 die Flughöhe mit h, die Reichweite mit a, den Erdradius mit r, so ergibt sich

$$\cos\varphi = \frac{r}{r+h} \text{ und } \varphi = \frac{a}{r}.$$

Für $a \ll r$ erhält man $a = \sqrt{2 r h}$. Für den Erdradius $r = 6370$ km wird die theoretische Reichweite $a_{km} = 3{,}55 \cdot \sqrt{h_m}$. Die so ausgerechneten Werte sind in Abb. 3 in Abhängigkeit von der Flughöhe als gestrichelte Kurve eingezeichnet. Aus der Abbildung erkennt man, daß die gemessenen Werte stets unter der berechneten Kurve liegen. Eine Erklärung kann etwa so gegeben werden, daß bei dem Strahlungsverlauf während eines Teiles des Weges zwar die Bedingungen der optischen Sicht erfüllt sind, daß aber die Erdoberfläche sich in einer Entfernung von dieser optischen Verbindungslinie befindet, die als vergleichbar klein gegenüber der Wellenlänge angesehen werden muß. Infolgedessen wird während dieses Teiles des Weges eine starke Dämpfung durch den Erdboden zu erwarten sein. Diese Schwächung kann aber so groß sein, daß die Empfangsfeldstärke auch innerhalb der Zone der optischen Sicht unter die Reizschwelle des Rückkopplungsempfängers sinkt. Man erkennt schon aus diesen Überlegungen, daß es auf das Zusammenfallen der Meßpunkte mit der gestrichelten Kurve weniger ankommt als vielmehr darauf, daß der mathematische Verlauf der durch die Meßpunkte gelegten Kurve der theoretischen entspricht.

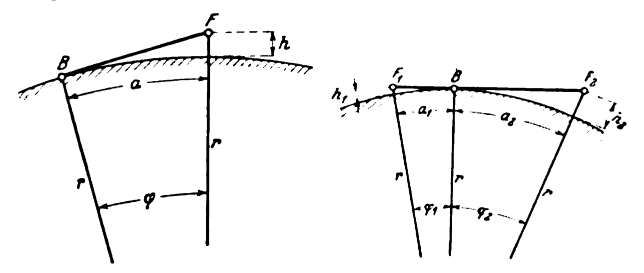


Abb. 4. Reichweite des direkten Strahls vom Flugzeug zum Boden.

Abb. 5. Reichweite des direkten Strahls von Flugzeug zu Flugzeug.

Falls sich sowohl die Sende- als auch die Empfangsstation oberhalb der Erdoberfläche befinden, gelten die Verhältnisse der Abb. 5. Es ergibt sich die theoretische Reichweite zu

$$a = a_1 + a_2 = \sqrt{2 r h_1} + \sqrt{2 r h_2}$$

oder für $r = 6370$ km

$$a_{km} = 3{,}55 \left(\sqrt{h_{1m}} + \sqrt{h_{2m}}\right).$$

Diese Formel wurde so geprüft, daß der Sender in ein Holzflugzeug (Muster Flamingo) und der Empfänger in ein Albatros-Flugzeug (Muster L 71) eingebaut wurde. Das Sendeflugzeug kreiste über dem Flugplatz Adlershof, das Empfangsflugzeug entfernte sich, bis der Empfang verschwand. Für die günstigste gegenseitige Lage ergab sich eine maximale Reichweite von 123 km für eine Höhe beider Flugzeuge über dem Erdboden von 300 m. Die Formel ergibt für diesen Fall

$$7{,}10 \cdot \sqrt{300} = 123 \text{ km}.$$

Durch diese Messungen wird die Vorstellung der sog. optischen Ausbreitung für diese Wellen stark gestützt. Während man einerseits bei Ausbreitungsvorgängen der langen Wellen die Vorstellung der Oberflächenwellen hauptsächlich zu berücksichtigen hat, anderseits bei den kurzen Wellen die Raumstrahlung für den Charakter der Ausbreitung bestimmend ist, dürfte es berechtigt sein, bei den ultrakurzen Wellen die Vorstellung der optischen Sicht bei Überlegungen über Ausbreitungsvorgänge als Arbeitshypothese zu benutzen. Scharf kann diese Vorstellung natürlich nicht gelten; einmal schon wegen der oben angegebenen räumlichen Dämpfung durch dämpfende Medien, die sich nahe dem optischen Strahl befinden. Dann aber können, ähnlich wie sich beim gewöhnlichen Licht Ausnahmen von der geradlinigen Ausbreitung z. B. in trüben Medien zeigen, auch hier ähnliche Verhältnisse auftreten, die besonders stark hervortreten, wenn die Leistungen sehr groß sind. Endlich können in Einzelfällen Sekundärstrahlungen die Verhältnisse komplizierter machen.

Uns interessiert heute vor allem die Frage, welche Anwendungsgebiete sich für diese Wellenlängen in der Luftfahrt erschließen. Vorher seien nochmals kurz die Haupteigenschaften dieser Wellen zusammengefaßt.

1. Die Oberflächenwellen können bei diesen Wellenlängen infolge ihrer starken räumlichen Dämpfung vernachlässigt werden.
2. Für die Ausbreitung gelten zum mindesten in allen einfachen Fällen die Gesetze der geometrischen Optik, d. h. eine Energieübertragung zwischen Sender und Empfänger ist praktisch nur dann möglich, wenn optische Sicht vorhanden ist, oder korrekter ausgedrückt, wenn sich zwischen Sender und Empfänger keine absorbierenden Medien befinden und die optische Verbindungslinie nicht nahe solchen absorbierenden Medien verläuft.
3. Raumstrahlung kann innerhalb der Reichweiten, die hier untersucht wurden, nicht festgestellt werden.
4. Fadings treten, zum mindesten bei dem verwendeten Empfänger, nicht auf.

Bevor wir die Frage der Anwendung dieser Wellen in der Luftfahrt beantworten, müssen wir uns zunächst fragen, welche Gebiete für die FT in der Luftfahrt überhaupt in Frage kommen. Wir können vier verschiedene Anwendungen unterscheiden, wenn wir von den fernerliegenden Einzelaufgaben absehen.

1. Nachrichten-Fernverkehr,
2. Fernpeilung,
3. Nachrichten-Nahverkehr,
4. Nahpeilung.

Für die beiden ersten Anwendungsgebiete ist ohne weiteres ersichtlich, daß die ultrakurzen Wellen nicht in Anwendung kommen können, da die Erdkrümmung eine optische Sicht zwischen Sender und Empfänger auf größere Entfernungen (einige 100 bis einige 1000 km) unmöglich macht. Für die ganz großen Reichweiten, d. h. also Entfernungen bis über 1000 km, kommen wohl sicher nur die kurzen Wellen zwischen 15 und 60 m in Frage. Für die Reichweiten von einigen 100 km ringen heute noch die langen und die kurzen Wellen um die Einführung; es ist noch nicht abzusehen, welche Wellengebiete bei diesen Entfernungen später einmal gewählt werden.

Die unter 3. aufgezählte Verwendung der FT in der Luftfahrt, d. h. der Nachrichten-Nahverkehr, muß erst näher charakterisiert werden. Ich setze als bekannt voraus, daß die Langwellen- und auch die Kurzwellen-FT-Stationen in der Lage sind, mit ihrer Bodenstation auch in deren unmittelbaren Nähe in Verbindung zu treten, oder anders ausgedrückt, daß die heute bereits eingeführten FT-Stationen in der Lage sind, den Nachrichten-Fernverkehr und auch den Nachrichten-Nahverkehr bei einfachen Streckenflügen zu übernehmen. Nun liegen aber beim Nachrichten-Nahverkehr die Verhältnisse wesentlich komplizierter, wenn es sich um den Verkehr zwischen einzelnen Flugzeugen eines Flugzeuggeschwaders handelt. Militärische Flugzeuggeschwader haben wir bekanntlich in Deutschland nicht, aber unser Flugsport kennt doch solche Flugzeugstaffeln, bei denen der Staffelführer in der Lage sein muß, den einzelnen Flugzeugführern kurze Anweisungen zu geben, um die gleichzeitige Ausführung der sportlichen Figuren zu ermöglichen. Bei der Ausführung solcher Figuren (z. B. Loopings) ist die Benutzung der sonst üblichen Hängeantenne nicht möglich. Die Verwendung von fest verspannten Antennen gibt bei sehr langen Wellen eine sehr geringe Strahlleistung[3]. Die kurzen Wellen zwischen 15 ... 60 m ergeben zwar auch bei festen Antennen prozentual recht große Strahlungsleistungen, ihre Reichweite ist aber recht groß, so daß man Bedenken haben kann, für einen Nahverkehr solche Wellen einzusetzen, bei denen man ferngelegene Empfangsstationen unvermeidlich stören muß. Für solche Aufgaben, d. h. für den Verkehr zwischen den Flugzeugen eines Geschwaders, scheinen die ultrakurzen Wellen besonders berufen zu sein; dabei darf man natürlich von diesen Wellen nicht mehr verlangen, als sie leisten können, d. h.: wird bei einem solchen Verkehr auch die Verständigung mit einer Bodenstation auf große Entfernungen verlangt, ohne daß das Flugzeug besonders große Höhen aufsucht, dann ist natürlich die Bedingung der optischen Sicht zwischen Sender und Empfänger nicht mehr erfüllt und die Anwendung dieser Wellen wird infolgedessen unmöglich.

Das größte Anwendungsgebiet in der Luftfahrt werden diese Wellen meiner Ansicht nach in Zukunft wohl bei der Nahpeilung haben. Dieses Problem kann auch das Problem der Erleichterung der Nebellandung durch FT genannt werden. Gedacht ist dabei an die Orientierung eines Flugzeuges im Nebel unmittelbar über dem Flug-

[3] Vgl. Eisner, Faßbender u. Kurlbaum, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 31, S. 109 u. 141.

platz während der Landung, wobei angenommen werden kann, daß das Flugzeug den Flugplatz im Nebel mittels Langwellen-Fernpeilung gefunden hat. Hierfür ist vorgeschlagen worden, Sender solcher Wellenlängen, also etwa 3 m, in einem Parabolspiegel aufzuhängen und das so erhaltene Strahlenbündel durch Drehung des Spiegels rotieren zu lassen. Ähnlich wie dies von Marconi für die Schiffahrt vorgeschlagen wurde, kann während dieser Rotation der Sender verschiedene Morsezeichen je nach der Himmelsrichtung des Strahlenbündels ausstrahlen. Empfängt ein Flugzeug von diesem Sender ein bestimmtes Morsezeichen, so erkennt es hieraus ohne weiteres, in welchem Sektor des Kurzwellen-Peilsenders es sich befindet. Auch andere Methoden sind für dieses Problem der Nahpeilung vorgeschlagen worden, die ich hier nicht nennen will. Meist handelt es sich darum, Strahlenbündel herzustellen, und die Bündelung der Strahlenenergie ist naturgemäß bei ultrakurzen Wellen deswegen besonders einfach, weil die Dimensionen der Parabolspiegel erträglich klein werden.

Dem Problem der Nahpeilung stehen aber heute noch große Schwierigkeiten im Wege. Die erste Schwierigkeit liegt in der ganz erstaunlich hohen Landegeschwindigkeit der heutigen Flugzeuge. So besitzt z. B. die bekannte Junkers F 13 eine Landegeschwindigkeit von etwa 20 m/s. Neuere Flugzeuge weisen noch höhere Landegeschwindigkeiten auf. Dies setzt also voraus, daß die Nahorientierung über dem Flugplatz unmittelbar vor der Landung in außerordentlich kurzer Zeit durchführbar sein muß. Die zweite Schwierigkeit, die sich der Nahpeilung heute noch entgegenstellt, ist die folgende: Bei allen Methoden, die seither für eine Nahpeilung, d. h. für die Orientierung des Flugzeuges über dem Flugplatz unmittelbar vor der Landung vorgeschlagen wurden, muß vorausgesetzt werden, daß das Landegelände mit besonderen Einrichtungen ausgerüstet ist, z. B. wie oben kurz angedeutet mit einer rotierenden Spiegelstation für ultrakurze Wellen. Dies setzt also voraus, daß die Flugzeuge in der Lage sein müssen, vor der Landung einen für solche Nebellandungen eigens ausgestatteten Flugplatz auszusuchen. Dies kann heute leider noch nicht angenommen werden, da ein nicht vernachlässigbarer Teil der Landungen als sog. Notlandungen angesehen werden muß, d. h. Landungen, die hauptsächlich infolge von Motorstörungen unerwartet und schnell ausgeführt werden müssen, wobei gar nicht mehr die Möglichkeit besteht, den für solche Nebellandungen besonders eingerichteten Flugplatz aufzusuchen. Aus diesem Grunde würde heute noch die technische Ausarbeitung einer Methode zur Ermöglichung der Nebellandung auf einem Flughafengelände nur einen Teil der Lösung des eigentlichen Problems des Nebelfluges darstellen.

Wird aber, wie anzunehmen ist, die Betriebsicherheit der Flugmotoren sich zu einer nahezu hundertprozentigen steigern, dann wird sofort das Problem der Nebellandung über dem Flugplatz praktisch die größte Bedeutung bekommen und für die Lösung dieses Problems wird das Wellenbereich, dem die heutigen Vorträge gelten, vielleicht wichtige Dienste leisten können.

C. Die Bedeutung der ultrakurzen Wellen für die elektrische Nachrichtentechnik, insbesondere die der Wellenlängen von 1 m abwärts.

Von Direktor **Walter Hahnemann**, Berlin.

Bei den sog. langen Wellen spielt für die Reichweite die Ausbreitung an der Erdoberfläche eine wesentliche Rolle, wobei mit abnehmender Wellenlänge diejenigen Ausbreitungsvorgänge hinzutreten, die in dem Raum zwischen der Erdoberfläche und der Heavisideschicht stattfinden.

Bei den kurzen Wellen, das sind die zwischen 10 und 100 m — sie seien „Zehner"-Wellen genannt — tritt die Erdausbreitung ganz zurück; ihre überraschend großen Reichweiten sind allein noch zu erklären durch die Ausbreitung zwischen Heavisideschicht und Erdoberfläche. Um sich über die hierbei vorliegenden näheren Verhältnisse klar zu werden, ist es vorteilhaft, sich die Erdkugel mit der darüber liegenden Heavisideschicht maßstäblich aufzuzeichnen. Der Erdradius beträgt nicht ganz 7000 km, die Höhe der Heavisideschicht über dem Erdboden sei angenommen zu 70 km, die Dicke der Kugelschale zwischen Erdboden und Heavisideschicht beträgt also etwa $^1/_{100}$ des Erdradius. Die Abb. 1 zeigt hierfür ungefähr die maßstäblichen Verhältnisse. Man sieht aus ihr, wie dünn die Schicht der Kugelschale ist, in welcher diese Ausbreitung der elektrischen Energie stattfindet. Würden an den Grenzflächen dieser Kugelschale, das ist Erdoberfläche und Heavisideschicht, keine Verluste auftreten, so wäre die Ausbreitung der Energie linear. Aus dieser Betrachtung werden die großen Reichweiten, die mit den „Zehner"-Wellen erzielbar werden, verständlich; ebenso aber auch die Schwunderscheinungen oder das „Fading", da die Beugungs- bzw. Reflektionsvorgänge allen Änderungen in dieser Schicht unterworfen sind. Dem Vorteil der großen Reichweite dieser „Zehner"-Wellen steht also diese Begleiterscheinung des Fadings als Nachteil gegenüber.

Bei den „Einer"-Wellen — so seien die Wellenlängen zwischen 10 und 1 m bezeichnet — scheint auf Grund der bisherigen Erfahrungen die Reichweite weder durch die Erdausbreitung noch durch die Kugelschalenausbreitung bestimmt zu sein. Die Ausbreitung an der Erdoberfläche entlang ist außerordentlich stark gedämpft und kommt daher praktisch kaum in Frage; eine Reflektion bzw. Herabbeugung dieser Wellen an der Heavisideschicht scheint nicht stattzufinden. Fadingerscheinungen wurden nicht beobachtet; ihre Reichweite wird also durch die Ausbreitung im freien Raum bestimmt; die bei ihnen vorliegenden Verhältnisse ähneln also sehr den optischen. Sender und Empfänger erhalten miteinander Verbindung, wenn sie sich sehen. Darüber hinaus kommt nur noch Beugung in Frage; durch diese wird aber keine erhebliche Vergrößerung der Reichweite ermöglicht, ähnlich wie beim Licht.

Von Scheppmann und Gerth[1] sind Reichweitenversuche vom Brocken aus beschrieben, die vom Esauschen Institut in Jena und den Laboratorien der C. Lorenz Aktiengesellschaft angestellt wurden. Sie haben für die Wellenlängen von etwa 3 m diese Ausbreitungsart im freien Raum als die für diese Wellen maßgebende festgestellt.

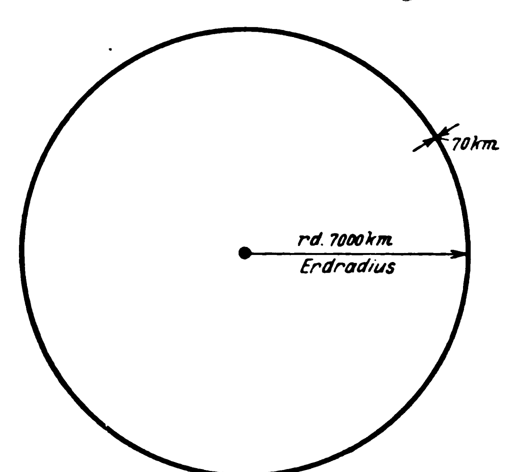


Abb. 1. Verhältnis von Heavisideschicht und Erdkugel.

Für die Berechnung der Reichweiten ergibt sich hieraus eine einfache Beziehung, die, abgesehen vom Erdradius, nur noch die Höhe des Senders und des Empfängers über dem Erdboden enthält. Vermehrung der Energie des Senders oder Erhöhung der Empfindlichkeit des Empfängers ergeben keine nennenswerte Vergrößerung der Reichweite über diese Grenze der direkten Sicht hinaus infolge der logarithmischen Abnahme der Empfangsenergie in der dann folgenden Beugungszone.

Die neuerdings angestellten Flugzeugversuche der DVL, über die vorstehend Prof. Dr. Faßbender berichtet hat, stellen eine Bestätigung hierfür dar, zum mindesten insofern, als eine Überschreitung der Sichtreichweite bei diesen Versuchen nicht vorgekommen ist. Es wäre außerordentlich zu begrüßen, wenn solche Ver-



[1] Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 23.

suche in immer weiterem Umfange stattfinden würden, um für die Anwendung dieser Wellenlängen eine völlig gesicherte Grundlage zu schaffen. Man kann wohl annehmen, daß die geschilderten Ausbreitungsvorgänge für alle Wellenlängen von etwa 10 m abwärts vorliegen. Diese

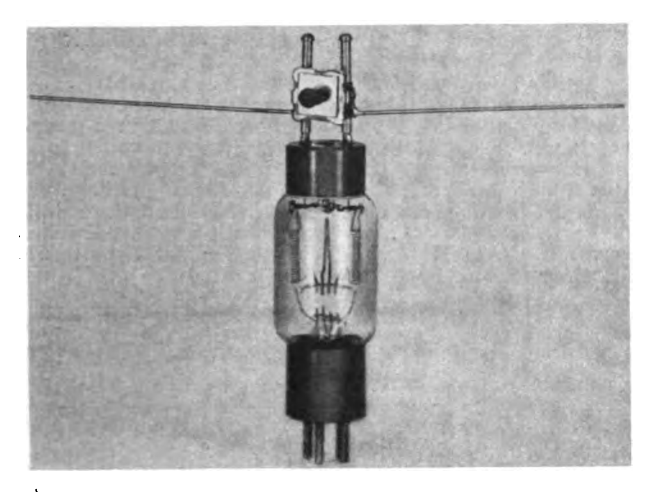


Abb. 2. Dezimeterröhre.

Wellen sind also nur innerhalb eines ganz bestimmten Umkreises um den Sender herum zu empfangen, sie sind die gegebenen Wellen für den Nahverkehr. Innerhalb des fraglichen Umkreises kann man mit Sicherheit auf Empfang rechnen, da kein Fading vorkommt; hieraus ergibt sich für diese Wellen voraussichtlich ein Anwendungsgebiet, das in seinem Umfange zur Zeit noch gar nicht übersehen werden kann. Sie können vielleicht einmal die Lösung für das wirkliche Fernsehen bringen, da bei ihnen kein Fading oder atmosphärische Störungen vorliegen und die erforderliche große Bandbreite keine Schwierigkeiten machen würde.

Während nun die „Einer"-Wellen auf Grund der Versuchsresultate der letzten Jahre noch im Begriff sind, die erste Anwendung in der Praxis zu finden, sind bereits Sender- und Empfängertypen für noch kleinere Wellenlängen zwischen etwa 10 cm und 1 m — sie seien „Dezi"-Wellen genannt — in Entwicklung begriffen. Einleitend hat Dr. Kohl uns seine so instruktiven optischen Versuche mit Wellenlängen von etwa 14 cm vorgeführt. Neben dem wissenschaftlichen Interesse der Anwendung dieser Wellen zu optischen Versuchen fragt es sich nun, ob und inwieweit sie einer praktischen Anwendung in der Nachrichtentechnik zugeführt werden können. Es sei diese Frage der praktischen Anwendungsmöglichkeit der „Dezi"-Wellen kurz betrachtet.

Die „Einer"-Wellen breiten sich im Raum aus, ähnlich wie die optischen Wellen, aber ihre Dimension ist verhältnismäßig noch groß für eine Verwendung der optischen Mittel, wie Spiegel, Linsen oder dgl. Nehmen wir zum Beispiel die 3 m-Welle und betrachten wir den für sie von Gresky ausgebildeten Spiegel, so beträgt dessen Ausdehnung noch mehrere Meter. Dies ergibt für tragbare oder schwenkbare Geräte eine noch zu wenig handliche Konstruktion. Demgegenüber können „Dezi"-Wellen für bestimmte Anwendungsgebiete insofern als weiterer Fortschritt gelten, als sie handliche, den optischen ähnliche Mittel zur Strahlenbündelung, Spiegelung oder dgl. mehr möglich machen. Hierfür sollen die nachfolgenden Experimente in Ergänzung zu denen von Kohl einigen Aufschluß geben.

Es wurden folgende Experimente gezeigt:

Der Sender stand an der einen Wand des Hörsaals, der Empfänger an der gegenüberliegenden Wand; die Entfernung war also etwa die Breite des Hörsaals. Der Sender wurde moduliert getastet.

1. Der Empfänger gab im Lautsprecher laute vernehmliche Zeichen wieder, wenn die beiden Parabolspiegel, in denen sich der Sender und Empfänger befanden, einander zugedreht waren. Bei Drehung eines der beiden Spiegel seitwärts verschwanden die Zeichen.

2. Der Empfängerspiegel wurde um die eine Horizontalachse so weit gedreht, daß der Dipol des Empfängers waagerecht lag, während der Spiegel des Senders und damit dessen Dipol senkrecht stehen blieben. Der Empfang verschwand infolge der Verdrehung der Polarisationsebene des Empfängers. Der Empfänger wurde nun um eine zweite, senkrecht zur ersten stehende Horizontale gedreht; der Empfang wurde wieder praktisch Null, da auch hier die Polarisationsebene des Empfängers senkrecht zu der des Senders zu liegen kommt. Beim Zurückdrehen des Empfängers in die richtige Polarisationsebene (beide Dipole senkrecht) war wieder der volle Empfang da.

3. Es wurde eine spiegelnde Metallfläche in die Nähe des Empfängers (zwischen Sender und Empfänger) gehalten. Diese ergab Zunahme der Tonstärke des Empfängers in einer bestimmten Lage. Beim Wegbringen oder Nähern dieser Fläche zum Empfänger traten Maxima oder Minima auf in Abständen von etwa 1 dm (Entfernung von Maximum zu Minimum eine Viertel-Wellenlänge). Der Versuch gab Aufschluß über die Wellenlänge. Gleichzeitig ist er geeignet zur experimentellen Darstellung des Einflusses des Abstandes des Strahlungsgebildes von der Grenze des Mediums im Verhältnis zur benutzten Wellenlänge.

Die bei den Experimenten benutzte Wellenlänge beträgt etwa 50 cm; die Abb. 2 ... 4 zeigen die benutzten Röhren (Sender- oder Empfängerröhren) und die Apparate in ihrem Aufbau sowie die an den Röhren im Parabolspiegel angebrachten Antennen. Die Apparate wurden in den Laboratorien der C. Lorenz A. G. von den Herren Scheppmann, Karplus und Gresky entwickelt.

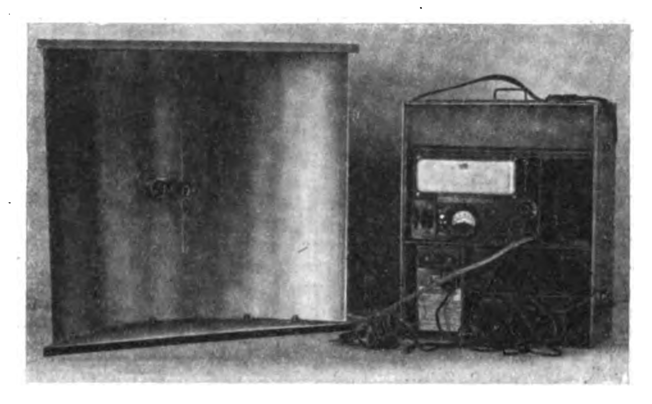


Abb. 3. Empfänger mit Spiegel für Dezimeterwellen.

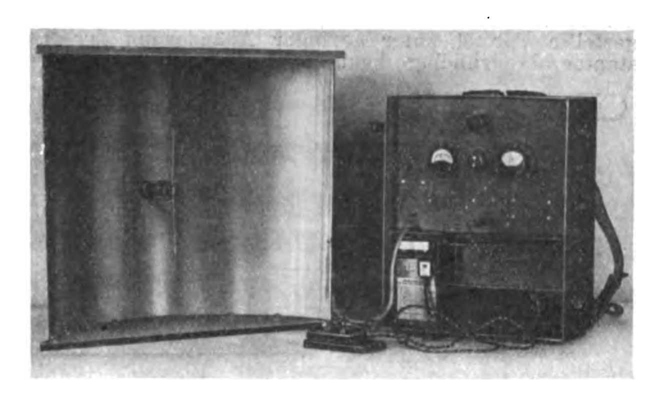


Abb. 4. Sender mit Spiegel für Dezimeterwellen.

Die Herstellung der uns in der Optik gewohnten Erscheinung, wie z. B. die Strahlenbündelung von der Schärfe eines Scheinwerferstrahles, setzt nun noch eine weitere Maßnahme voraus, nämlich die, daß die optischen Mittel, wie z. B. die Parabolspiegel, in ihren Dimensionen (Brennweite des Spiegels) groß zur Wellenlänge gemacht werden. Dann erst werden wir wirkliche Energiebündelungen und damit neue Fortschritte erreichen. Es ist ersichtlich, wie vorteilhaft es hierfür sein muß, elektrische Energie von gewisser Größe (einige Watt) bei möglichst kleinen Wellenlängen von der Größenordnung einiger Dezimeter oder noch darunter zur Verfügung zu haben. Es scheint, als ob wir heute an der Schwelle zu dieser Entwicklung ständen.

Eichung der Kugelfunkenstrecken*.

Von Dr.-Ing. H. **Bechdoldt**, Neu-Rössen b. Merseburg.

Übersicht. Die vom VDE am 1. VII. 1926 herausgegebenen Eichkurven für Kugelfunkenstrecken werden mit Hilfe des neuen Hochspannungs-Voltmeters der Fa. Hartmann & Braun nachgeprüft und die einzelnen Kugeln direkt miteinander verglichen. Hierbei ergibt sich, daß die genormten Kurven untereinander nicht übereinstimmen. Die Eichkurve für die 75 cm-Kugeln ist richtig, während die der übrigen Kugeln mit abnehmendem Kugeldurchmesser immer größere Abweichungen ergeben, die bei 5 cm-Kugeln bereits 10 % betragen. Ähnliche Ergebnisse erzielte A. Palm[1] bei Messungen an 25- und 75 cm-Kugeln. Auf Grund der Messungen werden die Konstanten der Gleichung, die der Normung zugrunde lag, geändert und damit eine neue Eichkurve für Kugelfunkenstrecken aufgestellt. Es zeigt sich jedoch, daß die nach dieser Formel ermittelten Werte nur für größere Schlagweiten richtig sind. Die Eichkurven für Kugelfunkenstrecken lassen sich demnach nicht durch eine Formel von dem Charakter

$$A_s = a\left(1 + \frac{b}{\sqrt{D}}\right) D \cdot \psi\left(\frac{s}{D}\right)$$

darstellen. Weiterhin werden einige Versuche an Käfigfunkenstrecken geschildert, die in Übereinstimmung mit den Toeplerschen Messungen[2] ergeben, daß durch einen um die Kugelfunkenstrecke angeordneten Käfig die Anfangsspannung herabgesetzt wird.

Die bisher vorliegenden Eichkurven[3] für Kugelfunkenstrecken sind, soweit sie überhaupt experimentell festgestellt sind, durch Messung der Spannung auf der Unterspannungseite des Transformators und Umrechnung mit dem Übersetzungsverhältnis bestimmt worden. Von anderer Seite[4] wurden Formeln zur Berechnung der Überschlagspannung zwischen Kugelelektroden aufgestellt. Während die Messungen untereinander bereits gewisse Abweichungen ergeben, ist aber der Unterschied zwischen den berechneten und den experimentell aufgenommenen Eichkurven außerordentlich groß. Um eine einheitliche Grundlage für die Messung höherer Spannungen innerhalb Deutschlands zu erhalten, wurden vom VDE Eichkurven für Kugelfunkenstrecken für 5, 10, 15, 25, 50, 75 und 100 cm Kugeldurchmesser genormt. Für diese Normung wurde die von Peek aufgestellte Formel unter geringer Abänderung der Konstanten als Grundlage benutzt.

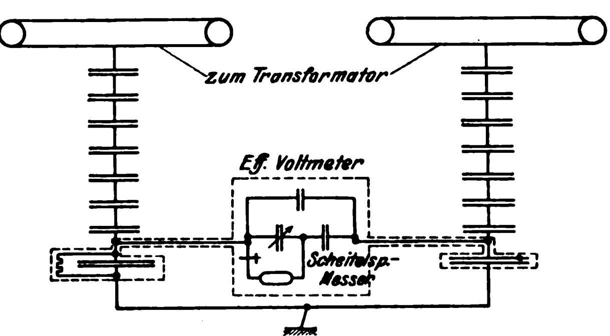


Abb. 1. Schaltung des Hochspannungsvoltmeters von H. & B.

Bisher besaß man in der Funkenstrecke das alleinige Mittel, den Scheitelwert hoher Spannungen zu bestimmen. Das sonst noch gebräuchliche elektrostatische Voltmeter erlaubt nur die Messung des Effektivwertes und ist verhältnismäßig ungenau und deshalb zu derartig genauen Messungen, wie sie eine Eichung erfordert, ungeeignet. Vor einigen Jahren hat nun die Firma Hartmann & Braun ein neues Hochspannungsvoltmeter herausgebracht[5], welches die Messung des Scheitel- und Effektivwertes bis etwa 500 kV_{eff} bzw. 800 kV_{max} gestattet. Dem Verfasser wurde dieses Instrument in dankenswerter Weise zu eingehenden Versuchen zur Verfügung gestellt und u. a. zur Kontrolle der genormten Funkenstrecken-Eichkurven benutzt. Die Schaltung desselben ist aus Abb. 1, der äußere Aufbau aus Abb. 2 zu ersehen. Die Spannung wird durch einen kapazitiven Spannungsteiler im Verhältnis 500 000 : 800 V unterteilt und der Effektivwert mit einem Multizellularvoltmeter, der Scheitelwert mit einer Glimmlampe gemessen.

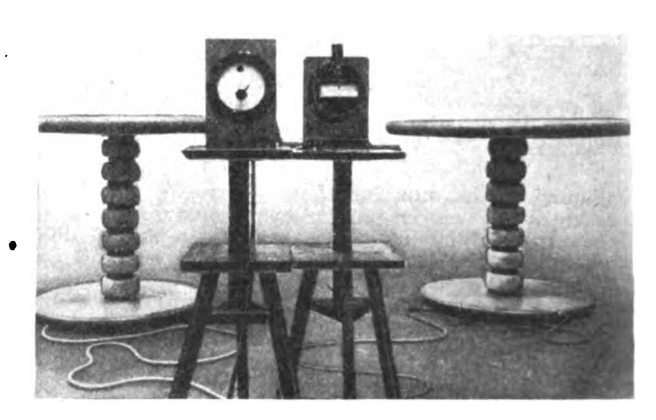


Abb. 2. Äußerer Aufbau des Hochspannungsvoltmeters von H. & B.

Vor Beginn der eigentlichen Messungen an Funkenstrecken wurde dieses Hochspannungsvoltmeter genau untersucht und dabei zunächst festgestellt, daß die Angaben desselben völlig unabhängig von den atmosphärischen Verhältnissen sind. Die gemessenen Werte ließen sich nach einem Jahr noch auf etwa ½ % genau reproduzieren. Auch die in dem Instrument eingebaute Glimmlampe ist normalerweise außerordentlich zuverlässig. Störungen traten nur ein, wenn in unmittelbarer Nähe starke Überschläge bei hoher Spannung auftraten. Die Glimmlampe leuchtete in solchen Fällen stark auf, und eine Nachprüfung ergab Abweichungen von etwa 2 ... 3 %. Um hierdurch entstehende Fehler auszuschalten, wurde die Eichung vor und nach jeder Messung nachgeprüft. Die größte Sorgfalt wurde auf die Kontrolle des Übersetzungsverhältnisses des Spannungsteilers gelegt und hierbei sehr gute Übereinstimmung gefunden. Die Nachprüfung wurde durch Bestimmung des Spannungsabfalles im Transformator und durch oszillographische Aufnahme

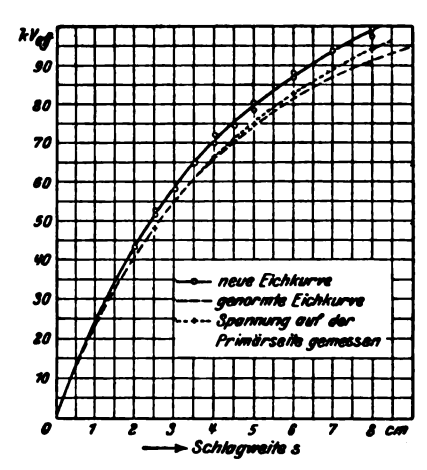


Abb. 3. 5 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.

* Die Versuche wurden im Versuchsfeld der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H., Hermsdorf, ausgeführt. Vgl. Hescho-Mitt. H. 31, S. 35.

1 ETZ 1928, S. 904.

2 M. Toepler, Z. Techn. Phys. Bd. 3, H. 10.

3 Vgl. O. Schumann, Elektrische Durchbruch-Feldstärke von Gasen. Verlag Julius Springer, Berlin 1923.

4 F. W. Peek jr., Proc. Am. Inst. El. Engs. 1914, S. 889.

5 Nähere Beschreibung dieses Instrumentes: A. Palm, ETZ 1926, S. 873.

der Spannungskurve ober- und unterspannungseitig durchgeführt. Eine eingehende Beschreibung der hierbei angewandten Meßmethoden wird an anderer Stelle später noch gebracht werden, und es sollen im folgenden lediglich die Meßergebnisse bei der Untersuchung der Funkenstrecken näher ausgeführt werden.

Die Messungen wurden an 5-, 10-, 15-, 25-, 50- und 75 cm-Kugeln bei beiderseits isolierten Polen ausgeführt, indem das Hochspannungsvoltmeter parallel zu den Kugeln geschaltet wurde. Messungen bei einpoliger Erdung konnten aus Zeitmangel nicht mehr durchgeführt werden. Die Kugeln waren frei im Raum, d. h. so aufgestellt, daß ihr Abstand von geerdeten Teilen mindestens gleich dem 2½fachen Kugeldurchmesser war. Im übrigen waren die in den „Regeln für Spannungsmessungen mit der Kugelfunkenstrecke in Luft" angegebenen Gesichtspunkte genau beachtet. Vergleichsversuche haben allerdings gezeigt, daß z. B. der Durchmesser der Zuleitung zu den Kugeln keinen meßbaren Einfluß auf die Überschlagspannung hat. Die in den Kurven Abb. 3 ... 8 und Zahlentafeln angegebenen Werte gelten für eine Temperatur von 20° und einen Barometerstand von 760 mm Hg und sind durch den Faktor $\sqrt{2}$ auf sinusförmige Kurve reduziert. Die Messungen wurden im Laufe eines halben Jahres mehrfach nachkontrolliert und stets gute Übereinstimmung gefunden, wie auch aus den Kurven aus der geringen Streuung der Punkte zu ersehen ist. Die Eichung für 15 cm-Kugeln wurde einmal mit einem 500 kV-Transformator mit verhältnismäßig guter Spannungskurve und einmal mit einem 300 kV-Transformator mit stark verzerrter Spannungskurve durchgeführt. Die Übereinstimmung dieser beiden Messungen ist ein Beweil dafür, daß die Eichung des Hochspannungs-Voltmeters unabhängig von der Kurvenform richtig ist.

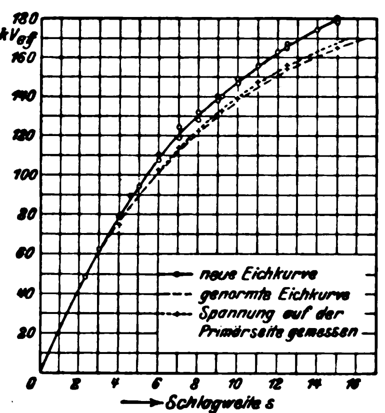


Abb. 4. 10 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.

In den Abb. 3 ... 8 sind die aufgenommenen Eichkurven und zum Vergleich die vom VDE genormten Kurven eingetragen. Die punktierte Kurve gibt jeweils den auf der Primärseite des Transformators gemessenen und mit dem Übersetzungsverhältnis multiplizierten Effektivwert der Spannung wieder. Vergleicht man die Kurven untereinander, so sieht man, daß die genormten und die gemessenen Eichkurven für die 75 cm-Kugeln fast genau übereinstimmen. Für die 50 cm-Kugeln ergibt sich bereits eine Differenz von rd. 2 %, während für die 5 cm-Kugeln eine Abweichung von etwa 10 % auftritt. Die Abweichung der gemessenen von den genormten Eichkurven ist in den Kurven der Abb. 9 eingetragen. Für alle Kugeln ist jedoch die Eichung mit dem g l e i c h e n Instrument durchgeführt, und es ist unmöglich, daß dieses Instrument je nach dem Kugeldurchmesser verschiedene Werte zeigen soll. Gleichfalls ist es unmöglich, daß das Übersetzungsverhältnis des Transformators je nach dem Kugeldurchmesser verschieden groß sein soll, denn bei allen Versuchen war eine Grundbelastung von etwa 800 cm parallel zur Funkenstrecke geschaltet. Die geringe Änderung der Belastung des Transformators kann mithin keinen nennenswerten Einfluß haben, denn die Kapazität der Kugeln beträgt höchstenfalls nur etwa 75 cm. Würde man jedoch

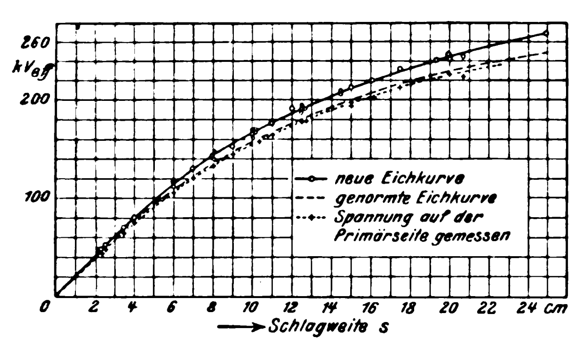


Abb. 5. 15 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.

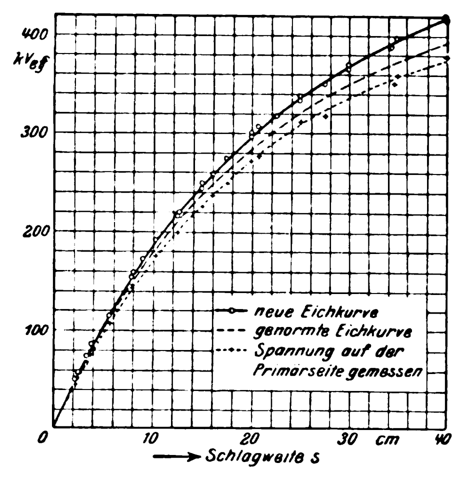


Abb. 6. 25 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.

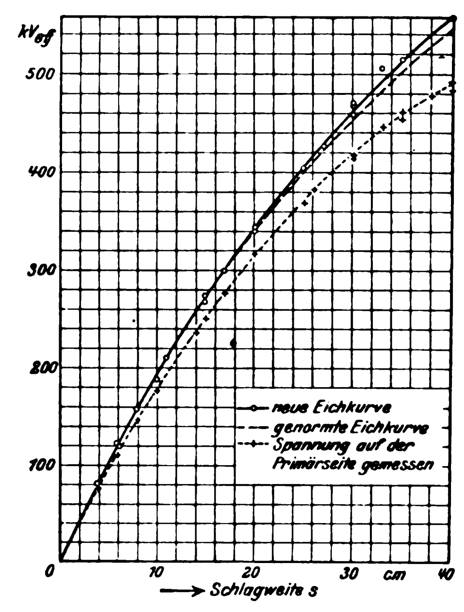


Abb. 7. 50 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.

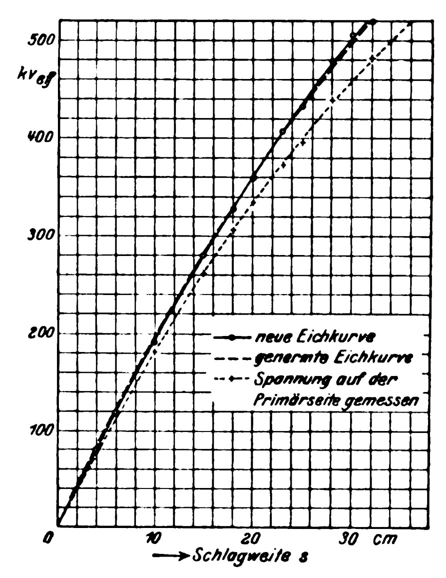


Abb. 8. 75 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.



die genormten Eichkurven zugrundelegen, so würde das Übersetzungsverhältnis mit wachsendem Kugeldurchmesser um 9 % steigen, was nach anderen Versuchen eine Erhöhung der Belastung des Transformators um etwa 25 % cm bedeuten würde, denn die Kurvenform war bei allen Versuchen gleich. Um die Übereinstimmung der Kurven untereinander direkt nachweisen zu können, wurde eine Funkenstrecke mit 50- und eine mit 25 cm-Kugeln parallel geschaltet. Die Schlagweiten wurden so eingestellt, daß der Überschlag abwechselnd an der 25- und

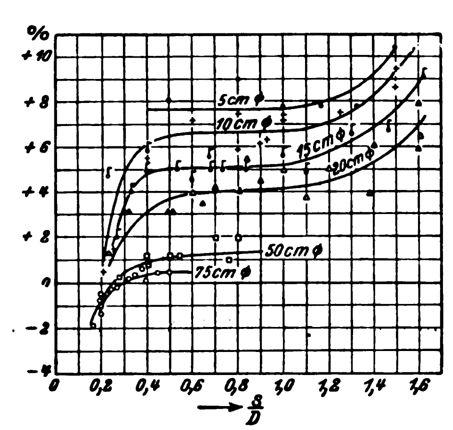


Abb. 9. Differenz zwischen den genormten und den neu aufgenommenen Eichkurven.

50 cm-Kugel erfolgte. Für die 25 cm-Kugeln wurde auf diese Art eine Schlagweite *a*, für die 50 cm-Kugeln eine Schlagweite *b* gefunden. Die denselben entsprechenden Spannungen wurden den genormten Kurven wie auch den neuen Eichkurven entnommen. Wenn nun die Eichkurven für die verschiedenen Kugeln untereinander übereinstimmen, dann müssen diese Spannungen gleich sein. Dies trifft für die neuen Eichkurven auch zu, für die genormten Kurven dagegen ergeben sich je nach der Schlagweite verschieden große Differenzen. In Zahlentafel 1 sind einige Meßergebnisse dieser Art an 25- und 50 cm-Kugeln zusammengestellt.

Zahlentafel 1. Vergleich der Messungen mit dem Hochspannungs-Voltmeter und den genormten Eichkurven.

25 cm-Kugeln			50 cm-Kugeln		
Schlagweite *a* (cm)	Überschlagspannung aus den genormten Eichkurven kV_{eff}	Überschlagspannung aus den neu aufgenommenen Eichkurven kV_{eff}	Schlagweite *b* (cm)	Überschlagspannung aus den genormten Eichkurven kV_{eff}	Überschlagspannung aus den neu aufgenommenen Eichkurven kV_{eff}
10	175,5	181,5	9,5	182,0	182,0
15	236,5	245,5	13,2	242,0	244,0
20	283,0	296,0	16,6	293,0	295,0
30	350,0	367,5	22,0	364,0	369,0
40	392,0	415,0	26,15	412,0	418,0

Die gleichen Ergebnisse hatten auch Vergleichsversuche an 10- und 25 cm-Kugeln. Ähnliche Messungen wurden von einem anderen Beobachter[6] durch Vergleich der 10-, 15-, 25-, 50 cm-Kugeln untereinander durchgeführt und nachfolgende Ergebnisse gefunden:

Zahlentafel 2.

Kugeldurchmesser (cm)	mittlere Abweichung in %	
50—25	4,3	(3)
50—15	6,9	(4)
50—10	8,8	(5,6)
25—15	1,2	(1)
25—10	2,1	(1,6)

Die in Klammer stehenden Werte wurden den Kurven der Abb. 9 entnommen. Wenn auch die gefundenen Abweichungen nicht genau mit den von mir festgestellten übereinstimmen, so liegen die auftretenden Differenzen doch im Bereich der normalerweise bei Messungen mit der Funkenstrecke zu erzielenden Genauigkeit.

Die vorstehend beschriebenen Messungen ergeben mit Sicherheit, daß die genormten Eichkurven untereinander nicht übereinstimmen, sie stellen somit bestimmt nicht die richtigen Eichkurven der Kugelfunkenstrecken dar. Tragen wir nun die zwischen den genormten und neu aufgenommenen Eichkurven gefundene Differenz als Funktion von Schlagweite zu Kugeldurchmesser auf, so finden wir weiter, daß die Abweichung nicht konstant sondern selbst wieder eine Funktion der Schlagweite ist. Zur Klärung dieser Tatsache gehen wir von der Grundlage aus, auf der die genormten Eichkurven aufgebaut sind. Wie vorher bereits erwähnt, sind sie aus einer von Peek aufgestellten

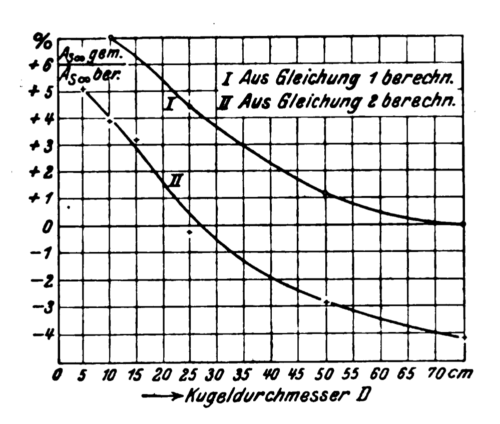


Abb. 10. Abweichung der Werte für $A_{s\infty}$ zwischen Rechnung und Versuch.

Formel berechnet. Nach dieser ist die Überschlagspannung zwischen 2 Kugelelektroden von dem Durchmesser *D* bei einer Schlagweite *s* gegeben zu

$$A_s = \delta \cdot 19{,}62 \cdot \left(1 + \frac{0{,}757}{\sqrt{D}}\right) D \, \frac{s}{D} \, \frac{1}{f_i} \quad . \; . \; . \; . \; (1)$$

Die Konstanten sind, soweit festgestellt werden konnte, aus Messungen an kleineren Kugeln ermittelt worden. Der letzte Faktor der Gleichung $\left(\frac{1}{f_i}\right)$ ist seinerseits wieder aus Versuchen als eine Funktion von $\frac{s}{D}$ gegeben und gilt für beiderseits isolierte Kugeln.

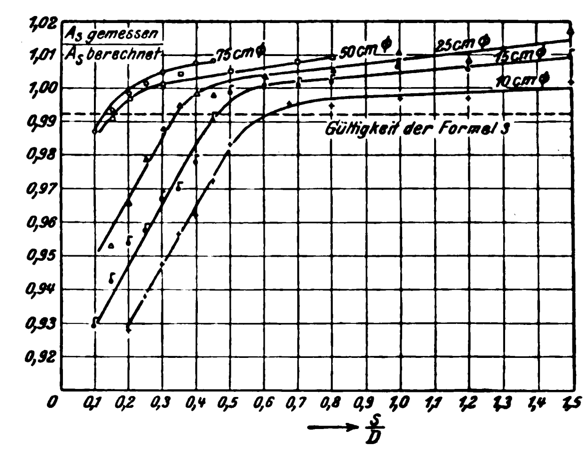


Abb. 11. Verhältnis der gemessenen Funkenspannung zu der nach Gl. (3) berechneten.

Bereits früher ist von M. Toepler zur Berechnung der Funkenspannung eine Formel aufgestellt worden, die den gleichen Charakter, jedoch andere Konstanten hat. Nach dieser ist:

$$A_s = 20{,}63 \cdot \left(1 + \frac{0{,}667}{\sqrt{D}}\right) D \, \psi\left(\frac{s}{D}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; (2)$$

Die Formel gilt für einen Barometerstand von 760 mm Hg und eine Temperatur von 20°. In Gl. (1) wird für unendlich große Schlagweiten

$$\frac{s}{D} \, \frac{1}{f_i} = 1 ;$$

[6] Dipl.-Ing. Weber, Hermsdorf-Schomburg Isolatoren G. m. b. H., Hermsdorf i. Thür.

somit ist

$$A_{s\infty} = 19{,}62 \cdot \left(1 + \frac{0{,}757}{\sqrt{D}}\right) D \cdot 1$$

Nach der Gl. (2) wird:

$$A_{s\infty} = 20{,}63 \cdot \left(1 + \frac{0{,}667}{\sqrt{D}}\right) D.$$

Nehmen wir zunächst den Charakter der Gleichungen als richtig an und berechnen aus den neu aufgenommenen Eichkurven rückwärts den Wert für

$$A_{s\infty} = \frac{A_s}{\frac{s}{D}\,\frac{1}{f_i}},$$

so müßte dieser, wenn der Charakter der Gleichung tatsächlich richtig wäre, für alle Schlagweiten konstant sein. Hierbei ergeben sich jedoch, wie Zahlentafel 3 zeigt, erhebliche Abweichungen.

Zahlentafel 3.

$\frac{s}{D}$	$A_{s\infty}$ für Kugeln von 5	10	15	25	50	75 cm
0,05						1550
0,1	142	240	347	566	1089	1570
0,15					—	1590
0,2	142	242	355	569	1093	1593
0,25				579		1600
0,3	140	249,5	361	582	1092	1608
0,35				—		1610
0,4	141,5	253	365,5	587	1093	1610
0,45		—	—			1600
0,5	142,5	258,5	372	586	1101	
0,6	141,5	261,5	374,2	587	1103	
0,7				589	1108	
0,8	141	259	373	589	1109	
1,0	140,5	261	375,5	595		
1,2	139,9	262	376	594		
1,5	141,8	265	379	600		
Mittelwert	141,18	260,5	374,95	590,8	1098,5	1600
aus Gl. (1) errechnet	131,3	242,2	351,4	564,6	1086	1600
aus Gl. (2) errechnet	133,9	249,8	362,9	592,8	1129,8	1666,3
aus Gl. (3) errechnet	150,4	263,2	373,8	586,8	1101	1605,0

Wenn man bedenkt, daß die Werte für A_s aus den Kurven entnommen sind, wobei kleine Fehler in der Ablesung vorkommen können, so kann man die jeweils unterhalb der Linie stehenden Werte für $A_{s\infty}$ als konstant annehmen. Bildet man von diesen den Mittelwert und vergleicht ihn mit den aus den Gleichungen (1) u. (2) sich ergebenden Werten, so sieht man auch hier, daß die Abweichung nicht geradlinig sondern nach einem anderen Gesetz verläuft. In Abb. 10 ist dieser Verlauf graphisch dargestellt und zeigt, daß die gemessenen Werte für $A_{s\infty}$ wenigstens für größere Kugeln zwischen denen nach den Gleichungen (1) u. (2) liegen.

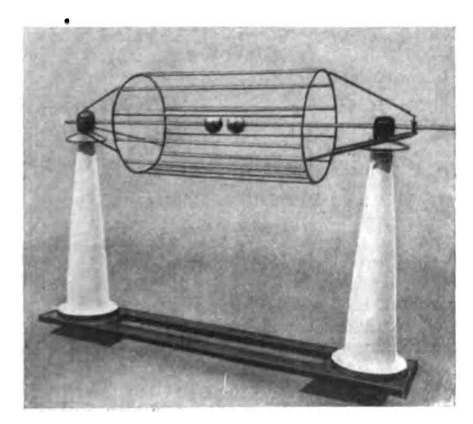


Abb. 12. Aufbau der Käfigfunkenstrecke nach M. Toepler für 15- und 25 cm-Kugeln.

Wir gehen nun rückwärts vor und bestimmen aus den gegebenen Formeln für das neu errechnete $A_{s\infty}$ die Konstanten. Für die Kugeldurchmesser D_1 und D_2 lautet Gl. (1) in allgemeiner Form

$$A_{s\infty_1} = a\left(1 + \frac{b}{\sqrt{D_1}}\right) D_1$$

und

$$A_{s\infty_2} = a\left(1 + \frac{b}{\sqrt{D_2}}\right) D_2.$$

Hieraus ergeben sich für die Konstanten a und b folgende Beziehungen:

$$a = \frac{A_{s\infty_1}}{D_1 + b\sqrt{D_1}}$$

$$b = \frac{A_1\, D_2 - A_2\, D_1}{A_2\sqrt{D_2} - A_1\sqrt{D_2}}.$$

Errechnet man sich aus diesen Formeln für verschiedene Kugeldurchmesser die Konstanten a und b und setzt die gefundenen Mittelwerte in Gl. (1) ein, so ergibt sich als neue Formel für die Überschlagspannung zwischen Kugelelektroden bei isolierter Anordnung:

$$A_s = 18{,}55 \cdot \left(1 + \frac{1{,}328}{\sqrt{D}}\right) D\,\frac{s}{D}\,\frac{1}{f_i}\,[\text{kV}_{\text{eff}}]. \quad . . . (3)$$

Die Werte für $1/f_i$ sind auch für diese Gleichung dem VDE-Normblatt vom 1. VIII. 1926 zu entnehmen.

Bei der Berechnung ist die Eichkurve für die 5 cm-Kugeln nicht mit herangezogen worden, da diese offensichtlich einem anderen Gesetz folgt. In allen Fällen, mit Ausnahme der 5 cm-Kugeln, ist nämlich $A_{s\infty}$ erst von einer gewissen Schlagweite an konstant, für jene dagegen für sämtliche Schlagweiten. Dies würde mit einer Beobachtung von M. Toepler übereinstimmen, der gefunden hat, daß bei Kugeln mit einem Durchmesser von weniger als 8 cm die Funkenspannung nicht mehr identisch mit der Anfangsspannung sondern mit der Glimmgrenzspannung ist.

Abb. 13. 10 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.

In Abb. 11 ist die Differenz als Funktion von s/D aufgetragen, die sich zwischen der nach Gl. (3) berechneten und der gemessenen Funkenspannung ergibt. Der Verlauf dieser Kurven läßt erkennen, daß sich die Funkenspannung unmöglich für alle Schlagweiten durch eine Formel von dem Charakter der Gl. (1) darstellen läßt. Sie folgt vielmehr einem ganz anderen Gesetz, und die Gl. (3) trifft daher nicht für alle Schlagweiten zu. Ihre Gültigkeitsgrenze läßt sich aus den Kurven der Abb. 11 ersehen und verläuft etwa nach der punktierten Linie. In diesem Bereich liegen die Fehler in der Größenordnung von ± 1 %. Für kleinere Werte von s/D müssen dagegen die gemessenen Werte zugrunde gelegt werden.

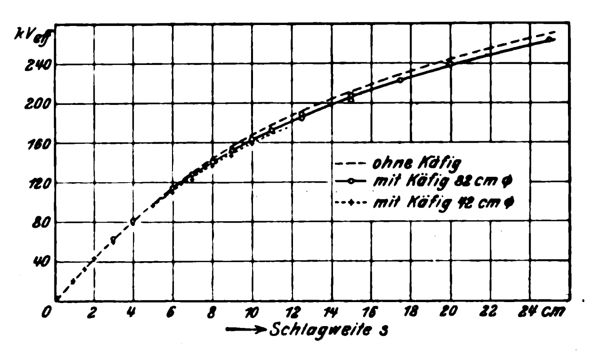


Abb. 14. 15 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.

Auf Anregung von Prof. M. Toepler wurden weiterhin noch die Eichkurven für verschiedene Kugeldurchmesser in der Anordnung nach Abb. 12 aufgenommen. Um eine Beeinflussung des Feldes in der Umgebung der Kugeln zu vermeiden, wurde die Funkenstrecke durch einen geerdeten Käfig umhüllt. Dieser bestand aus

12 gleichmäßig auf einem Zylinder verteilten Messingrohren von 10 mm Dmr. für 5- und 10 cm-Kugeln und von 20 mm Dmr. für 15- und 25 cm-Kugeln. An Stelle dieser Messingrohre waren für die 50 cm-Kugeln Ketten verwendet worden, nachdem Vergleichversuche an 25 cm-Kugeln gezeigt hatten, daß zwischen Messingrohren und Ketten kein Unterschied bestand. Letzteres ist auch erklärlich, da der Käfig Erdpotential hat und infolgedessen keinerlei Glimmerscheinungen auftreten können und die Sprossen auf dem Zylinder, also am Orte kleinsten Feldes

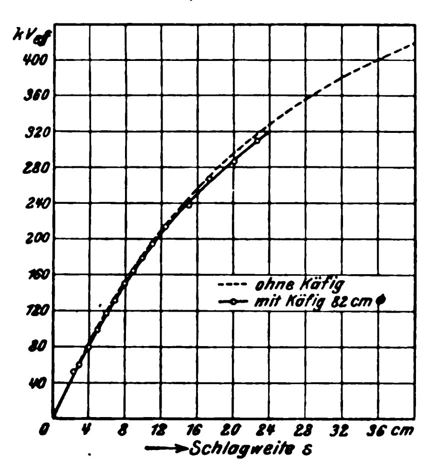
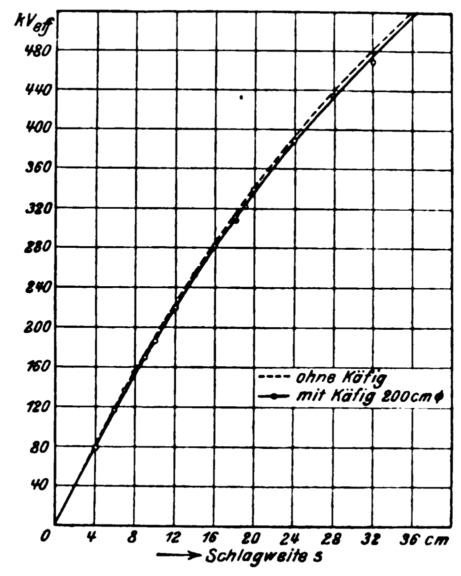


Abb. 15. 25 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.

liegen. Der Abstand der einzelnen Rohre bzw. Ketten war stets kleiner als der Kugeldurchmesser; der Durchmesser des Käfigs selbst war nach Möglichkeit so groß gewählt, daß keine Überschläge zwischen Kugeln und Käfig erfolgen konnten. Für 25 cm-Kugeln ließ sich dies jedoch nicht vermeiden, da kein geeigneter Käfig zur Verfügung stand. Die Eichung konnte deshalb für diese nur bei kleineren Schlagweiten ausgeführt werden. Zur Erzielung eines gleichmäßigen Feldes ist auch noch die Länge des Käfigs von Bedeutung. Sie soll mindestens gleich dem 6fachen Kugeldurchmesser sein.



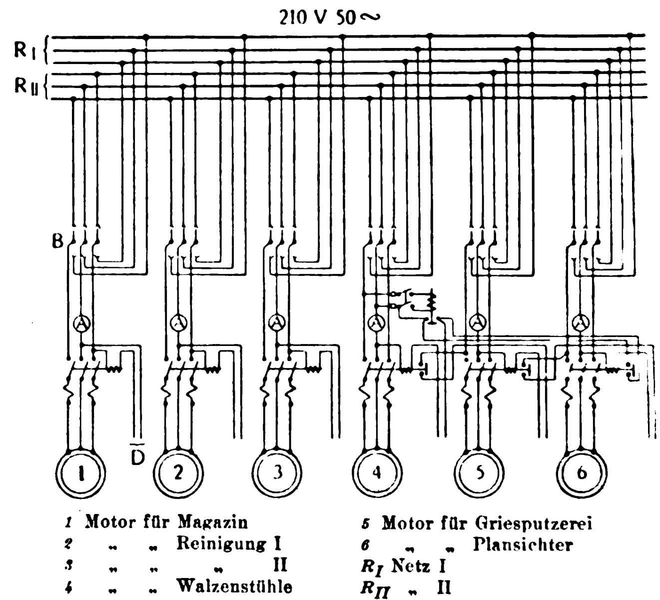
Ab. 16. 50 cm-Kugeln, isoliert. 760 mm Hg, 20°.

Die Eichung wurde in der gleichen Weise wie ohne Käfig durch Parallelschalten des Hochspannungs-Voltmeters zur Funkenstrecke ausgeführt. Die Ergebnisse der Messung sind in den Kurven der Abb. 13 ... 16 eingetragen. Die gestrichelten Kurven geben die Eichwerte ohne Käfig, die ausgezogenen mit Käfig wieder. Letztere liegen bei allen Kugeln tiefer, und wie aus Abb. 14 ersichtlich ist, geht die Überschlagspannung mit kleiner werdendem Käfigdurchmesser für gleiche Schlagweite zurück. Die Erklärung hierfür ergibt sich aus dem Feldbild in der Umgebung der Kugeln. Durch den Käfig werden nämlich die Feldlinien zusammengedrängt, so daß an den Kugeln eine größere Feldstärke herrscht, die den frühzeitigen Überschlag hervorruft. Die Erniedrigung durch den Käfig ist allerdings, wie die Kurven zeigen, nur sehr gering. Der Vorteil der Käfig-Funkenstrecke liegt vor allen Dingen darin, daß sie unabhängig vom Aufstellungsort gleiche Werte anzeigt, was bei genauen Messungen mitunter wichtig ist.

Die hier aufgeführten Versuche können natürlich noch keine Grundlage für eine eventuelle Normung der Käfigfunkenstrecke bilden, sie sollten vielmehr nur den Einfluß zeigen, den eine Veränderung des Feldes auf die Überschlagspannung zwischen 2 Kugelelektroden haben kann.

Einzelantrieb von Transmissionssträngen einer Mühle durch Motoren mit Zentrifugalanlasser.

Wenn man bei der Projektierung des Antriebes von Mühlen die ganze Anlage als eine Einheit betrachtet, und von einem einzigen großen Motor antreiben läßt, so hat dies seinen Grund darin, daß die zu dem eigentlichen Arbeitsprozeß gehörigen Maschinen stets gleichzeitig laufen müssen, und ein Stillstand irgendeiner Gruppe von Maschinen sofort auch den Stillstand der übrigen erfordert, weil sonst Materialstauungen und damit empfindliche Betriebstörungen eintreten können. Damit sind aber beträchtliche Energieverluste in den Übertragungselementen, den langen Riemen oder Seilen und Zwischenvorgelegen unvermeidlich, was sich bei dem ununterbrochenen Betrieb der Mühlen stark bemerkbar macht. Wenn man anderseits jeden Mühlenstrang durch einen eigenen Motor antreiben würde, so müssen bei Verwendung der üblichen Schleifringankermotoren nacheinander mehrere Schaltkästen und Anlasser bedient werden, was recht umständlich ist, zumal die Motoren in einem weitläufigen Gebäude verteilt sind. Abgesehen davon, machen die Sicherheitseinrichtungen dafür, daß die Motoren nur in einer bestimmten Reihenfolge angelassen, und bei Stillstand eines Motors auch die übrigen zum gleichen Betriebe gehörigen Motoren zwangläufig stillgelegt werden können, die elektrische Anlage verwickelt.



1 Motor für Magazin
2 " " Reinigung I
3 " " " II
4 " " Walzenstühle
5 Motor für Griesputzerei
6 " " Plansichter
R_I Netz I
R_{II} " II

Abb. 1. Schaltbild der Mühlenantriebe.

Bei Verwendung von Motoren mit Zentrifugalanlasser ist es dagegen möglich, die Bedienung in der Weise zu zentralisieren, daß sämtliche Motorschaltkästen in einem besonderen, im Erdgeschoß befindlichen Anlasserraum untergebracht werden. Abb. 1 zeigt das Schema einer von BBC ausgeführten Anlage[1], bei welcher die Mühle Strom aus zwei Netzen bezieht, auf welche die Motoren je nach den gegebenen Verhältnissen geschaltet werden. Der Arbeiter hat lediglich die Motorschalter der Reihe nach einzulegen. Zur Vermeidung von Materialstauungen sind die drei Motoren der eigentlichen Mühle so gegeneinander verriegelt, daß zuerst die Walzenstühle, dann die Griesputzerei und endlich die Plansichter eingeschaltet werden. Bleibt einer der drei Motoren stehen, wenn sein Schalter von Hand oder selbsttätig ausgeschaltet wird, so schalten sich die beiden anderen Motoren ebenfalls aus. Die Motoren können auch durch Druckknöpfe von fern stillgelegt werden. *Ka.*

[1] S. Hopferwieser, BBC Mitt. Baden, Bd. 16, S. 187.



Die Entwicklung des Kurzschlußschutzes in den 110 kV-Leitungsanlagen der Bayernwerk A. G.*

Von Dipl.-Ing. **Adolf Schmolz,** München.

Übersicht. In Ergänzung einer früheren Veröffentlichung gleichen Titels werden Versuche im Bayernwerknetz beschrieben, welche mit BBC-Relais im laufenden Betrieb unternommen wurden.

Die letzte Veröffentlichung über die Entwicklung des Kurzschlußschutzes in den 110 kV-Leitungsanlagen der Bayernwerk A. G.[1] enthält die Mitteilung, daß das Bayernwerk zur Feststellung der Eignung des von BBC neu entwickelten Distanzschutzes für seine Zwecke zunächst probeweise den Hauptring seines 110 kV-Leitungsnetzes mit diesem neuen Schutz ausgerüstet hat. Es sind dies die 110 kV-Leitungen, welche die Umspannwerke Meitingen, Nürnberg, Amberg, Regensburg, Landshut und Karlsfeld miteinander verbinden. Dieser Hauptring bildet den schutztechnisch am schwersten zu erfassenden und gleichzeitig auch den wichtigsten Teil des Bayernwerknetzes; je nach Einsatz der Kraftwerke besitzt er 3 ... 4 Speisepunkte, ferner ist eine der 110 kV-Ringleitungen — nämlich die Leitung Karlsfeld—Meitingen — als Doppelleitung ausgeführt, und außerdem bildet die 110 kV-Leitung Karlsfeld—Landshut zusammen mit den 60 kV-Leitungen der Mittlere Isar A. G. wieder einen Ring.

Es war geplant, sobald es die Verhältnisse erlauben würden, im laufenden Betrieb durch Einleitung künstlicher Kurz- und Doppelerdschlüsse die Relais auf ihre praktische Brauchbarkeit hin zu prüfen. Diese Versuche fanden nun tatsächlich Mitte Mai 1929 statt. Bei der Abhaltung der Versuche, welche mit den im Hauptring eingebauten BBC-Distanzrelais zum Nachweis ihrer Brauchbarkeit vorgenommen werden sollten, ging man von folgenden Richtlinien aus: Um Gewißheit zu besitzen, daß der neue Schutz sämtlichen Anforderungen des Netzbetriebes genügt, war es notwendig, das Arbeiten der Relais in zwei Grenzfällen, nämlich bei schwachem Maschineneinsatz und bei starkem Maschineneinsatz zu prüfen, d. h. die geplanten Versuche mußten einmal zu Zeiten geringer Netzlast und dann noch einmal zu Zeiten hoher Netzbelastung vorgenommen werden. Die Versuche bei geringer Netzbelastung wurden am 11. ... 12. und in der Nacht vom 12. zum 13. V. 1929 durchgeführt, während die Versuche bei großer Netzlast am 15. V. 1929 abgehalten wurden.

Im folgenden werden die einzelnen Versuche und ihre Ergebnisse des näheren geschildert.

A. Versuche bei kleinem Maschineneinsatz.

Da diese Versuche bei geringer Netzbelastung, also bei kleinem Maschineneinsatz und schwacher Maschinenerregung vorgenommen wurden, so war für die Bewertung der Relais vor allem darauf zu achten, ob die zu erwartende verhältnismäßig kleine Anlaufstromstärke genügte, um die Relais in Tätigkeit zu setzen, ferner ob die auf Grund früherer Kurzschlußversuche festgelegte Anlaufcharakteristik der Relais den Erfordernissen des praktischen Netzbetriebes entsprach, und endlich ob die vorgesehenen Ablaufzeiten in allen Fällen eine selektive Abschaltung gewährleisteten. Außerdem mußten Erfahrungen darüber gewonnen werden, ob in allen Fällen beim Versagen des der Fehlerstelle zunächst liegenden Relais das rückwärts gestaffelte Relais die Tätigkeit des ausgefallenen übernehmen würde. Die Schaltung des Netzes sowie die Größe der auf das Netz arbeitenden Maschinenleistungen geht aus Abb. 1 hervor.

I. Prüfung der Relais bei zwei- und dreipoligen Kurzschlüssen (Abb. 1).

1. Versuch: Auf einem der beiden Systeme der Doppelleitung Meitingen—Karlsfeld wurde an den Freileitungsausführungen im Umspannwerk Meitingen ein zweipoliger Lichtbogenkurzschluß eingeleitet. Der Versuch sollte das Arbeiten der Relais bei zweipoligem Kurzschluß in unmittelbarer Nähe der Apparate erfassen. Er war besonders schwierig, weil das Auftreten einer geringen Ansprechstromstärke infolge Aufteilung des Kurzschlußstromes im Bayernwerksring zu erwarten war. Sowohl bei ungeerdeter als auch bei geerdeter Kurzschlußstelle sprachen die Relais richtig an. Die gestörte Leitung wurde in der vorgeschriebenen Zeit von 0,7 s im Umspannwerk Meitingen und 1,6 s im Umspannwerk Karlsfeld abgeschaltet. Der Versuch konnte als wohlgelungen bezeichnet werden.

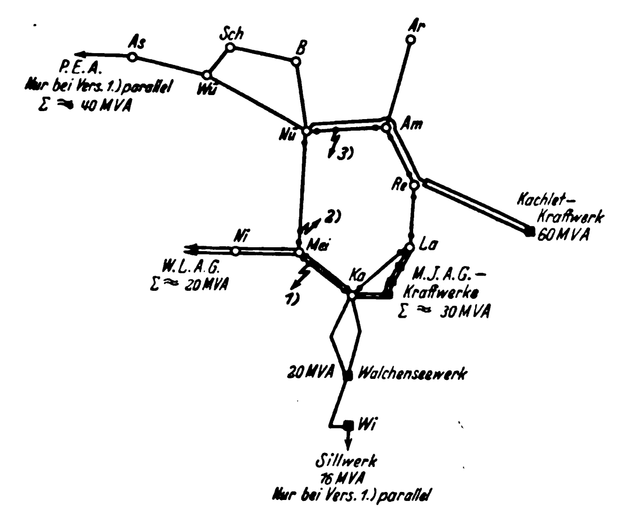


Abb. 1. Versuche bei kleinem Maschineneinsatz. Kurzschlüsse.

2. Versuch: Wiederum wurde an den Außendurchführungen in Meitingen, diesmal jedoch auf der Leitung Meitingen—Nürnberg, ein dreipoliger Lichtbogenkurzschluß hergestellt. Auch in diesem Falle erhielt das Relais in Nürnberg geringen Kurzschlußstrom. Der Kurzschluß selbst befand sich wie beim ersten Versuch in unmittelbarer Nähe der Relais in Meitingen. Die Relais liefen richtig an, und es fand in der erwarteten Zeit eine völlig selektive Abschaltung der gestörten Leitungstrecke statt. Wider Erwarten waren jedoch nach Abschalten des Kurzschlusses die das Netz beliefernden Kraftwerke gegeneinander ins Pendeln geraten; diese Erscheinung gab Veranlassung, daß der Versuch in der Nacht nochmals wiederholt wurde.

3. Versuch: Ein zweipoliger metallischer Kurzschluß auf der Leitung Nürnberg—Amberg, ungefähr in einer Entfernung von einem Drittel der Streckenlänge von Nürnberg ab, gab die Voraussetzungen für den 3. Versuch. Es war hierbei besonders auf eine distanzgetreue Abschaltung der Leitung zu achten. Die Leitung wurde in Nürnberg und Amberg richtig abgetrennt, so daß auch dieser Versuch als gelungen bezeichnet werden konnte.

Die eben beschriebenen Versuche hatten somit für die zwei- und dreipoligen Kurzschlüsse sowohl metallisch als auch über Lichtbogen den Beweis erbracht, daß in diesen Fällen das Netz bei schwachem Maschineneinsatz die erforderliche Anlaufstromstärke aufbringen kann, daß die Richtungsempfindlichkeit der Relais ausreicht, um bei einem Lichtbogenkurzschluß an den Freileitungsausführungen ein selektives Arbeiten zu gewährleisten und daß unter diesen Umständen die Auslösezeiten innerhalb der vom Bayernwerk geforderten Grenzen eine selektive Abschaltung ermöglichen.

II. Prüfung der Relais bei Doppelerdschlüssen (Abb. 2).

Vom Bayernwerk war von jeher die Forderung gestellt worden, daß bei Doppelerdschluß nur eine Erdschlußstelle abgeschaltet werden darf. Die von BBC auf Grund dieser Forderung ausgearbeitete Relaisschaltung und Relaiskombination war bisher im praktischen Betriebe noch nicht ausprobiert. Zur Prüfung derartiger Störungsfälle, welche ja im Betriebe verhältnismäßig häufig auftreten können, waren daher umfangreiche Versuche vorgesehen. Es wurden insgesamt 5 Doppelerdschlüsse ausgeführt.

4. Versuch: Auf der Doppelleitung Karlsfeld—Meitingen wurde ein Doppelerdschluß gemacht. Von den beiden Erdschlußlichtbogen wurde der eine in Karls-

* Fortsetzung der Veröffentlichungen in der ETZ 1928, S. 455 und 1929, S. 597.
[1] ETZ 1929, S. 597.



feld auf Leitung 1 in Phase S, der andere in Meitingen auf Leitung 2 in Phase T eingeleitet. Es durfte nur eine der beiden Doppelleitungen abgeschaltet werden, während der verbleibende Erdschluß auf der anderen Leitung durch die Wirkung der Erdschlußkompensation mittels Erdschlußspulen gelöscht werden mußte. Der Versuch ergab, daß die Laufzeiten der Relais zu kurz gewählt waren. Es mußte die Eigenzeit der Ölschalter beim Auslösen mit in Berücksichtigung gezogen werden. Nachdem die Laufzeiten der Relais etwas höher eingestellt worden waren, wurde der Versuch wiederholt. Jetzt löste nur eine der beiden Leitungen aus, u. zw., wie zu erwarten war, die Leitung Karlsfeld—Meitingen 2. Die Abschaltzeiten betrugen in Karlsfeld 1,5 s, in Meitingen 0,65 s, der Stehlichtbogen in Karlsfeld wurde sofort gelöscht.

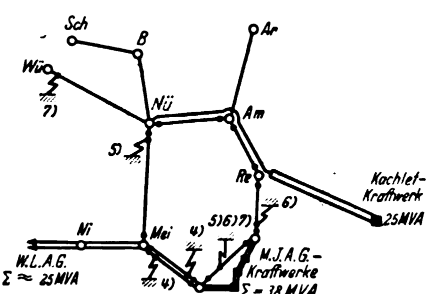


Abb. 2. Versuche bei kleinem Maschineneinsatz. Doppelerdschlüsse.

5. Versuch: Doppelerdschluß im Ring, einmal auf der Leitung Nürnberg—Meitingen an den Außendurchführungen in Nürnberg und ferner auf der Leitung Karlsfeld—Landshut in der Mitte der Leitungsstrecke. Es durfte auch in diesem Fall nur eine Leitung, nämlich die Strecke Karlsfeld—Landshut abgeschaltet werden. Die Relais arbeiteten, wie erwartet wurde; es fielen die Ölschalter der Leitung Karlsfeld—Landshut in Karlsfeld und Landshut; der Lichtbogen in Nürnberg wurde durch die Erdschlußspulen gelöscht.

6. Versuch: Doppelerdschluß auf Leitung Karlsfeld—Landshut in Leitungsmitte und auf Leitung Landshut—Regensburg an den Außendurchführungen von Landshut. Die beiden Erdschlußstellen lagen also vor und hinter dem Umspannwerk Landshut; es durfte jedoch nur die Leitung Karlsfeld—Landshut abschalten. Der Versuch verlief ebenso einwandfrei wie die vorhergehenden.

7. Versuch: Die beiden Orte des nunmehr zur Ausführung kommenden Doppelerdschlusses lagen sehr weit voneinander entfernt. Der erste Erdschluß wurde auf Leitung Karlsfeld—Landshut in Leitungsmitte, der zweite auf Leitung Nürnberg—Würzburg an den Außendurchführungen von Würzburg eingeleitet. Trotz der großen Entfernung wurde wie zu erwarten war, Leitung Karlsfeld—Landshut in der richtigen Zeitfolge abgeschaltet; der Lichtbogen in Würzburg wurde gelöscht. Der Kurzschlußstrom betrug bei diesem Versuch noch das Zweifache des Anlaufstromes der Relais.

Hiermit waren die Versuche mit Doppelerdschlüssen bei geringer Last abgeschlossen. Als Ergebnis kann zusammenfassend ausgesprochen werden: Die Ansprechstromstärke wurde in allen Fällen erreicht; das selektive Abschalten nur einer Erdschlußstelle konnte nach Einstellung einer höheren Ablaufzeit der Relais erzielt werden; die Ablaufzeiten entsprachen den Anforderungen des Netzbetriebes.

Als wesentliches Ergebnis dieser Versuchsreihe verdient noch besonders hervorgehoben zu werden, daß man in der Festlegung der Laufzeiten nicht völlig frei ist, sondern daß diese nach unten begrenzt werden durch die Eigenzeit der Ölschalter. Bei einer Doppelleitung muß unbedingt die Laufzeit der Relais für die Abschaltung eines Kurzschlusses am anderen Ende eines der beiden Systeme um einige Zehntelsekunden größer sein als die Auslösezeit eines Relais plus Eigenzeit des zugehörigen Ölschalters, wenn der Kurzschluß direkt an den Außendurchführungen auftritt. Es ergab sich aus den an den Schleppzeigern der Relais abgelesenen Zeiten, daß die verlangte notwendige Reserve bei etwaigem Ausfall eines Relaissatzes vorhanden gewesen wäre.

III. Pendelsversuche (Abb. 3).

8. Versuch: Es war von vornherein vorgesehen, verschiedene Pendelversuche durchzuführen, um das Verhalten der Relais bei Außertrittfallen von Kraftwerken zu studieren. Aus diesem Grunde wurde der 2. Versuch — ein dreiphasiger Kurzschluß auf der Leitung Nürnberg—Meitingen —, der ein unfreiwilliger Pendelversuch geworden war, wiederholt, u. zw. mit Rücksicht auf die Abnehmer in der Nacht vom 12. zum 13. V. Die Wiederholung dieses Versuches an den Außendurchführungen von Meitingen ergab ein ähnliches Bild wie der Hauptversuch bei Tage. In Meitingen löste die Leitung richtig aus und die zuliefernden Kraftwerke kamen ins Pendeln. Infolge eines unvorhergesehenen Hemmnisses kam das Relais Nürnberg — Meitingen in Nürnberg nicht zum Anlaufen. Das Netz wurde daraufhin durch die Relais in Amberg aufgetrennt und in dem den Kurzschluß noch beliefernden Kachlet-Kraftwerk fielen nach 8 s die Transformatoren durch Maximalschutz aus. Wenn auch der Versuch nicht als vollständig befriedigend angesprochen werden konnte, so ergaben die aufgenommenen Oszillogramme doch interessante Aufschlüsse über die Pendelungen der Kraftwerke selbst.

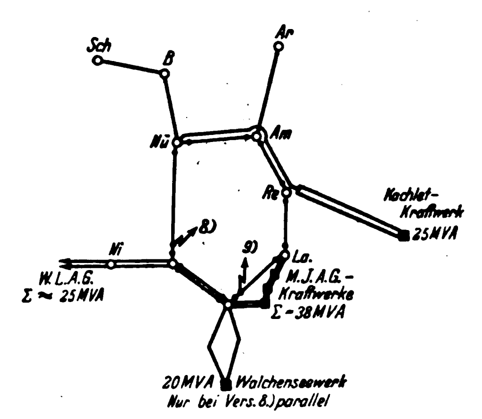


Abb. 3. Pendelversuche.

9. Versuch: Auf Leitung Karlsfeld—Landshut in der Leitungsmitte wurde ein dreiphasiger Kurzschluß eingeleitet, der, ohne daß größere Pendelungen eintraten, von den Relais in Karlsfeld und Landshut richtig abgeschaltet wurde. Die erwarteten Pendelerscheinungen traten bei diesem Versuch nicht auf, dagegen konnte mit Erfolg das richtige Arbeiten der Relais beobachtet werden.

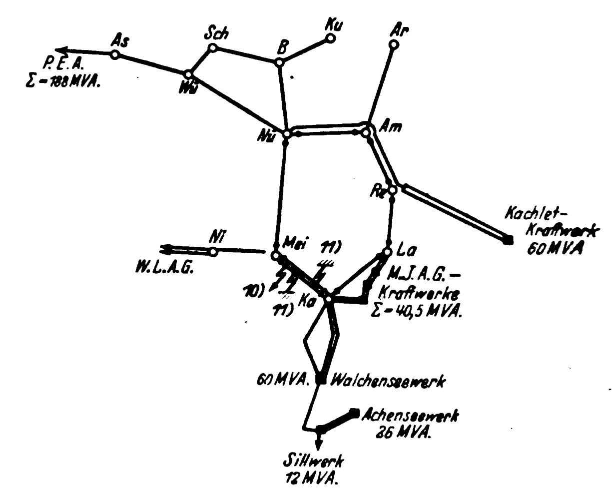


Abb. 4. Versuche bei großem Maschineneinsatz.

Aus den Versuchen, bei denen Pendelungen der Kraftwerke gegeneinander eintraten, konnte gefolgert werden, daß auch in diesen Fällen die Relais, solange der Kurzschluß besteht, einwandfrei arbeiteten. Die Frage der Pendelungen selbst bedarf weiterhin eines eingehenden Studiums. Es muß vor allem versucht werden, ob man nicht durch entsprechende Einstellung der Turbinenregler sowie der Spannungs- und Stromregler die Fälle, in denen die Maschinen ins Pendeln geraten wollen, auf ein Minimum einschränken kann.

Mit diesen drei Versuchsreihen waren die Versuche bei kleinem Maschineneinsatz abgeschlossen. Sie hatten in allen Fällen zu einem zufriedenstellenden Ergebnis geführt.

B. Versuche bei großem Maschineneinsatz.

Nunmehr galt es noch, bei Vollbelastung des Netzes die Relais zu prüfen. Hierzu war es jedoch nicht erforderlich, alle bei geringer Netzbelastung durchgeführten Versuche zu wiederholen. Es genügte vielmehr wenn 2...3 Versuche die Grundlagen für weitere Beobachtungen liefern konnten. Bei großem Maschineneinsatz sollte vor allem die Bewährung der Anlaufcharakteristik bei hoher Last, das Verhalten der Relais und Wandler bei Überlastung und das Verhalten der Kraftwerke bei Volllast-Kurzschlüssen in bezug auf das Pendeln untersucht werden. Die Versuche fanden am Vormittag des 15. V. 1929 statt. Die Schaltung des Netzes sowie die Größe der darauf arbeitenden Maschinenleistung ist in Abb. 4 dargestellt.

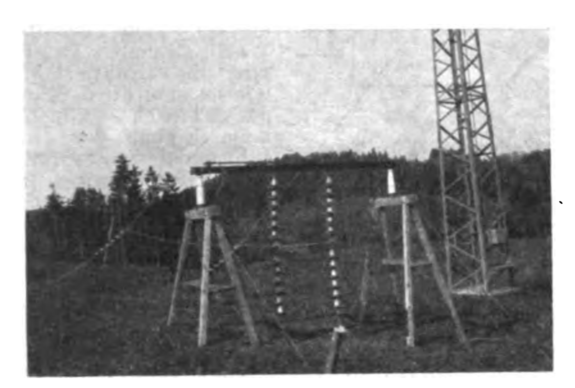


Abb. 5. Kurzschluß-Versuchseinrichtung.

10. Versuch: Der erste schwere Versuch sollte durch einen zweiphasigen Kurzschluß auf Leitung Meitingen—Karlsfeld 2 an den Außendurchführungen von Meitingen ausgeführt werden. Nach Einleitung des Kurzschlusses trat in dem Ölschalter dieser Leitung in Karlsfeld in der noch gesunden Phase ein Erdschluß auf. Der zweipolige Kurzschluß wurde kurzzeitig zum dreipoligen, da nach 0,4 s der Erdschluß im Ölschalter in Karlsfeld wieder erlosch. Die Leitung Meitingen—Karlsfeld 2 wurde einwandfrei in der vorgesehenen Zeit abgeschaltet.

11. Versuch: Der zweite Versuch bei hoher Last sollte ein Doppelerdschluß auf der Doppelleitung Karlsfeld—Meitingen werden; ein Erdschluß wurde auf Leitung 1 in Karlsfeld und der zweite auf Leitung 2 in Meitingen eingeleitet. Nach Herstellung des ersten Erdschlusses in Karlsfeld trat im Ölschalter Leitung 2 in Karlsfeld, wie beim 10. Versuch, ein Erdschluß auf, der zu einer größeren Störung des zugehörigen Ölschalterelementes führte. Der hierdurch eingeleitete Kurzschluß wurde in Landshut und Meitingen abgeschaltet. Da die Kraftwerke ins Pendeln gekommen waren, löste auch noch in Amberg der Schalter nach Regensburg aus.

Beide Versuche hatten die Bewährung der Relais bei Vollast erwiesen, so daß die Abhaltung weiterer Versuche nicht mehr notwendig war. Dies war insbesondere auch deshalb nicht mehr der Fall, da bei den viel schwierigeren Bedingungen des schwachen Maschineneinsatzes so zahlreiche Versuche vorgenommen worden waren und das richtige Arbeiten bei großem Maschineneinsatz mit Bestimmtheit erwartet werden durfte.



Abb. 6. Kurzschluß-Lichtbogen.

Für die Herstellung und Einleitung der Kurz- und Erdschlüsse waren an den einzelnen dafür vorgesehenen Stellen des Netzes verschiedene Hilfsbauten notwendig, die eigens für die Versuche zur Aufstellung gelangten. Eine solche Anordnung zeigt Abb. 5, während Abb. 6 einen der vielen versuchsmäßig hergestellten Lichtbogen im Bilde wiedergibt.

Als zusammenfassendes Urteil kann gesagt werden, daß die im Hauptring des Bayernwerks eingebauten Distanzrelais bei den eingehenden Prüfungen, denen sie unter schwierigen Bedingungen unterworfen waren, in jeder Hinsicht befriedigt haben. Die Schutzeinrichtungen wurden daraufhin auch vom Bayernwerk übernommen.

Somit bedeuten die hier geschilderten Versuche einen gewissen Abschluß in der jahrelangen Entwicklungsarbeit, die das Bayernwerk auf dem Gebiete des Kurzschlußschutzes geleistet hat. Es ist aber damit nicht gesagt, daß nunmehr vom Bayernwerk nichts mehr unternommen wird, sondern es mag besonders betont werden, daß Neuerungen irgendwelcher Art vom Bayernwerk jederzeit aufgegriffen und untersucht werden.

Das Bayernwerk ist nach wie vor ernstlich bestrebt, die Betriebstüchtigkeit seiner Anlagen ständig zu verbessern. Um hieraus vollen Nutzen ziehen zu können, müßten auch die an das Bayernwerk angeschlossenen Werke gerade in der Frage der Schutzeinrichtungen die Möglichkeit untersuchen, inwieweit die in ihren Netzen vorhandenen Schutzeinrichtungen zur Eingliederung in die Landesversorgung einer Verbesserung bedürfen.

Die Messung dielektrischer Verluste mit der Scheringschen Meßbrücke an Hartpapier-Durchführungen und Generatoren in Anlagen.

Von Dipl.-Ing. **O. Kautzmann**, Karlsruhe.

Übersicht. Es wird über dielektrische Verlustmessungen an Durchführungen im aus- und eingebauten Zustand berichtet. Die gewonnenen Erfahrungen werden mitgeteilt. Ferner wird die Brauchbarkeit verschiedener Schaltungen zur Verlustmessung an Generatoren besprochen. Die Ergebnisse vorgenommener Vergleichsmessungen an Generatoren mit der Scheringschen Meßbrücke, dem astatischen Wattmeter und mit einem normalen Wattmeter werden angegeben.

Auf die Bedeutung der dielektrischen Verlustmessung an Isolierstoffen für die Fabrikation und für den Betrieb ist bereits an anderen Stellen[1] mehrfach hingewiesen worden. Messungen an Hochspannungskabeln[2] mit verschiedenen Schaltungen in ein- und dreiphasiger Anordnung bei geerdetem und von Erde isoliertem Prüfobjekt haben die Brauchbarkeit der Methode für praktische Zwecke erwiesen.

[1] Frensdorff, Elektrizitätswirtsch. Bd. 26, S. 433.
[2] E. Bormann u. J. Seiler, ETZ 1925, S. 114; 1928, S. 239.

A. Messungen an Durchführungen.

Die Messungen wurden mit Apparaten, die zum Teil von der Firma Hartmann & Braun, zum Teil von der Werkstätte des Elektrotechnischen Instituts der T. H. Darmstadt geliefert wurden, durchgeführt. Es wurden die in den Abb. 1 und 2 dargestellten Schaltungen verwendet.

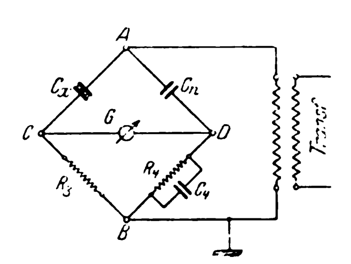
Als Spannungsquelle wurde ein Prüftransformator mit unterspannungsseitiger Regelung und einem Übersetzungsverhältnis 380/150 000 V verwendet. An Stelle dieses Transformators wurde in Stationen, die mit 100 kV-Einphasenwandlern ausgerüstet sind, ein solcher Wandler verwendet, dessen Spannung mit Hilfe eines Induktionsreglers von 2 kVA Durchgangsleistung geregelt wurde. Diese Methode erfordert nur die Mitführung des verhältnismäßig leicht transportablen Induktionsreglers. Die außerdem sicherheitshalber notwendigen Glimmsicherungen zum Schutze des Prüfenden bei Übertritt von Hochspannung auf die zu bedienenden Brückenzweige sowie die bei größeren Ladeströmen erforderlichen Nebenwiderstände sind in dem von H. & B. gelieferten Brückenkasten untergebracht.



Für die abgeglichene Brücke ergeben sich bei Ladeströmen unter 0,03 A die Beziehungen: Kapazität des Versuchsobjekts $C_x = \frac{C_n R_4}{R_3 + \sigma}$. Hierin ist σ der Widerstand eines Schleifdrahtes zur Feinregelung in Reihe mit R_3. Bei Ladeströmen über 0,03 A ist der erforderliche Nebenwiderstand zu berücksichtigen. Die Nebenwiderstände n sind mit dem Widerstand des Schleifdrahtes σ und einem Ergänzungswiderstand in Reihe geschaltet. Der Gesamtwiderstand dieser Anordnung beträgt genau 100, wodurch sich in diesem Falle für die Kapazität des Versuchsobjektes die Beziehung ergibt:

$$C_x = C_n R_4 \frac{100 + R_3}{n(R_3 + \sigma)}.$$

Bei der Berechnung des Verlustwinkels tg δ kann der Einfluß des Nebenwiderstandes vernachlässigt werden. Die bei höheren Ladeströmen eintretenden Änderungen in der Berechnung von C_x sind hier im Zusammenhang vorweggenommen, da sie bei den zu behandelnden Messungen an Generatoren Anwendung finden.



C_x Gesuchte Kapazität
C_n Verlustlose Vergleichskapazität von 90 cm (Preßgaskondensator von H. & B.)
R_3 Kurbel-Dekadenwiderstand
R_4 Konstanter Widerstand, $1000/\pi = 319\ \Omega$
C_4 Präzisions-Kurbelkondensator
G Vibrationsgalvanometer

Abb. 1. Präzisions-Kurbelkondensator C_4 im Brückenzweig 4.

Da die Kapazität des verlustlosen Vergleichskondensators $C_n = 90$ cm konstant ist und der Widerstand R_4 den konstanten Wert $1000/\pi = 319\ \Omega$ besitzt, ergibt sich

$$C_x = \frac{C_n R_4}{R_3 + \sigma} = \frac{28\,710}{R_3 + \sigma}\ \text{[cm]}.$$

Der Ausdruck für den Verlustwinkel tg $\delta = R_4 \omega C_4$ vereinfacht sich bei Wechselstrom von 50 Hz, $R_4 = 319\ \Omega$ und der Angabe von C_4 in Mikrofarad zu:

$$\text{tg}\,\delta = 319 \cdot 314\, C_4 \cdot 10^{-6} = 10^5\, C_4 \cdot 10^{-6} = 0{,}1\, C_4.$$

Die dielektrischen Verluste ergeben sich zu:

$$P_x = \frac{E^2 C_n}{(R_3 + \sigma)\, C_4} \cdot \sin^2 \delta\ \text{[W]}.$$

Dabei sind C_n und C_4 in cm, R_3 und σ in Ω und E in V einzusetzen.

Die in Abb. 2 dargestellte Schaltung unterscheidet sich von der in Abb. 1 gezeichneten dadurch, daß an Stelle des Kondensators C_4 parallel zum Widerstand R_4 ein Variometer L_3 in Reihe zum Widerstand R_3 verwendet wurde. Der Widerstand R_4 muß in diesem Falle regelbar sein. Die entsprechenden Beziehungen für diese Schaltung lauten:

$$C_x = \frac{C_n R_4}{R_3 + \sigma + r_{L_3}}\ \text{[cm]}.$$

Darin ist r_{L_3} der Ohmsche Widerstand der Wicklung des Variometers. Ferner ist

$$\text{tg}\,\delta = \frac{\omega L_3}{R_3 + \sigma + r_{L_3}} \quad \text{und} \quad P_x = E^2 \sin^2 \delta\, C_n \frac{R_4}{L_3}\ \text{[W]}.$$

Die Gleichwertigkeit beider Schaltungen wurde durch Messung einer Durchführung Serie VIII nachgewiesen. Es ergab sich mit der Schaltung nach Abb. 1 bei $E = 100$ kV: $C_4 = 0{,}274\ \mu$F; $R_3 = 165{,}22\ \Omega$. Damit wird tg $\delta = 0{,}0274$; $C_x = 173{,}5$ cm; $P_x = 16{,}1$ W. Mit der Schaltung nach Abb. 2 wurden bei $E = 100$ kV gemessen: $L_3 = 0{,}051$ H; $R_3 = 606{,}87\ \Omega$; $R_4 = 1170\ \Omega$. Damit berechnen sich: tg $\delta = 0{,}0266$; $C_x = 173{,}3$ cm; $P_x = 15{,}9$ W.

Nach diesen orientierenden Versuchen wurde zur Messung an Durchführungen im eingebauten Zustand übergegangen. Sämtliche Durchführungen sind von Erde isoliert eingebaut durch Zwischenlegen eines Ringes von Isolierstoff zwischen Flansch und Erde und Auskleiden der Löcher für die Befestigungsschrauben. Nach Abtrennung der Erdleitung der Durchführung ist diese dadurch für die Messung vorbereitet. Da die Messungen in der Weise durchgeführt werden, daß die Verluste als Funktion der Zeit in Dauerversuchen aufgenommen werden, wurde, um von Änderungen der Netzspannung unabhängig zu sein, der vorerwähnte Prüftransformator als Spannungsquelle benutzt, der ein beliebiges Nachregeln der Spannung gestattete. Der Prüftransformator und der Vergleichskondensator wurden jeweils in der Nähe des Prüfobjektes aufgestellt, während der Niederspannungsteil der Brücke sowie die optischen Hilfsmittel für die Galvanometerablesung an einem geeigneten Ort in einem Faradayschen Käfig fest belassen wurden. Die Verbindung des beweglichen und des festen Brückenteiles wurde unter Verwendung von Panzeraderdraht mit geerdetem Panzer hergestellt. Diese Anordnung erwies sich für die Fernhaltung der Beeinflussung durch fremde Felder als ausreichend. Zur Kontrolle der Richtigkeit der Ergebnisse wurde eine Durchführung in aus- und eingebautem Zustande gemessen. Die erhaltenen Werte stimmten gut überein. Es sei darauf hingewiesen, daß die Isolierung des Flansches von Erde beim Einbau der Durchführungen sehr sorgfältig ausgeführt werden muß, damit falsche Ergebnisse vermieden werden. Auf diesen Gesichtspunkt muß auch bei der Reinigung der Anlage bei den Deckendurchführungen geachtet werden.

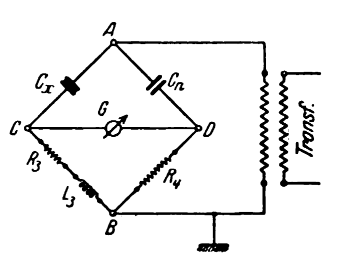


Abb. 2. Variometer L_3 im Brückenzweig 3, R_4 variabel.

Die bisher durchgeführten ersten Messungen der Durchführungen wurden jeweils über 6 h ausgedehnt bei halbstündlicher Ablesung. Bei Wiederholung der Messungen wird eine etwa zweistündige Meßdauer ausreichend sein, die nur in Zweifelsfällen entsprechend verlängert wird.

B. Messungen an Generatoren.

Die Wicklungen der Generatoren des betr. Werkes werden durch Messung ihrer dielektrischen Verluste nach der Schaltung Abb. 3 jährlich einmal auf ihren Isolationszustand geprüft. Die Verluste werden als Funktion der Spannung aufgenommen. Ein Vergleich der Kurven über mehrere Jahre gibt dann ein Bild über die Betriebsicherheit der Wicklung. Da die Messungen nach dieser Methode sehr schnell zu erledigen sind und die dazu benötigten Apparate und Instrumente in den meisten Betrieben vorhanden sind, besteht eine berechtigte Neigung, diese Anordnung beizubehalten. Es sollte deshalb durch Vergleichsmessungen mit der Scheringschen Meßbrücke und mit einem astatischen Wattmeter die Genauigkeit dieser Meßergebnisse nachgeprüft werden.

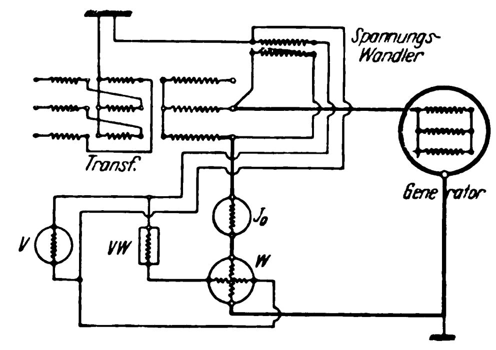
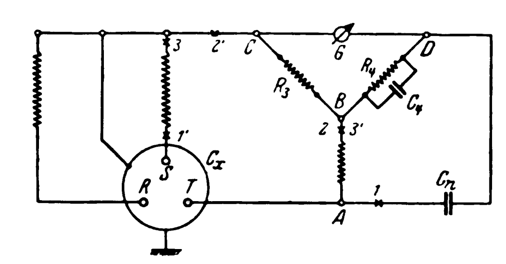


Abb. 3. Schaltung zur Messung der dielektrischen Verluste an Generatoren mit normalem Wattmeter.

Da es bei den in Abb. 1 und 2 dargestellten Schaltungen erforderlich ist, den mit C bezeichneten Punkt der Brücke (Flansch einer Durchführung, Gehäuse eines Generators) von Erde zu isolieren, ist die praktische Verwendung dieser Schaltungen auf Meßobjekte beschränkt, bei denen eine solche Isolierung ausführbar ist. Für Messungen an Generatoren kommt infolgedessen nur eine Anordnung entsprechend Abb. 4 und 5 in Betracht, bei denen der geerdete Brückenpunkt von B nach C verlegt ist. Der Punkt B liegt hierbei über den Widerstand R_3 an Erde, erhält also eine geringe Spannung gegen Erde. Um das Auftreten von Hochspannung an den zu bedienenden Brückenteilen im Falle eines Fehlers am Widerstand R_3 zu verhindern, wurde der Punkt B über eine Spannungsicherung, die bei 200 V durchschlägt, geerdet.

Da bei diesen Schaltungen die Erdkapazität und der Verlustwinkel der Durchführung und der Wicklung des Transformators mitgemessen werden, sind zur Bestimmung der Daten des Prüfobjektes zwei Messungen er-

forderlich, u. zw. eine Messung der gesamten Anordnung und eine Messung bei abgeklemmtem Prüfobjekt. Die Daten des Prüfobjektes ergeben sich dann als Differenz dieser beiden Messungen. Die zunächst an einem 5000 kVA-Generator nach der Schaltung Abb. 4 vorgenommene Messung hatte den Zweck, die auftretenden Größenverhältnisse zu erforschen. Bei dieser Anordnung werden die Daten jeder Phase einzeln bestimmt, wobei die auftretenden Felder der Wicklung den betriebsmäßig vorhandenen entsprechen. Die Messung ergab, daß die Daten der Versuchsanordnung ohne praktischen Einfluß auf die Meßergebnisse sind. Ferner wurde festgestellt, daß der Verlustwinkel, der bei derartigen Messungen auftritt, häufig größer als 5° 40′ ist und somit größer als der Bereich der verwendeten Brückenanordnung. Es wurde deshalb der Kapazität C_4 (Präzisions-Kurbelkondensator) eine feste Kapazität von 1,1 μF parallel geschaltet, wodurch sich der Meßbereich entsprechend erweitert.



Für Messung in Phase *S* sind *1* nach *1'*, *2* nach *2'* und *3* nach *3'* zu legen

Abb. 4. Schaltung zur Messung an Generatoren mit der Scheringschen Brückenanordnung. Messung der Werte jeder Phase.

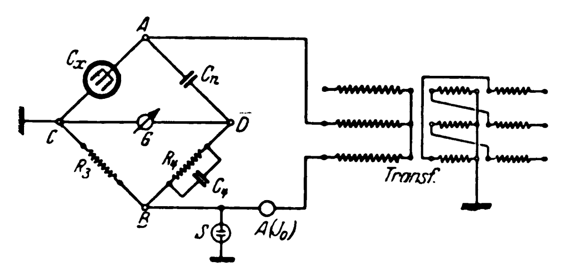


Abb. 5. Messung an Generatoren. Messung der gesamten Wicklung.

Nach diesen Feststellungen wurde die eigentliche Messung in der Anordnung entsprechend Abb. 5 ausgeführt. Es ergaben sich folgende Werte:

R_3 [Ω]	σ [Ω]	n	C_4 [μF]	J_0 [A]	E [V]	tg δ	C_x [cm]	P_x [W]
49,90	0,12	1	1,18	0,162	5140	0,118	85 500	98
49,30	0	1	1,25	0,200	6250	0,125	87 000	155
48,50	0,11	1	1,29	0,217	6775	0,129	87 500	190
48,10	0,043	1	1,31	0,239	7375	0,131	88 200	231

Es wurde dann eine Messung nach der bisher angewandten Methode mit normalem Wattmeter gemäß Abb. 3 durchgeführt; die Werte für P_x aus beiden Messungen sind in Abb. 6 aufgetragen und zeigen eine sehr gute Übereinstimmung beider Methoden. Bei Spannungen unter 5000 V sind die Werte der Brückenmethode die richtigen, da die sehr kleinen Wattmeterausschläge nicht sicher ablesbar sind.

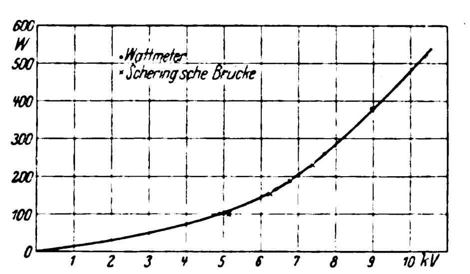


Abb. 6. Vergleich der Messungen mit Wattmeter bzw. Schering-Brücke.

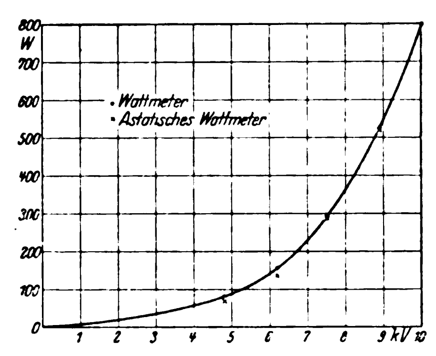


Abb. 7. Vergleich der Messungen mit verschiedenen Wattmetern.

An einem anderen 5000 kVA-Generator wurde mit normalem Wattmeter und mit einem astatischen Wattmeter gemessen; die Werte dieser Versuchsreihe sind in Abb. 7 eingetragen und zeigen ebenfalls gute Übereinstimmung. Die Differenzen bei niedrigen Spannungen rühren auch in diesem Falle von den ungenau ablesbaren Werten des normalen Wattmeters her. Die Werte des astatischen Wattmeters sind die richtigen.

Aus diesen Ergebnissen folgt, daß die Messung der dielektrischen Verluste größerer Generatoren mit der Wattmetermethode (Abb. 3) Werte liefert, die im praktisch interessierenden Bereich in voller Übereinstimmung mit den Daten genauerer Methoden sind. Die aus dem Dargelegten sich ergebende Vielseitigkeit der Verwendung der Brückenmethode sowie ihre praktische Brauchbarkeit dürften geeignet sein, ihre Verwendung im Betriebe zu fördern.

Ölbrandversuche.

Von **E. Tebbe**, Hindenburg O.S., und **W. Groezinger**, Gleiwitz.

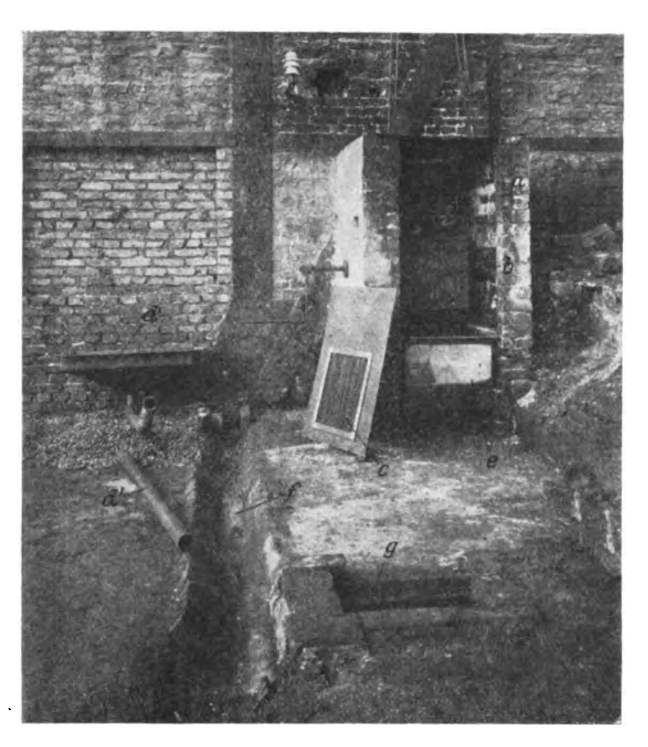
Übersicht. Eine Versuchsanlage zur Ausführung von Selbstlöschversuchen bei Ölbränden von Transformatoren und Schaltanlagen wird beschrieben. Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche werden mitgeteilt. Sie lassen erkennen, daß dieser Punkt bei der Ausführung von Anlagen sehr oft nicht richtig beachtet und erkannt worden ist. Es werden Vorschläge für die zweckmäßige Ausführung von Ölabflußleitungen in einer Anlage über Tage und in einer Transformatorenstation unter Tage gemacht.

Wenn auch Transformatoren- und Ölschalterbrände glücklicherweise zu den Seltenheiten gehören, so muß im Falle des Eintretens eines Schadens doch der äußerste Schutz gewährleistet werden. Die Entstehung eines Ölbrandes bedeutet oft eine sehr große Gefahr, besonders bei entlegenen bedienungslosen Werken. Mit Rücksicht auf die fortschreitende Elektrisierung der Grubenanlagen unter Tage, wodurch zwangsläufig der Einbau von Transformatoreneinheiten mit erheblichem Ölinhalt bedingt ist, verlangt der Schutz in derartigen Anlagen besondere Beachtung, weil hier außer der Gefahr durch das Feuer noch die entstehenden Rauchschwaden schwere Folgen für die Belegschaft haben können. Alle Sicherungsmaßnahmen, wie Buchholzschutz, Temperaturschutz, selbsttätige Löscheinrichtung u. dgl. können allein nicht als ausreichend betrachtet werden, wenn nicht überdies dafür gesorgt wird, daß das auslaufende brennende Öl möglichst schnell und selbsttätig erstickt wird. Es ist Aufgabe des planenden Ingenieurs, auf diesen Punkt besonders zu achten und für geeigneten Ölabfluß von Transformatorenkammern und Ölschalteranlagen zu sorgen.

Da die Meinungen über die sicherste Ausführung eines solchen Ölabflusses sehr weit auseinandergehen, machte der Oberschlesische Überwachungs-Verein in Gleiwitz den Vorschlag, in dieser Richtung eingehende Versuche anzustellen. Über diese Versuche, die gemeinsam mit dem Oberschlesischen Elektrotechnischen Verein durchgeführt wurden, soll kurz berichtet werden. Die Versuche erstreckten sich auf Ausführungen, welche in der Praxis Eingang gefunden haben.

Zur Durchführung der Versuche wurde eine Kammer hergestellt, in welcher ein Ölkasten, der etwa 150 kg Öl aufnehmen kann, leicht schwenkbar aufgehängt ist. Durch geeignete Maßnahmen kann der Ölauslauf aus der Kammer

geändert werden. Da damit zu rechnen ist, daß bei Ölbränden, insbesondere bei Transformatorenstationen, das Öl sehr stark erhitzt zur Entzündung kommt, wurde in den Ölkasten ein elektrischer Heizwiderstand eingebaut,



a Versuchskammer (Verschlußtür ausgehängt)
b Ölkasten
c Rost (Vers. 2)
d und *d'* Trichter mit Rohrkrümmer und Verlängerungsstück (Vers. 3)
e Kasten mit Rost zur Aufnahme von Schotter, eingebaut (Vers. 4)
f Wasserseige (Vers. 5)
g Ölauffangkasten

Abb. 1. Versuchsanlage mit den Einbauteilen.

mit dem das Öl vor jedem Versuch bis zum Flammpunkt (etwa 160°) vorgewärmt wurde. Die elektrische Beheizung wurde gewählt, um damit dem wirklichen Zustand möglichst nahezukommen und um die Anlage von Fremdstoffen, welche das Ergebnis täuschen könnten, freizuhalten. Abb. 1 zeigt die photographische Aufnahme der Versuchsanlage mit den zugehörigen Einsätzen für den Ölauslauf (die vordere Verschlußtür wurde ausgehängt). In Abb. 2 sind ein Schnitt durch die Anlage und der Grundriß gezeigt. Ein besonderer Einbau für den Ölaustritt ist hier nicht eingesetzt. In dieser Weise kam die Anlage für den ersten Versuch zur Anwendung. Die Durchführung der Versuche war in allen Fällen die gleiche. Die Anlage wurde mit den für den betreffenden Versuch erforderlichen Einlaufstücken für den Ölauslauf versehen, der Ölkasten gefüllt, der Heizwiderstand eingeschaltet, bis das Öl eine Temperatur von etwa 160° erreicht hatte; dann wurde dasselbe mit etwas Benzol entzündet. Um den in der Praxis ungünstigsten Fällen möglichst nahezukommen, wurde das Öl erst nach etwa 3 min durch Schwenken des Kastens ausgegossen.

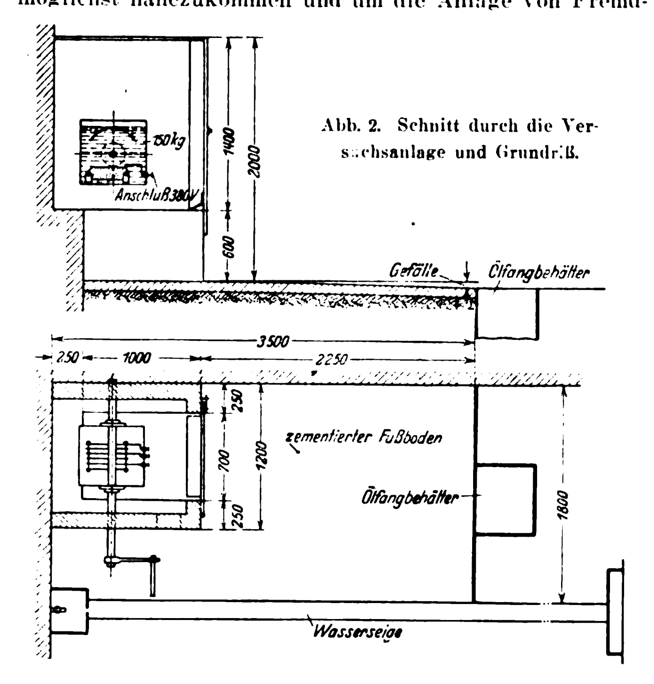


Abb. 2. Schnitt durch die Versuchsanlage und Grundriß.

1. Versuch (Abb. 2). Das brennende Öl läuft ins Freie auf eine große Bodenfläche. (Die Erstickung des brennenden Öles wird durch die Verteilung des Öles auf dem Boden und durch die damit verbundene Abkühlung erwartet.) Ein Löschen des brennenden Öles trat nicht ein, sondern es lief brennend in den Auffangkasten, obgleich eine Abkühlung auf 125° eingetreten war. Bei einem zusätzlich gemachten Versuch mit Ausgießen einer geringen Ölmenge (etwa 10 kg) erlosch das brennende Öl. Hierbei zeigte sich durch Zufall noch ein Nachteil dieser Anordnung. In der Nähe der Anlage hatten einige Fäden aus Putzwolle gelegen. Diese waren mit Öl vollgesogen und entzündeten sich. Da in Industrieanlagen derartige Plätze nie zuverlässig frei von brennbaren Gegenständen gehalten werden können, liegt Gefahr vor, daß dadurch immer wieder eine neue Entzündung hervorgerufen oder auch das Feuer weiter fortgetragen wird.

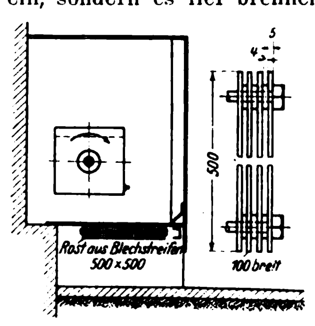


Abb. 3. Versuchsanlage mit eingesetztem Rost.

2. Versuch (Abb. 3). Einbau eines Rostes. (Die Löschung soll durch Wärmeabgabe an den Rost erfolgen.) Der eingebaute Rost ist aus Flacheisen von 100 mm Breite und 5 mm Stärke mit einem Zwischenraum von 4 mm gebildet. Die Fläche desselben beträgt 500 × 500 mm. Bei diesem Versuch trat eine Löschung des brennenden Öles nicht ein. Wohl trat ein kleiner Teil der Ölmenge gelöscht unter dem Rost aus, für das nachfolgende Öl reichte die Abkühlung aber nicht mehr aus, so daß das Öl brennend in den Auffangkasten lief.

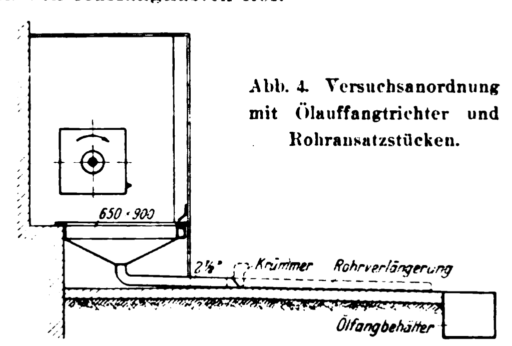


Abb. 4. Versuchsanordnung mit Ölauffangtrichter und Rohransatzstücken.

3. Versuch (Abb. 4). Das brennende Öl wird in einem Trichter aufgefangen und läuft durch ein Rohr ab. Wie aus der Skizze zu ersehen ist, kann das Abflußrohr durch Verlängerung und angesetzten Krümmer geändert werden. Bei dem geraden Rohrstück trat unabhängig von der Länge in jedem Falle das erste Öl brennend aus. Das nachfolgende, im Rohr schon erstickte Öl wurde aber von dem zuerst ausgetretenen brennenden Öl wieder entzündet. Dieser Nachteil konnte dadurch behoben werden, daß auf das Rohrende ein Krümmer gesetzt wurde, der eine Stauung des Öles im Rohr herbeiführte. Durch die Stauung wurde die einwandfreie Löschung erreicht. Dasselbe kann auch dadurch erreicht werden, daß man das Rohrende mit etwas Steigung verlegt, so daß der Rohrquerschnitt voll mit Öl gefüllt werden muß, bevor ein Auslauf erfolgen kann.

4. Versuch (Abb. 5 und 5a). Das Öl läuft in eine mit Schotter (Berge) gefüllte Grube. Hiermit wird eine Ausführung nachgebildet, welche besonders unter Tage vielfach angewendet wird. Es wird erwartet, daß das brennende Öl durch die Wärmeabgabe an die Steine erlischt. Diese Vermutung wurde aber nicht ganz erfüllt, da nach den Versuchen ein Teil des Öles, das sich zwischen den Steinen anstaute, weiter brannte. Diese Ausführung hat

noch den Nachteil, daß man niemals, besonders unter Tage, die Gewähr hat, daß die Schottergrube wasserfrei ist. Die Anlage wurde dadurch verbessert, daß der Schotter auf einen Rost gebracht wurde (Abb. 6). Unter dem Rost blieb ein freier Raum, der das auslaufende Öl aufnehmen konnte. Das Anstauen des Öles im Schotter wird dadurch verhindert und das einmal in dem Schotter abgekühlte und er-

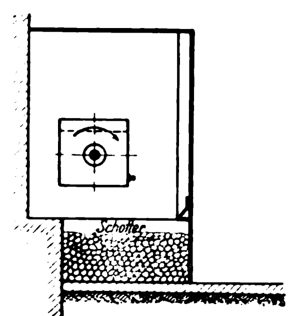


Abb. 5. Versuchsanlage mit Schottergrube.

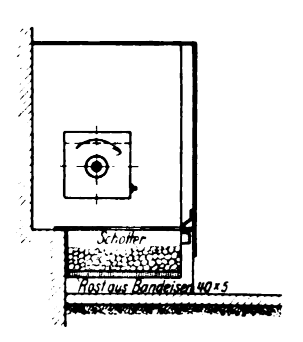


Abb. 6. Versuchsanlage mit Schotter, der auf einem Rost liegt.

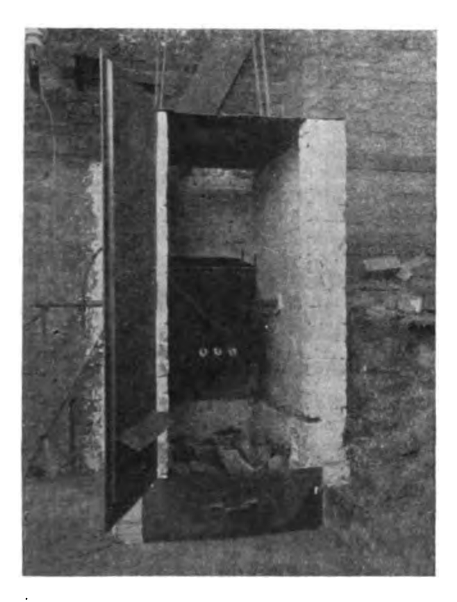


Abb. 5a. Photographische Wiedergabe der Anlage nach Abb. 5 während des Anheizens.

stickte Öl, das in den unteren Kessel abgeflossen ist, kann dann nicht mehr zur Entzündung kommen. Beim Einbau eines Rostes kann man die Anlage durch entsprechende Anordnung auch sehr leicht so ausführen, daß ohne Schwie-

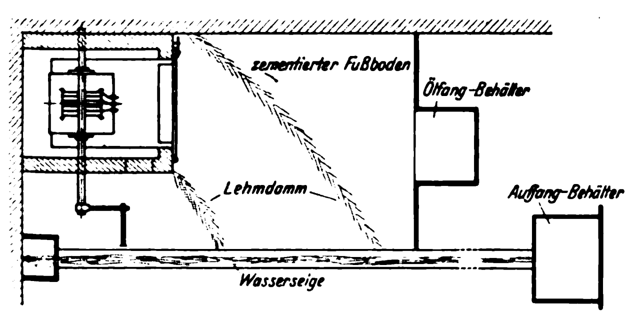


Abb. 7. Abführung des brennenden Öles in eine Wasserseige.

rigkeiten eine Kontrolle möglich ist, ob sich Wasser angesammelt hat. Es ist noch zu bemerken, daß die ganzen Ölversuche bei einer Temperatur von 0 ... 10 ° vorgenommen wurden. Da die Temperatur, besonders unter Tage, im allgemeinen nicht unter 15 ° liegt und manchmal durch örtliche Erwärmung 25 ° ... 30 ° erreichen kann, wurde der Schotter zur Angleichung an die Verhältnisse unter Tage durch einen untergestellten elektrischen Ofen entsprechend vorgewärmt.

Die Versuche mit verschiedenartigem Schotter zeigten, daß poröser Schotter vollkommen unbrauchbar ist, da sich dieser mit dem Öl vollsaugt und seinerseits wie ein Docht weiter brennt. Am besten bewährte sich eine 200 mm hohe Schicht kleiner Kieselsteine (10 ... 25 mm Korngröße). Der Versuch mit kleinerer Schichtungshöhe von 120 mm ergab schon keine einwandfreie Löschung mehr. Zusätzlich vorgenommene Versuche ergaben, daß bei einer Schichthöhe von 200 mm je Kilogramm Öl etwa 25 cm² Fläche des

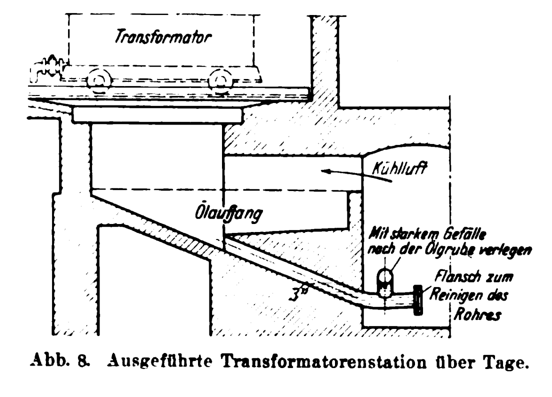


Abb. 8. Ausgeführte Transformatorenstation über Tage.

Schotterraumes erforderlich sind. Wenn diese Fläche nicht zur Verfügung steht, muß die Schichthöhe des Schotters entsprechend erhöht werden. Durch die Verwendung von Raschigringen aus Metall an Stelle des Schotters konnte trotz verhältnismäßig hoher Schicht (bis 250 mm) kein Löschen des Öles erreicht werden. Die Raschigringe erwärmten sich innerhalb kurzer Zeit, so daß das dann nachfolgende Öl nicht mehr genügend gekühlt wurde.

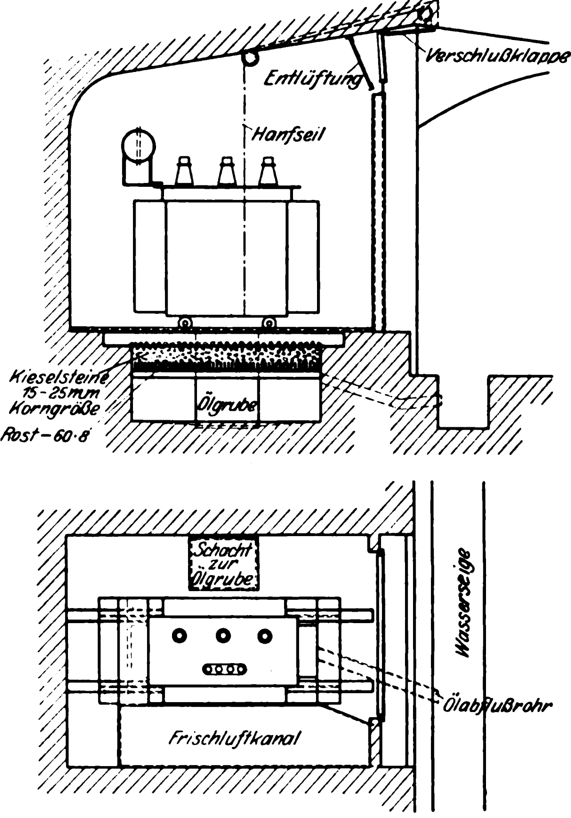


Abb. 9. Ausgeführte Transformatorenstation unter Tage.

5. Versuch (Abb. 7). Das brennende Öl läuft in eine Wasserseige. Bei diesem Versuch wurde das brennende Öl nach dem Auslauf aus der Transformatorenkammer in einen mit fließendem Wasser angefüllten Graben geführt. Das Öl brannte auf der Oberfläche des fließenden Wassers ruhig weiter. Führt man einen derartigen Ölabfluß unter Tage aus, so kann, wenn die Strecken in roher Kohle laufen, hierdurch wohl leicht ein Grubenbrand herbeigeführt werden. Die Entstehung eines Brandes wird noch dadurch begünstigt, daß die Wasserseige sehr oft Kohlenstaub mit sich führt.



Zusammenfassung.

Nach den vorgenommenen Versuchen kann man als einwandfreien Ölabfluß nur eine mit einem Krümmer versehene Rohrleitung oder eine mit Schotter ausgefüllte Grube ansehen, die unterhalb des Schotters einen freien Raum besitzt, welcher ein Anstauen des Öles im Schotter verhindert. Alle Versuche mit anderen Arten von Ölabflüssen haben zu teilweise zweifelhaften, teilweise vollkommen negativen Erfolgen geführt.

Nachfolgend sollen noch zwei Anlagen beschrieben werden, bei welchen die Ergebnisse der Versuche beachtet wurden. Abb. 8 zeigt eine Transformatorenanlage über Tage. Der Auslauf des Öles erfolgt durch ein Rohr in eine Ölgrube. Der Ölauffang ist so groß, daß der ganze Ölinhalt des Gerätes darin aufgenommen werden kann. Bei plötzlichem Auslauf des gesamten Öles muß der Ölauffang einen Übertritt des brennenden Öles in den Luftkanal verhindern. Das Ablaufrohr ist so verlegt, daß durch die rechtwinklig angesetzte Verlängerung eine Stauung des Öles innerhalb des Rohres eintritt. Es ist empfehlenswert, hierin ein kleines Ölpolster stehen zu lassen. Wenn die Anlage zuverlässig frostfrei ist, genügt auch ein Wasserpolster. Das Ablaufrohr hat am Ende einen Flansch, um durch Öffnen desselben leicht eine Reinigung des Rohres vornehmen zu können. Das Ölablaßventil am Transformator ist so gesetzt und mit einem Bogenstück versehen, daß im Falle der Not das im Transformator befindliche Öl durch Öffnen des Ventils in die Grube abgelassen werden kann.

Durch Abb. 9 ist eine größere Transformatorenstation unter Tage (Kohlengrube) wiedergegeben. Mit Rücksicht auf die besondere Gefahr für Gesundheit und Leben von Menschen wie für die Anlage sollen bei dieser Ausführung außer der Öllöschung auch die weiteren hier vorgesehenen Sicherheitseinrichtungen kurz erwähnt werden. Für die Löschung eines Ölbrandes ist ein Rost mit einer Kiesschicht entsprechend dem 4. Versuch eingebaut. Zum Auffangen des Öles ist eine Grube vorgesehen, welche in der Regel das ganze Öl des Transformators aufnehmen kann. Wenn sich Wasser in dieser Grube ansammeln sollte, so daß das Öl nicht vollkommen aufgenommen werden kann, läuft letzteres durch das Auslaufrohr, welches zur weiteren Sicherheit schwach gekrümmt ist (siehe 3. Versuch), in die Wasserseige aus. Weitere Krümmungen des Rohres sind mit Rücksicht auf die leichte Reinigung vermieden. Bei der Verlegung wurde darauf geachtet, daß das Öl in der Lage ist, etwa in das Rohr eingedrungenes Wasser aus demselben herauszudrücken; durch die Schräglage des Rohres zur Wasserseige werden Stauungen durch das fließende Wasser verhindert. Der Ölauffang kann durch einen Schacht gereinigt und vom Wasser entleert werden. Der Schacht wird durch einen Deckel gut abgeschlossen, damit ein Durchdringen brennenden Öles in die Grube ausgeschlossen ist. Die Kühlluft wird durch einen Blechkanal unter den Transformator geführt. Dieser Kanal ist ebenfalls so ausgeführt, daß durch ihn kein brennendes Öl austreten kann. Die Luftabführung ist in der vorderen Wand über der Tür vorgesehen und kann durch eine Klappe geschlossen werden. Die Öffnung dient gleichzeitig dazu, im Falle einer Explosion die Gase frei austreten zu lassen und ist deshalb möglichst groß gemacht. Die Decke des Raumes ist von der Hinterwand langsam steigend ausgeführt, um den Gasen eine Richtung zu geben. Die Verschlußklappe wird von einem Hanfseil gehalten, welches um den Transformator gelegt ist, damit es im Notfalle reißt oder verbrennt, so daß die Öffnung selbsttätig geschlossen wird. Das Austreten der Rauchschwaden in die Strecke wird dadurch verhindert. Das Feuer erstickt in sich selbst. Da zu erwarten ist, daß das vor der Öffnung eingebaute Gitter bei einer Explosion beschädigt wird, ist dieses etwas zurückgesetzt, damit durch das zerrissene Gitter nicht das Schließen der Klappe verhindert werden kann. In Richtung des Wetterstromes, etwa 50 m vor der Transformatorenkammer, sind zwei Gasmasken und Feuerlöschapparate angebracht. Außer diesen Sicherheitseinrichtungen, welche im äußersten Notfalle in Wirkung treten, sind zum Schutz des Transformators ein Buchholzschutz und ein Temperaturschutz eingebaut.

Netzkupplung.

Von Dr.-Ing. **M. Liwschitz**, Charlottenburg.

(Schluß von S. 1326.)

III. Netzkupplung mittels Motorgenerators.

Zur Kupplung zweier Netze eignet sich der Synchron-Synchron-Motorgenerator nicht, weil bei ihm die Geschwindigkeiten der beiden Läufer starr an ihre Netzfrequenzen gebunden sind. Treten Frequenzschwankungen in einem der beiden Netze auf, so sind beide Läufer gezwungen, die diesen Frequenzschwankungen entsprechenden Drehzahländerungen mitzumachen, was für das Netz mit konstanter Frequenz unzuträglich ist. Auch ein Motorgenerator, der aus einer Synchronmaschine und einer normalen nur primärseitig gespeisten Asynchronmaschine besteht, genügt nicht den Bedingungen, die an einen Netzkupplungsumformer gestellt werden, weil die Geschwindigkeit der gemeinsamen Welle von der Synchronmaschine vorgeschrieben wird. Treten Frequenzschwankungen in einem der beiden Netze auf, so ändert sich die relative Geschwindigkeit des Läufers der Asynchronmaschine gegenüber ihrem Drehfeld (der Schlupf) und somit die Leistung der Asynchronmaschine. Die Synchronmaschine ist gezwungen, diese Leistungschwankungen mitzumachen, deren Größe von dem Verlauf der Charakteristik (Leistung in Abhängigkeit vom Schlupf) der Asynchronmaschine abhängt.

Ein Motorgenerator zur Kupplung zweier Netze, bei dem die in der Einleitung erwähnten Regelungsarten der Wirk- und Blindleistung möglich sein sollen, muß aus einer Synchronmaschine und einer Asychronmaschine mit Kommutator-Hintermaschine bestehen. Die Kommutator-Hintermaschine muß imstande sein, sowohl die Wirk- wie die Blindleistung der Asynchronmaschine zu regeln. Zur Beurteilung der Funktionen, die hier der Kommutator-Hintermaschine zufallen, muß auf die Gleichung des Primärstromes der Asynchronmaschine zurückgegriffen werden.

Die Asynchronmaschine, in deren Läuferkreis eine Kommutator-Hintermaschine eingeschaltet ist, ist ebenso eine doppeltgespeiste Maschine wie der Induktionsumformer, jedoch mit dem Unterschied, daß bei ihr die sekundäre Frequenz f_2 von der primären Frequenz f_1 abhängig ist, während bei dem Induktionsumformer diese beiden Frequenzen voneinander unabhängig sind. Bezeichnen wie oben f_1 die Frequenz der Ständerströme und σ den Schlupf der Maschine, so gilt für die Asynchronmaschine in Verbindung mit Kommutator-Hintermaschine

$$f_2 = \sigma f_1$$

und

$$n = \frac{60\,(f_1 - f_2)}{p} = \frac{60\,f_1}{p}\,(1-\sigma).$$

Während der Induktionsumformer durch die beiden Frequenzen f_1 und f_2 wie die Synchronmaschine in seiner Drehzahl starr festgelegt ist, ist die Asynchronmaschine, deren Läufer mit einer Kommutator-Hintermaschine verbunden ist, genau wie die gewöhnliche nur ständerseitig gespeiste Asynchronmaschine in ihrer Drehzahl frei und an den Synchronismus nicht gebunden.

Es läßt sich beweisen[2], daß für den Primärstrom einer Asynchronmaschine, in deren Läuferkreis eine Kommutator-Hintermaschine eingeschaltet ist, bei Vernachlässigung der Eisenverluste und des primären Ohmschen Widerstandes die Beziehung gilt

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{J}_1 = &-\mathrm{j}\,\mathfrak{P}_1 \frac{b}{1+\tau_1} + \mathfrak{P}_1 \frac{1+\tau_2}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2}\,\sigma \\ &-\mathrm{j}\,\mathfrak{J}_1 \frac{1}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2}\,[x_1 + (1+\tau_1)\,x_2]\,\sigma + \mathfrak{P}_2\,\frac{1}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2} \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Hierin bedeuten:

$\mathfrak{P}_1$ die primäre Klemmenspannung,

$\mathfrak{J}_1$ den primären Strom,

$\mathfrak{P}_2$ die dem Läufer der Asynchronmaschine von der Kommutator-Hintermaschine aufgedrückte Spannung,

---

[2] M. Liwschitz, Arch. El. Bd. 19, S. 335.

r_2 den Ohmschen Widerstand des Sekundärkreises,
x_1 den Streublindwiderstand des primären Kreises,
x_2 den Streublindwiderstand des sekundären Kreises bei Netzfrequenz,
τ_1 den primären Heylandschen Streufaktor,
τ_2 den sekundären Heylandschen Streufaktor und
$b = \frac{J_\mu}{E_1}$ das Verhältnis des Magnetisierungstromes zur primären induzierten EMK.

Nimmt man zunächst die Kommutator-Hintermaschine als wirkungslos an ($\mathfrak{P}_2 = 0$), so besteht der Primärstrom aus 3 Teilen entsprechend den ersten 3 Summanden der Gleichung 5

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{J}_1 = -\mathrm{j}\,\mathfrak{P}_1 \frac{b}{1+\tau_1} + \mathfrak{P}_1 \frac{1+\tau_2}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2}\,\sigma \\ -\mathrm{j}\,\mathfrak{J}_1 \frac{1}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2}\,[x_1 + (1+\tau_1)\,x_2]\,\sigma\end{aligned}\right\}. \quad (5a)$$

Der erste Summand $-\mathrm{j}\,\mathfrak{P}_1 \frac{b}{1+\tau_1}$ ist der Blindstrom, den der Hauptfluß bedingt. Er steht senkrecht auf der primären Spannung $\mathfrak{P}_1$ und ist vom Schlupf unabhängig. Der zweite Summand $\mathfrak{P}_1 \frac{1+\tau_2}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2}\,\sigma$ ist in Phase mit $\mathfrak{P}_1$ und ändert sich mit dem Schlupf. Dieser Teil des Primärstromes wird durch den im Läufer von der Schlupf-EMK erzeugten Strom hervorgerufen. Der 3. Summand $-\mathrm{j}\,\mathfrak{J}_1 \frac{1}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2} \times [x_1 + (1+\tau_1)\,x_2]\,\sigma$ steht senkrecht auf dem Primärstrom, wird durch die Streuung der Maschine bedingt und ändert sich wie der zweite Summand mit dem Schlupf. Der Primärstrom der gewöhnlichen Asynchronmaschine ($\mathfrak{P}_2 = 0$) besteht also aus einer vom Schlupf unabhängigen Komponente und zwei mit dem Schlupf veränderlichen Komponenten. Der Blindstrom der gewöhnlichen Asynchronmaschine ist vom Schlupf nur zum Teil abhängig, der Wirkstrom ist dem Schlupf direkt proportional.

Bildet die Asynchronmaschine den Teil eines Motorgenerators, der zwei Netze kuppelt, und soll die Leistung des Motorgenerators, also auch der Asynchronmaschine, bestimmten Betriebsbedürfnissen angepaßt werden können, wie z. B. konstant bleiben unabhängig von den Frequenzschwankungen der beiden Netze [Regelungsart a)] oder sich ändern mit der Frequenz des einen der beiden Netze [Regelungsarten b) und c)] oder dem Schlupf bis zu einem gewissen Grade proportional sein [Regelungsart d)], so muß die Kommutator-Hintermaschine imstande sein, weitere Stromkomponenten im Sekundärkreis und somit im Primärkreis der Asynchronmaschine zu erzeugen, die die gewünschte Gesetzmäßigkeit des Primärstromes erzwingen.

Multipliziert man die beiden Seiten der Gl. (5) mit $(1+\tau_1)r_2$, so erhält man die Spannungsgleichung

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{J}_1 (1+\tau_1)\,r_2 = -\mathrm{j}\,\mathfrak{P}_1\,b\,r_2 + \mathfrak{P}_1 (1+\tau_2)\,\sigma \\ -\mathrm{j}\,\mathfrak{J}_1 [x_1 + (1+\tau_1)\,x_2]\,\sigma + \mathfrak{P}_2\end{aligned}\right\}. \quad (6)$$

Der Gl. (5) läßt sich entnehmen, welche Stromkomponenten die Kommutator-Hintermaschine zu liefern hat, um die gewünschte Gesetzmäßigkeit des Primärstromes $\mathfrak{J}_1$ zu erzwingen; an Hand der Gl. (6) läßt sich erkennen, welche Spannungskomponenten die Kommutator-Hintermaschine zu liefern hat, um diese Stromkomponenten zu erzeugen.

Um den Einfluß der Kommutator-Hintermaschine bei der Regelung der Wirkleistung besser zu erkennen, nehmen wir zunächst an, daß die Kommutator-Hintermaschine dem Läufer die zwei Spannungskomponenten

$$\mathfrak{P}_2' = \mathrm{j}\,\mathfrak{P}_1\,b\,r_2 + \mathrm{j}\,\mathfrak{J}_1 [x_1 + (1+\tau_1)\,x_2]\,\sigma \quad . \; . \quad (7a)$$

aufdrückt, d. h. daß die Kommutator-Hintermaschine die Blindströme, die der Hauptfluß und der Streufluß bedingen, der Asynchronmaschine über den Läufer zuführt. Auf welche Weise die Kommutator-Hintermaschine diese Spannungen zu erzeugen vermag, soll später gezeigt werden. Aus Gl. (6) folgt dann[3]

$$\mathfrak{J}_1 (1+\tau_1)\,r_2 = \mathfrak{P}_1 (1+\tau_2)\,\sigma.$$

Da der Primärstrom J_1 in Phase mit der Klemmenspannung P_1 ist, so bildet er ein Maß für die primäre Leistung N_1. J_1 wie N_1 sind also wie bei der gewöhnlichen Asynchronmaschine dem Schlupf σ direkt proportional. Eine Spannung der Kommutator-Hintermaschine nach Gl. (7 a) ist also noch nicht ausreichend, um die Wirkleistung der Maschine beliebig einstellen zu können. Es sind vielmehr zu diesem Zwecke noch weitere Spannungskomponenten an der Kommutatormaschine erforderlich. Wie wir sehen werden, genügt es für den allgemeinen Fall der Wirkleistungsregelung, wenn dem Läufer der Asynchronmaschine von der Kommutator-Hintermaschine außer der Spannung nach Gl. (7 a) noch eine Spannung

$$\mathfrak{P}_2'' = \mathfrak{P}_1 (\lambda + \mu\,\sigma) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7b)$$

aufgedrückt wird, so daß

$$\mathfrak{J}_1 (1+\tau_1)\,r_2 = \mathfrak{P}_1 (1+\tau_2)\,\sigma + \mathfrak{P}_1 (\lambda + \mu\,\sigma) \quad . \; . \quad (8)$$

wird. λ und μ sind vom Schlupf unabhängig, im übrigen aber veränderlich. Wir wollen sehen, welchen Einfluß die Größe von λ bzw. von μ auf den Verlauf der Wirkleistung hat, und betrachten 4 Fälle.

1. $\lambda = 0$, $\mu = 0$. Dies ist die natürliche Charakteristik der Asynchronmaschine. Aus Gl. (8) folgt

$$J_1 = P_1 \frac{1+\tau_2}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2}\,\sigma. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (8a)$$

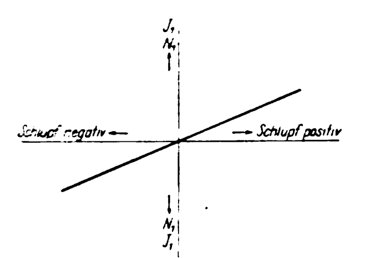


Abb. 10. Natürliche Charakteristik der Asynchronmaschine.

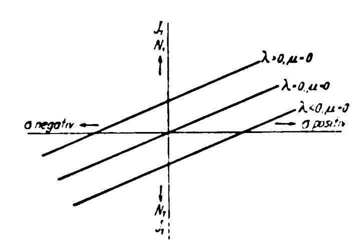
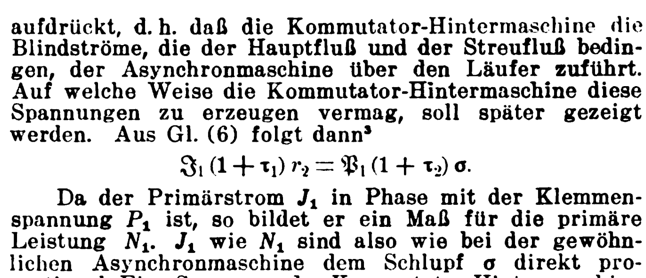


Abb. 11. Parallelverschiebung der natürlichen Charakteristik der Asynchronmaschine mit Hilfe einer Kommutatorspannung, die vom Schlupf unabhängig ist.


Abb. 12. Drehung der natürlichen Charakteristik der Asynchronmaschine mit Hilfe einer Kommutatorspannung, die dem Schlupf proportional ist.

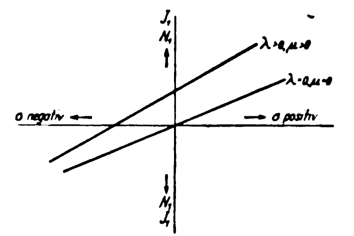


Abb. 13. Parallelverschiebung und Drehung der natürlichen Charakteristik der Asynchronmaschine mit Hilfe von zwei Kommutatorspannungen, von denen eine vom Schlupf unabhängig, die andere dem Schlupf direkt proportional ist.

Der Strom J_1 bzw. die Leistung N_1 in Abhängigkeit von σ verläuft nach einer Geraden, die durch den Nullpunkt geht (Abb. 10).

2. $\lambda \neq 0$, $\mu = 0$. Nach Gl. (8) gilt

$$J_1 = P_1 \frac{1+\tau_2}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2}\,\sigma + P_1 \frac{1}{1+\tau_1}\,\frac{1}{r_2}\,\lambda. \quad . \; . \quad (8b)$$

Den Verlauf des Stromes J_1 bzw. der Leistung N_1 für diesen Fall zeigt Abb. 11. Eine Kommutatorspannung, die in Phase mit $\mathfrak{P}_1$ ist und vom Schlupf σ unabhängig ist, bewirkt also eine Parallelverschiebung der natürlichen Charakteristik. Je nachdem, ob λ positiv oder negativ ist, wird die natürliche Charakteristik nach oben oder nach unten parallel verschoben.

3. $\lambda = 0$, $\mu \neq 0$. Der Strom ist hier

$$J_1 = P_1 \frac{1}{(1+\tau_1)\,r_2}\,[(1+\tau_2) + \mu]\,\sigma, \quad . \; . \; . \quad (8c)$$

[3] M. Liwschitz, Regelsätze. Erscheint demnächst im Arch. El.

d. h. eine Kommutatorspannung, die in Phase ist mit $\mathfrak{P}_1$ und vom Schlupf σ abhängig ist, bewirkt eine Drehung der natürlichen Charakteristik (Abb. 12). Der Verdrehungsinn hängt vom Vorzeichen der Größe μ ab.

4. $\lambda \neq 0$, $\mu \neq 0$. J_1 folgt der Gl. (8). Die natürliche Charakteristik wird gedreht und parallel verschoben (Abb. 13). Die Abhängigkeit des Stromes J_1 bzw. der Leistung N_1 vom Schlupf σ ist beliebig, je nach dem Wert von μ bzw. λ. Wichtig ist hier der Spezialfall

$$\mu = -(1 + \tau_2).$$

Dieser Wert von μ bewirkt, daß die natürliche Charakteristik parallel zur Abszissenachse verläuft (Abb. 14). Der Strom J_1 bzw. die Leistung N_1 sind vom Schlupf σ unabhängig. Je nach dem Vorzeichen von λ ist die Leistung positiv oder negativ (motorisch oder generatorisch)[4].

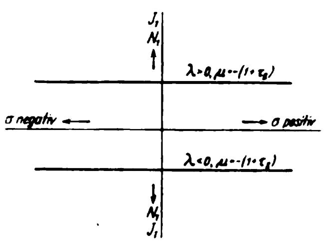
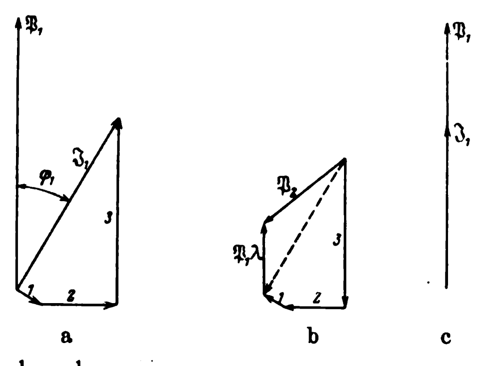


Abb. 14. Drehung der natürlichen Charakteristik der Asynchronmaschine bis zum Parallelverlauf mit der Abszissenachse: Wirkleistung konstant, unabhängig vom Schlupf.

Aus den Gl. (7a) und (7b) folgt, daß für den allgemeinen Regelungsfall die Kommutator-Hintermaschine den Schleifringen der Asynchronmaschine eine Spannung aufzudrücken hat:

$$\mathfrak{P}_2 = j\,\mathfrak{P}_1\,\nu + j\,\mathfrak{J}_1\,[x_1 + (1 + \tau_1)\,x_2]\,\sigma + \mathfrak{P}_1\,(\lambda + \mu\,\sigma). \qquad (9)$$

Ist $\nu = b\,r_2$, so arbeitet die Asynchronmaschine mit $\cos\varphi = 1$. Ist $\nu > b\,r_2$, so liefert die Asynchronmaschine Blindstrom in das Netz.



1 $-j\,\mathfrak{J}_1 \frac{1}{1+\tau_1} \cdot \frac{1}{r_2} [x_1 + (1+\tau_1)\,x_2]\,\sigma$ 1 $j\,\mathfrak{J}_1 [x_1 + (1+\tau_1)\,x_2]\,\sigma$

2 $-j\,\mathfrak{P}_1 \frac{b}{1+\tau_1}$ 2 $j\,\mathfrak{P}_1\,b\,r_2$

3 $\mathfrak{P}_1 \frac{1+\tau_2}{1+\tau_1} \cdot \frac{1}{r_2}\,\sigma$ 3 $-\mathfrak{P}_1 (1+\tau_2)\,\sigma$

Abb. 15. Vektordiagramm der Asynchronmaschine und der Kommutatormaschine für die Regelungsart nach Abb. 14.

Betrachtet man die in der Einleitung unter a) bis d) für die Wirkleistung angegebenen Regelungsarten, so sieht man, daß die erste Regelungsart (Wirkleistung konstant, unabhängig vom Schlupf) identisch ist mit dem in Abb. 14 dargestellten Betriebsfall und sich also erreichen läßt durch eine Drehung verbunden mit gleichzeitiger Parallelverschiebung der natürlichen Charakteristik der Maschine. Die Kommutatorspannung beträgt in diesem Falle

$$\mathfrak{P}_2 = -\mathfrak{P}_1\,(1 + \tau_2)\,\sigma + j\,\mathfrak{J}_1\,[x_1 + (1+\tau_1)\,x_2]\,\sigma + j\,\mathfrak{P}_1\,\nu + \mathfrak{P}_1\,\lambda \quad (9a)$$

und der Primärstrom nach Gl. (5)

$$\mathfrak{J}_1 = -j\,\mathfrak{P}_1 \frac{b\,r_2 - \nu}{(1+\tau_1)\,r_2} + \mathfrak{P}_1 \frac{1}{(1+\tau_1)\,r_2}\,\lambda \quad . \; . \quad (10)$$

bzw., wenn $\cos\varphi_1 = 1$ sein soll $(\nu = b\,r_2)$,

$$J_1 = P_1 \frac{1}{(1+\tau_1)\,r_2}\,\lambda \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10a)$$

[4] Vgl. W. Seiz, ETZ 1926, S. 888. — M. Schenkel, ETZ 1927, S. 563 u. 602. — M. Liwschitz, Arch. El. 1928, S. 335.

Abb. 15 zeigt das Vektordiagramm der Asynchronmaschine und der Kommutatormaschine für diese Regelungsart, u. zw. bei $\cos\varphi_1 = 1$. Das Diagramm Abb. 15 a bezieht sich auf die Asynchronmaschine allein ohne Kommutator-Hintermaschine, wobei abweichend von der üblichen Darstellung alle Größen entsprechend der Gl. (5a) auf den Primärkreis übertragen sind. Das Diagramm Abb. 15 b zeigt die Spannungen, die die Kommutator-Hintermaschine nach Gl. (9 a) zu liefern hat. Abb. 15 c stellt das Vektordiagramm der Asynchronmaschine mit Kommutator-Hintermaschine entsprechend Gl. (10 a) dar.

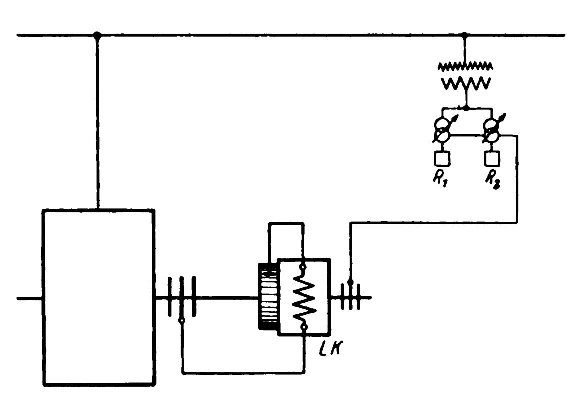


Abb. 16. Elektromechanische Regelung. Die Kommutatormaschine ist läufererregt, kompensiert und mit der Asynchronmaschine mechanisch gekuppelt.

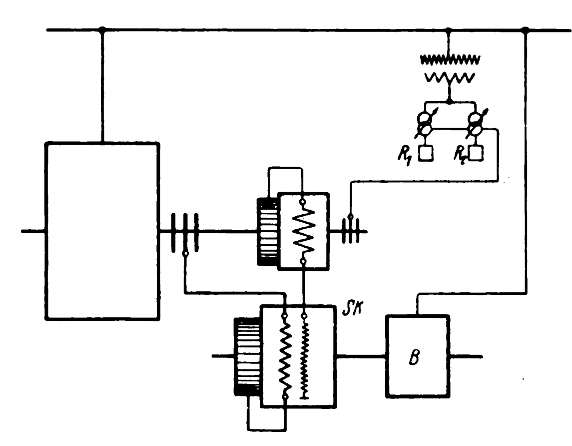


Abb. 17. Elektromechanische Regelung. Die Kommutatormaschine ist ständererregt und mit der Asynchronmaschine nur elektrisch verbunden.

Wie die Regelart a) lassen sich auch die Regelarten b) ... d) durch eine Drehung und Parallelverschiebung der natürlichen Charakteristik erreichen. Die Sekundärspannung folgt bei diesen Regelarten der Gl. (9) und der Primärstrom ist gleich

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{J}_1 = &-j\,\mathfrak{P}_1 \frac{b\,r_2 - \nu}{(1+\tau_1)\,r_2} + \mathfrak{P}_1 \frac{1}{(1+\tau_1)\,r_2}\,\lambda \\ &+ \mathfrak{P}_1 \frac{1}{(1+\tau_1)\,r_2}\,[(1+\tau_2) + \mu]\,\sigma \end{aligned}\right\}. \qquad (11)$$

Der Primärstrom ist hier vom Schlupf abhängig.

Je nachdem, ob neben den anderen zur Regelung erforderlichen Spannungskomponenten auch die zur Drehung der natürlichen Charakteristik erforderliche Spannung $\mathfrak{P}_1\,\mu\,\sigma$ dem Netz entnommen und mittels Leistungs- oder Stromrelais, das auf das Regelorgan der Kommutator-Hintermaschine einwirkt, auf den richtigen Wert eingestellt wird, oder ob diese Spannung der Asynchronmaschine selbst (oder einer Hilfsmaschine) entnommen und über die Kommutator-Hintermaschine den Schleifringen der Asynchronmaschine zugeführt wird, unterscheidet man die rein e l e k t r o m e c h a n i s c h e Regelung und die g e m i s c h t e (elektromechanisch-elektrische) Regelung.

Bei der gemischten Regelung werden also die die Blindleistung liefernde Komponente der Kommutatorspannung $j\,\mathfrak{P}_1\,\nu$ ebenso wie die zur Parallelverschiebung nötige Komponente $\mathfrak{P}_1\,\lambda$ genau wie bei der elektromechanischen Regelung vom Netz geliefert, wobei die Spannungskomponente $j\,\mathfrak{P}_1\,\nu$ wie dort von einem Spannungs-

oder cos φ-Relais und die Komponente $\mathfrak{P}_1 \lambda$ von einem Leistungs- oder Stromrelais gesteuert wird. Die zur Deckung der Streuspannung erforderliche Komponente

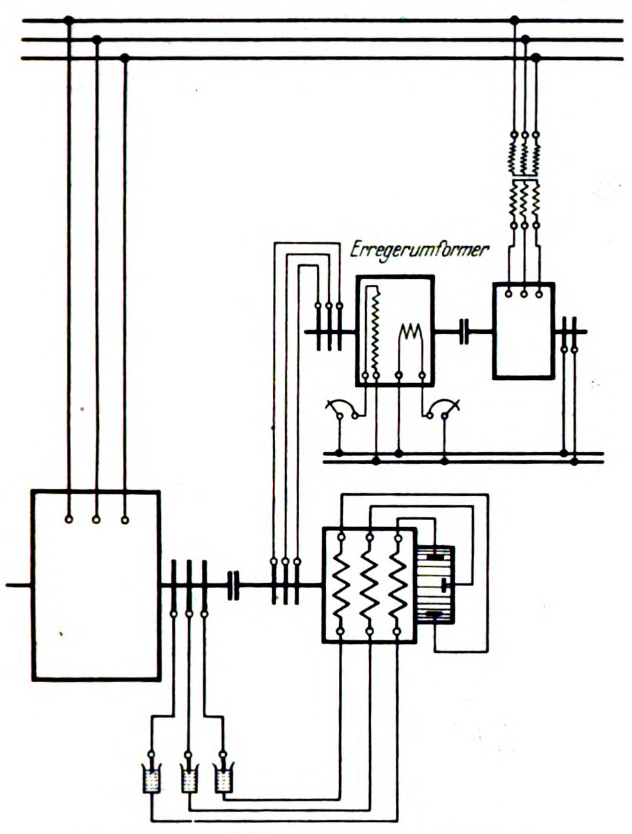


Abb. 18. Schaltbild eines Ilgner-Satzes für 2000 kW bei 550 ... 450 U/min. Die Kommutatormaschine ist läufererregt und mit der Asynchronmaschine direkt gekuppelt.

$j \mathfrak{J}_1 [x_1 + (1 + \tau_1) x_2] \sigma$ läßt man dagegen wie die Spannung $\mathfrak{P}_1 \mu \sigma$ auf elektrischem Wege liefern, u. zw. von der Asynchronmaschine selbst[5].

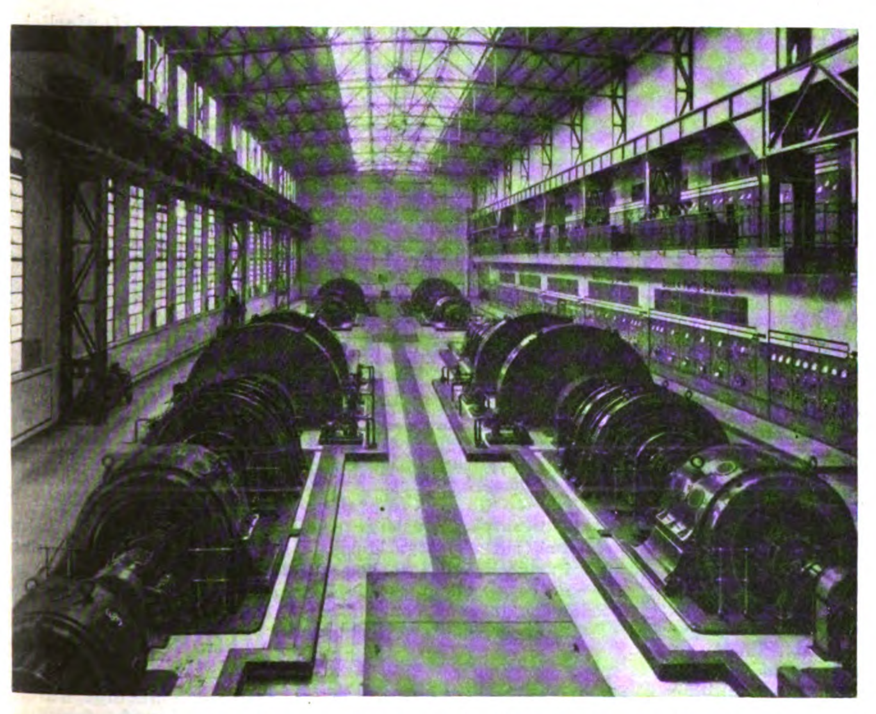
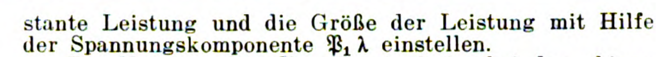


Abb. 19b. Steuermaschinenhaus mit 4 Ilgner-Sätzen wie Abb. 19a.

Bei den Regelungsarten b) und c) und gemischter Regelung wird man zweckmäßigerweise die Charakteristik ebenso weit drehen wie bei der Regelungsart a) für konstante Leistung und die Größe der Leistung mit Hilfe der Spannungskomponente $\mathfrak{P}_1 \lambda$ einstellen.



Die Neigung der Charakteristik ist bei den obigen Ausführungen dadurch erreicht worden, daß von der Kommutator-Hintermaschine den Schleifringen der Asynchronmaschine eine Spannung $\mathfrak{P}_1 \mu \sigma$ aufgedrückt wurde. Anstatt der Spannung $\mathfrak{P}_1 \mu \sigma$ kann man aber zum Neigen der Charakteristik eine Spannung verwenden, die dem Strome J_1 proportional ist. Die Gl. (8) erhält dann die Form

$$\mathfrak{J}_1 (1 + \tau_1) r_2 = \mathfrak{P}_1 (1 + \tau_2) \sigma + \mathfrak{P}_1 \lambda + \varkappa \mathfrak{J}_1 \quad . \quad . \quad (12)$$

oder

$$J_1 = P_1 \frac{1 + \tau_2}{(1 + \tau_1) r_2 - \varkappa} \sigma + P_1 \frac{\lambda}{(1 + \tau_1) r_2 - \varkappa} \, . \quad (12a)$$

Die Stärke der Neigung der Charakteristik hängt von der Wahl der Größe $\varkappa$ ab. Zur Erzeugung einer Spannung, die dem Strome proportional ist, ist ein rückwirkungsloser Strom-Spannungs-Transformator erforderlich.

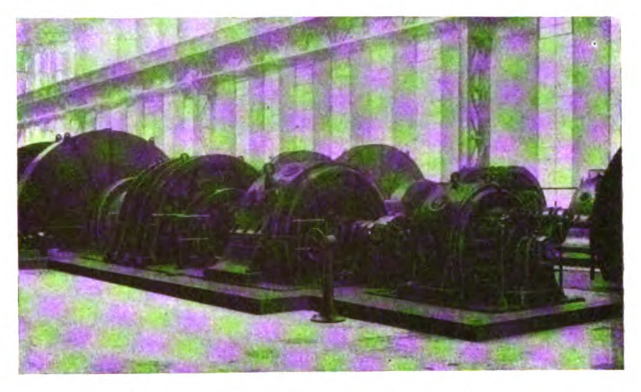


Abb. 19a. Ansicht des Ilgner-Satzes Abb. 18.

Wir behandeln die elektromechanische Regelung und die gemischte Regelung getrennt voneinander, u. zw. sowohl bei Verwendung der läufererregten Kommutatormaschine als Hintermaschine als auch bei Verwendung der ständererregten Kommutatormaschine als Hintermaschine.

A. Elektromechanische Regelung.

Die Abb. 16 u. 17 stellen Prinzipschaltungen für die Verwendung einer mechanisch gekuppelten läufererregten Kommutatormaschine bzw. einer elektrisch gekuppelten ständererregten Kommutatormaschine als Hintermaschine dar. Da bei der läufererregten Kommutatormaschine die Kommutatorspannung mit der Schleifringspannung (bis auf den Spannungsabfall in der Kompensationswicklung) identisch ist, so müssen bei ihr sämtliche erforderliche Spannungen den Schleifringen zugeführt werden. Bei der ständererregten Kommutatormaschine müssen dagegen die nötigen Spannungen über einen Frequenzwandler oder eine läufererregte Kommutatormaschine dem Erregerkreis zugeführt werden. R_1 und R_2 bedeuten in beiden Abbildungen je zwei Regelorgane, von denen eins die Wirkleistung, das andere die Blindleistung der Asynchronmaschine zu regeln hat. Die Art der Beeinflussung der Regelorgane ist verschieden je nach dem gewünschten Verlauf der Wirk- und Blindleistung. Der Wirkleistungsregler kann gemäß obigem gesteuert werden von einem Leistungsrelais, falls die Umformerleistung konstant gehalten werden soll, oder falls die übertragene Leistung sich ändern soll entsprechend dem Leistungsüberschuß bzw. dem Leistungsmehrbedarf des einen der beiden Netze [Regelungsarten a), b) und c)]. Wird durch ein cos φ-Relais der Leistungsfaktor des Umformers konstant gehalten, so kann zur Regelung der Wirkleistung anstatt des Leistungsrelais ein Stromrelais genommen werden, da dann der Strom

[5] Vgl. M. Liwschitz, wie Fußnote 4.

der Leistung proportional ist. Bei den Regelungsarten b und c kann mit dem Relais eine Tachometerdynamo vereinigt werden, falls die Leistungsänderungen des Netzes mit Frequenzänderungen verbunden sind, die den Leistungsänderungen proportional sind. Für die Regelungsart d) ist ein Leistungschlupfrelais erforderlich, d. h. ein Leistungsrelais, das auch vom Schlupf beeinflußt wird.

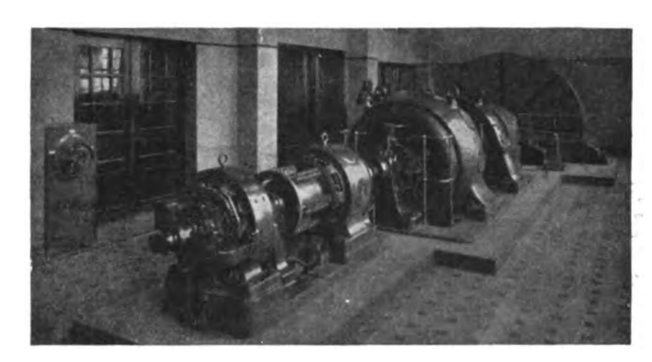


Abb. 20. Ilgner-Satz für eine Leistung von 450 kW bei 680 ... 820 U/min. Die Schaltung ist die gleiche wie in Abb. 18.

Bei Ilgner-Umformern liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei Netzkupplungsumformern. Einerseits ist veränderliche Drehzahl erforderlich, damit die Schwungmassen zur Leistungsabgabe bzw. zur Leistungsaufnahme herangezogen werden, anderseits ist erwünscht, daß die Leistung des Drehstrommotors, der zum Antrieb des Steuergenerators dient, konstant bleibt. Bei Ilgner-Umformern liegt also die Regelungsart a) vor.

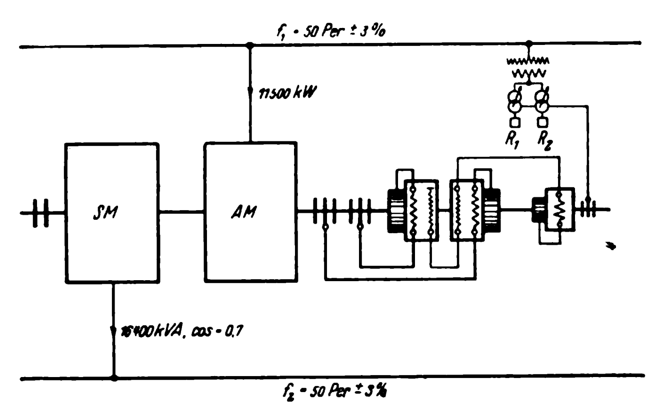


Abb. 21. Netzkupplungsumformer mit elektromechanischer Regelung für die gleichen Verhältnisse wie der Induktionsumformer Abb. 5 (11 500 kW, cos φ = 0,7).

Abb. 18 zeigt das Schaltbild eines Ilgner-Satzes (geliefert für eine rheinische Hütte) für 2000 kW bei 550 ... 450 U/min. Die Kommutator-Hintermaschine ist als läufererregte Maschine ausgeführt und mit der Asynchronmaschine direkt gekuppelt. Die den Schleifringen zugeführten Spannungen werden nicht direkt dem Netz entnommen sondern über einen vom Netz synchron angetriebenen Erregerumformer. Der Synchronmotor treibt die Drehfeld-Erregermaschine, eine nach Art einer Asynchronmaschine gebaute Synchronmaschine mit 2 Erregerwicklungen, die im Ständer untergebracht sind. Die Achsen der beiden Erregerwicklungen sind gegeneinander um 90 el. Grade verschoben. Die Kupplung zwischen der Asynchronmaschine und der Kommutator-Hintermaschine ist so eingestellt, daß die von der einen Erregerwicklung erzeugte Spannung angenähert in Phase mit der Netzspannung liegt; dann ist die von der anderen Erregerwicklung erzeugte Spannung gegenüber der Netzspannung um rd. 90° in der Phase verschoben. Als Wirk- und Blindleistungsregler dienen Eilregler, die die Regelwiderstände in den beiden Kreisen der Erregermaschine verstellen. Die Blindleistung wird von Hand derart eingestellt, daß der primäre Leistungsfaktor gleich Eins ist. Der Wirkleistungsregler wird von einem Stromrelais betätigt. Abb. 19 a zeigt die Ansicht dieses Ilgner-Satzes, Abb. 19 b das Steuermaschinenhaus mit 4 solchen Sätzen.

In Abb. 20 ist ebenfalls ein Ilgner-Satz wiedergegeben, der für eine Förderanlage geliefert worden ist. Die Leistung beträgt 450 kW, die Drehzahl 680 ... 820 U/min. Als Hintermaschine dient wiederum eine läufererregte Kommutatormaschine. Die Schaltung ist dieselbe wie bei dem vorher beschriebenen Ilgner-Satz. Als Wirkleistungsregler dient ein Stromrelais, die Blindleistung wird von Hand eingestellt.

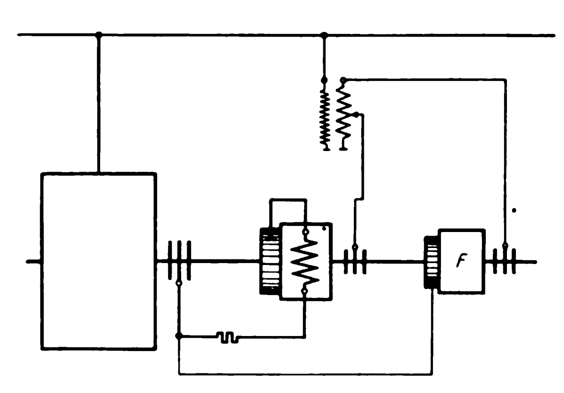


Abb. 22. Gemischte Regelung. Kommutatormaschine läufererregt, kompensiert und mit der Asynchronmaschine direkt gekuppelt. Die dem Schlupf proportionale Spannung wird den Schleifringen der Asynchronmaschine entnommen.

Abb. 21 zeigt das Schaltbild eines Netzkupplungsumformers mit elektromechanischer Regelung für die gleichen Verhältnisse wie der Induktionsumformer Abb. 5. Als Kommutator-Hintermaschinen sind mit Rücksicht auf die hohe Leistung 2 hintereinandergeschaltete ständererregte Maschinen angenommen. Die prozentualen Verluste des gesamten Satzes sind um 2 ... 3 % höher als bei dem umschaltbaren Induktionsumformer nach Abb. 5. Der Preis ist ebenfalls nicht unbedeutend höher als bei jenem, dafür aber erzeugt der aus 2 Maschinen bestehende Umformer nach Abb. 21 die erforderliche Blindleistung selbst.

B. Gemischte Regelung.

Die zur Drehung der Charakteristik erforderliche Spannungskomponente wird hier über die Kommutator-Hintermaschine von der Asynchronmaschine selbst (oder

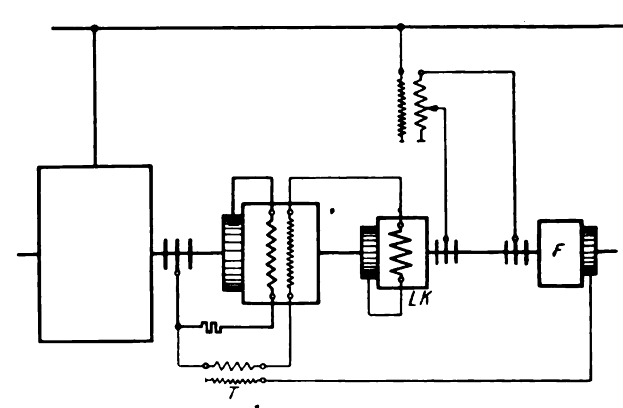


Abb. 23. Gemischte Regelung. Die Kommutatormaschine ist ständererregt und mit der Asynchronmaschine direkt gekuppelt. Die dem Schlupf proportionale Spannung wird den Schleifringen der Asynchronmaschine entnommen. Die Induktivität des Erregerkreises der Kommutatormaschine wird aufgehoben mit Hilfe eines rückwirkungslosen Strom-Spannungs-Transformators und Frequenzwandlers.

einer Hilfsmaschine) geliefert. Wie oben gezeigt wurde, muß diese Spannung entweder dem Schlupf oder dem Strom proportional sein. Eine dem Schlupf proportionale Spannung kann entnommen werden den Hauptschleifringen der Asynchronmaschine, oder einer Hilfswicklung im Läufer der Asynchronmaschine über Hilfsschleifringe, oder einer mit der Hauptwelle gekuppelten Asynchron-

maschine, deren Ständer mit Netzfrequenz gespeist wird. Zur Entnahme einer dem Strom proportionalen Spannungskomponente ist ein Strom-Spannungs-Transformator im Primärkreis der Asynchronmaschine erforderlich.

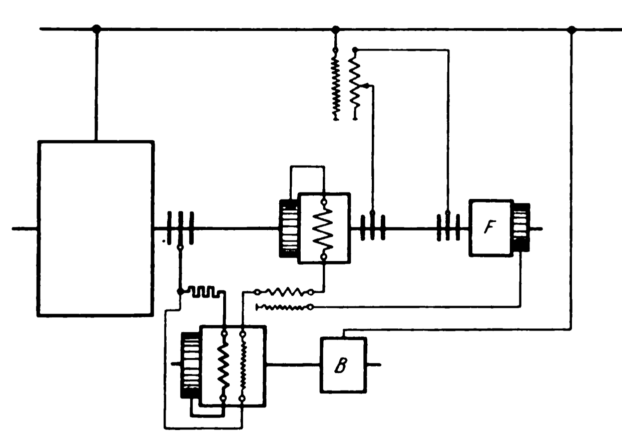


Abb. 24. Gemischte Regelung. Die Kommutatormaschine ist ständererregt und mit der Asynchronmaschine nur elektrisch verbunden, sonst wie Abb. 23.

Abb. 22 zeigt das Schaltbild der Asynchronmaschine mit Kommutator-Hintermaschine bei Verwendung einer läufererregten Kommutatormaschine. Die dem Schlupf proportionale Spannungskomponente wird den Hauptschleifringen entnommen, über eine Frequenzwandler *F* auf Netzfrequenz umgeformt und zusammen mit allen anderen Spannungskomponenten den Schleifringen der Kommmtator-Hintermaschine zugeführt.

Abb. 23 stellt die Prinzipschaltung dar für den Fall, daß die Kommutator-Hintermaschine als ständererregte Maschine ausgeführt und mit der Asynchronmaschine mechanisch gekuppelt ist. Die dem Schlupf proportionale Spannungskomponente ist hier wiederum den Hauptschleifringen entnommen, so daß die Erregerwicklung einerseits von den Hauptschleifringen der Asynchronmaschine, anderseits von der läufererregten Kommutatormaschine *LK* gespeist wird. Der Transformator *T* dient dazu, die Induktivität des Erregerkreises der Kommutator-Hintermaschine aufzuheben. Dieser Transformator muß als rückwirkungsloser Strom-Spannungs-Transformator ausgeführt werden. Seine Spannung muß ebensogroß sein wie die induktive Spannung des Erregerkreises. Führt man dann diese Spannung mit entgegengesetztem Vorzeichen über den Frequenzwandler *F* den Schleifringen der *LK*-Maschine zu, so verhält sich der Erregerkreis der Kommutator-Hintermaschine wie ein solcher mit reinem Ohmschen Widerstand. In Abb. 24 ist die Kommutator-Hintermaschine ebenfalls als ständererregte Maschine ausgeführt, aber mit der Asynchronmaschine nur elektrisch gekuppelt. In diesem Falle ist eine Belastungsmaschine *B* erforderlich, die die Schlupfenergie dem Netz zuführt bzw. dem Netz entnimmt.

In Abb. 25 wird mit Hilfe eines Strom-Spannungs-Transformators eine dem Strom proportionale Spannung erzeugt und der Kommutatormaschine zugeführt. Als solche ist eine läufererregte Kommutatormaschine angenommen. Die Größe des Übersetzungsverhältnisses des Transformators ist maßgebend für die Stärke der Neigung der Charakteristik der Maschine.

Abb. 26 zeigt das Schaltbild eines für die Norwegischen Staatsbahnen (Alnabru bei Oslo) im Jahre 1927 gelieferten Netzkupplungsumformers[6]. Die Aufgabe dieses Umformers besteht darin, vom Werk Raanasfos Drehstrom von 50 Hz zu beziehen und ihn in Einphasenstrom von 16⅔ Hz umzuformen, um damit das Wasserkraftwerk Hakavik zu unterstützen. Auf der 50 Hz-Seite liegt eine Asynchronmaschine mit Regelsatz, auf der 16⅔ Hz-Seite ein Einphasen-Synchrongenerator. Der Asynchronmotor ist ausgeführt für 3300 kW, 6000 V, 50 Hz und 500 U/min, der Einphasengenerator für 4300 kVA, 3000 V, $\cos\varphi = 0{,}7$ und 16⅔ Hz. Die Kommutator-Hintermaschine ist als läufererregte Maschine für 300 kW und

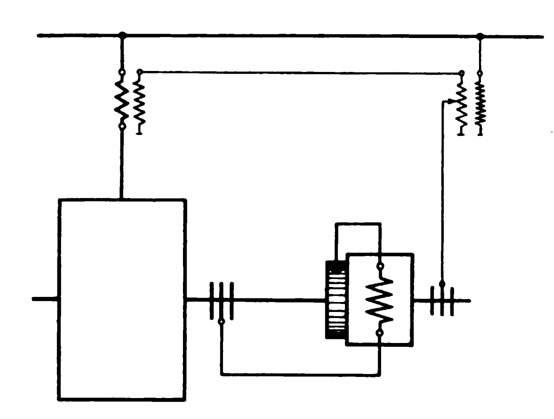


Abb. 25. Gemischte Regelung. Die Kommutatormaschine ist läufererregt und mit der Asynchronmaschine direkt gekuppelt. Die Drehung der Charakteristik wird mit Hilfe eines Strom-Spannungs-Transformators im Primärkreis der Asynchronmaschine bewirkt.

maximal 170 V Kommutatorspannung ausgeführt. Getrennt von dem aus Einphasengenerator, Asynchronmaschine und Kommutator-Hintermaschine bestehenden Hauptmaschinensatz ist ein Hilfsmaschinensatz aufgestellt, der aus 4 Maschinen besteht: aus einem synchronen Antriebsmotor *S*, einer nach Art einer Asynchronmaschine gebauten Drehfeldererregermaschine *DE*, einem Danielson-Umformer *DU* und einer Gleichstrom-

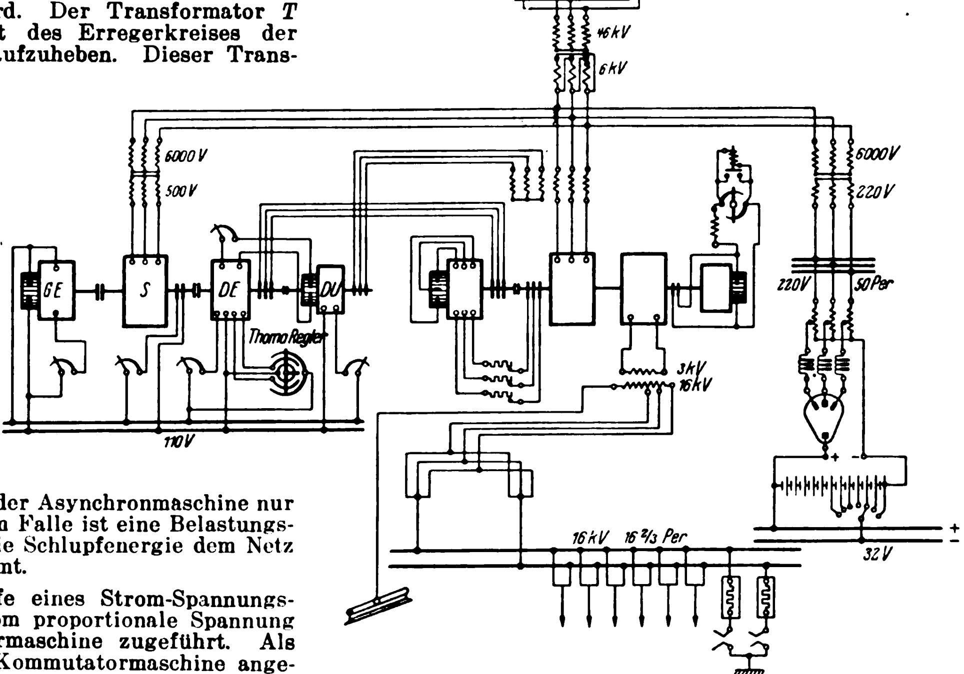


Abb. 26. Schaltung des Netzkupplungsumformers Alnabru. Asynchronmaschine für 50 Hz, 3300 kW und $n = 500$ U/min. Einphasengenerator für 16⅔ Hz, 4300 kVA, $\cos\varphi = 0{,}7$.

Erregermaschine *GE*, die den Erregerstrom für die ersten beiden Maschinen liefert. Abgesehen vom Danielson-Umformer ist also der Hilfsmaschinensatz ähnlich ausgeführt wie der in Abb. 18.

[6] M. Schenkel, Der Netzkupplungsumformer Alnabru der Norwegischen Staatsbahnen. Siemens-Jahrbuch 1929.



Die Drehfelderregermaschine liefert den Erregerstrom für die Kommutator-Hintermaschine. Sie ist mit 3 Gleichstrom-Erregerwicklungen versehen, von denen 2

Abb. 27. Netzkupplungsumformer Alnabru, Hauptmaschinensatz.

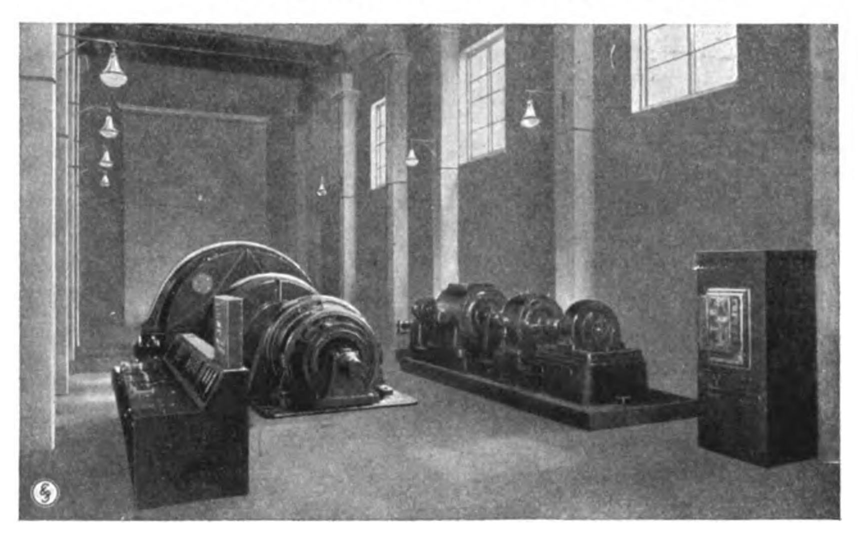


Abb. 28. Netzkupplungsumformer Alnabru. Maschinenraum mit Hauptmaschinensatz und Hilfsmaschinensatz.

ihren Strom aus der Erregermaschine *GE* beziehen und die dritte vom Danielson-Umformer. Die beiden von der Erregermaschine gespeisten Erregerwicklungen haben aufeinander senkrecht stehende Achsen. Eine Wicklung dient zur Regelung der Drehzahl, die andere zur Regelung der Blindleistung der Asynchronmaschine. Die Feldregler, die die Ströme dieser beiden Wicklungen regeln, werden von rasch arbeitenden mechanischen Reglern beeinflußt, u. zw. der eine, der vornehmlich auf den Leistungsfaktor einwirkt, durch einen Eilregler mit cos φ-Relais, der andere, der auf die Leistung einwirkt, durch einen Thoma-Regler mit Leistungsrelais.

Der Danielson-Umformer wird über seine Schleifringe gespeist von einem Stromtransformator, dessen Primärwicklung im Ständerkreis der Asynchronmaschine liegt. Die von dem Danielson-Umformer gelieferte Gleichstromspannung wird der dritten Erregerwicklung der Drehfelderregermaschine zugeführt. Die Achse dieser Wicklung fällt mit derjenigen der beiden anderen Erregerwicklungen zusammen, die die Leistung des Maschinensatz regeln, so daß auch durch den Danielson-Umformer vornehmlich die Leistung verstellt wird, u. zw. wird durch ihn, wie aus obigem folgt, eine Neigung der Charakteristik der Asynchronmaschine bewirkt.

Die Asynchronmaschine arbeitet stets mit konstantem Leistungsfaktor ($\cos \varphi_1 = 1$). Die Wirkleistung wird je nach der Jahreszeit entweder konstant gehalten oder in einem gewissen Verhältnis zu der Leistung des Wasserkraftwerkes Hakavik eingestellt. Im ersten Falle wird die Wirkleistung durch den Thoma-Regler in Verbindung mit dem Leistungsrelais geregelt, im zweiten Falle, wo die Charakteristik des Umformers an die Charakteristik des Kraftwerkes Hakavik angepaßt werden muß, durch den Thoma-Regler und den Danielson-Umformer gemeinsam.

Abb. 27 zeigt den Hauptmaschinensatz, Abb. 28 den ganzen Maschinenraum mit Hauptmaschinensatz und Hilfsmaschinensatz. Abb. 29 zeigt den Wirkungsgrad des Umformers in Abhängigkeit von der Wirkleistung des Einphasengenerators.

Abb. 30 zeigt die Asynchronmaschine eines im Bau befindlichen Umformers, der zur Kupplung des 16⅔periodigen Reichsbahnnetzes mit dem 50 Hz - Kraftwerk Pfrombach (Bayern) dient. Diese Maschine ist bemessen für eine generatorische Leistung von 17 500 kVA bei $\cos \varphi = 0{,}8$ bzw. eine motorische Leistung von 15 000 kW bei $\cos \varphi = 1$. Die Ständerspannung beträgt 6300 V, die Frequenz 50 Hz. Die mit der Asynchronmaschine gekuppelte Einphasenmaschine hat eine generatorische Leistung von 20 000 kVA bei $\cos \varphi = 0{,}7$ bzw. eine motorische Leistung von 15 000 kW bei $\cos \varphi = 1$. Die Ständerspannung beträgt 6300 V, die Frequenz 16⅔ Hz.

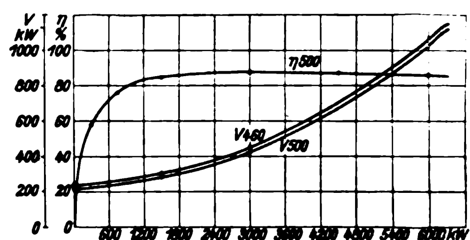


Abb. 29. Wirkungsgrad des Netzkupplungsumformers Alnabru in Abhängigkeit von der Wirkleistung des Einphasengenerators.

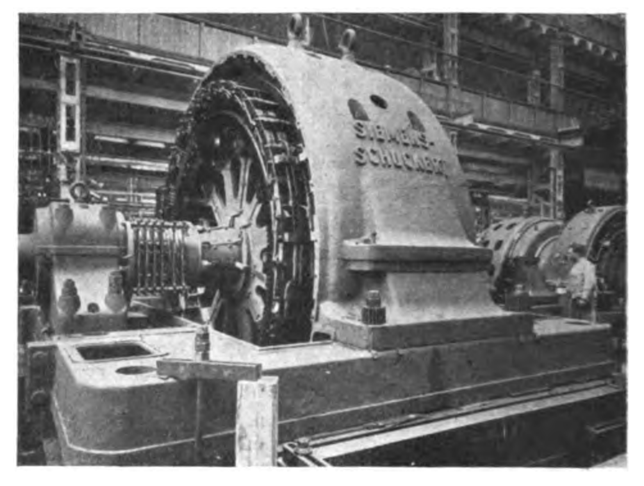


Abb. 30. Asynchronmaschine des Netzkupplungsumformers Pfrombach. Leistung: generatorisch 17 500 kVA bei $\cos \varphi = 0{,}8$, motorisch 15 000 kW bei $\cos \varphi = 1$, Frequenz 50 Hz, Drehzahl 250 U/min.

Die Kommutator-Hintermaschine ist ständererregt und mechanisch gekuppelt. Die synchrone Drehzahl des Maschinensatzes beträgt 250 U/min.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Stausee und Pumpspeicheranlage Hengstey. — In Westfalen ist zur Zeit eine der größten Pumpspeicheranlagen im Bau, nämlich die Anlage am Kleff, die auch unter dem Namen Speicheranlage Hengstey-Herdecke bekannt ist[1]. Das mit der Speicheranlage zusammenarbeitende Niederdruckwerk bei Hengstey ist bereits fertiggestellt und in Betrieb.

In einem umfangreichen Aufsatz gibt Dipl.-Ing. Spetzler in der Zeitschrift „Wasserkraft und Wasserwirtschaft" einen Überblick über die Entwicklung der Projekte für die beiden Anlagen und eine Beschreibung der bisher ausgeführten Bauarbeiten.

Abb. 1. Lageplan der Flußkläranlage, des Laufwerkes und der Speicheranlage Hengstey.

Abb. 2. Speicherbecken mit Rohrleitungen und Krafthaus.

Vor allem ist die Feststellung von Interesse, daß die beiden Anlagen nicht allein zum Zwecke der Kraftgewinnung gebaut werden, sondern ein wesentlicher Zweck derselben die Klärung des Ruhrwassers darstellt. Die Ruhr dient bekanntlich zu einem großen Teil der Wasserversorgung des Ruhrgebietes; es werden ihr jährlich etwa 500 Mill m³ Wasser entnommen, wovon der weitaus größte Teil, nämlich etwa 85 %, Brauchwasser, der Rest Trink-

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 946.



wasser ist. Bei solchen Wassermengen spielt die Reinhaltung bzw. Klärung eine große Rolle, wozu noch vor allem kommt, daß die Entnahme selbst auf Schwierigkeiten stößt, wenn allmählich eine derartige Verschmutzung der Flußsohle eintritt, daß nicht mehr die notwendige Wassermenge durch die Flußsohle zu den Filtern zufließt. — An der Verschmutzung der Ruhr trägt die Lenne den größten Teil bei, die in der Nähe von Hengstey, unterhalb Schwerte, in die Ruhr einmündet. Die Lenne enthält durch die ihr zufließenden Abwässer große Mengen von sauren Eisenverbindungen, die sich in der Lenne selbst noch in Lösung befinden. Bei der Vermengung von Lenne und Ruhr treten jedoch Ausfällungen ein, da die Ruhr überwiegend alkalische Bestandteile aus den Papierfabriken usw. enthält. Die Verschmutzung der Ruhr macht sich um so nachteiliger für die Wasserentnahme bemerkbar, je länger kein Hochwasser eingetreten ist, das eine natürliche Reinigung der Flußsohle hervorruft.

Um diesen Schwierigkeiten in der Wasserbeschaffung abzuhelfen, tauchte der Plan auf, nach der Einmündung der Lenne in der Ruhr eine Flußkläranlage zu bauen. An eine derartige Anlage war vor allem die Anforderung zu stellen, daß die Durchflußzeit so reichlich bemessen ist, daß ein Ausfällen der schädlichen Bestandteile möglich war, wozu vor allem auch noch eine möglichst geringe Wassergeschwindigkeit notwendig ist. Es mußte also ein verhältnismäßig großes Becken geschaffen werden. Das erste Projekt, das im Jahre 1922 vom Ruhrverband zusammen mit der Siemens-Schuckertwerke A. G., Berlin, aufgestellt worden ist, sah in der Nähe des Dorfes Hengstey den Bau eines Wehres in der Ruhr vor, durch den der Ruhrwasserstand um 4,5 m gehoben werden sollte; dadurch wäre ein Klärbecken mit einem Fassungsraum von 1,1 Mill m³ entstanden. Die Durchflußzeit bei Niedrigwasser hätte 31 h, bei Mittelwasser 5½ h betragen; außerdem hatte man, um eine innige Mischung von Lenne- und Ruhrwasser zu erreichen, besondere Vorrichtungen geplant. Die Wassergeschwindigkeit in diesem Becken wäre bei Mittelwasser 24 cm/s, bei Niedrigwasser 4,3 cm/s gewesen, u. zw. in der Nähe der sog. Funkenburg. Vor dem Wehr wäre diese Geschwindigkeit auf 10 bzw. 2,1 cm/s herabgesetzt worden. Um die Kosten für diese Anlage, die allein nicht wirtschaftlich gewesen wäre, erträglich zu machen, war vorgesehen, am Wehr eine Kraftanlage einzubauen, die eine Jahresarbeit von 12 Mill kWh ergab. Dieser Plan, der während der Inflationszeit aufgestellt wurde, konnte jedoch nach der Rückkehr zur Goldrechnung nicht mehr durchgeführt werden, da die Wasserkraftanlage bei dem niedrigen Gefälle, das hier zur Verfügung gestanden hätte, nicht wirtschaftlich gewesen wäre und die Mehrkosten, die durch den Einbau der Zentrale erwachsen wären, kaum gedeckt hätte. Im Jahre 1923 wurde daher ein zweiter Plan aufgestellt, der sich vom ersten in der Hauptsache dadurch unterscheidet, daß das Krafthaus etwa 1,2 km stromab verlegt worden ist, wobei das Wehr an der ursprünglich vorgesehenen Stelle liegen geblieben wäre und die Verbindung zwischen Wehr und Krafthaus durch einen Obergraben hergestellt werden sollte. Durch das nunmehr zur Verfügung stehende größere Gefälle wäre der Kraftgewinn fast auf das Doppelte angewachsen, während die Baukosten nur um etwa 30 % angewachsen wären. Dieser neue Plan, der gegenüber dem ersten Projekt wesentliche Vorteile aufzuweisen hatte, kam nicht zur Ausführung, da die Stadt Hagen den Ausbau einer Einheitstufe bei Herdecke nicht wünschte und den Ausbau in zwei Stufen bei Hengstey und Herdecke beschloß. Dadurch traten zwar wesentliche Mehrkosten ein, die jedoch letzten Endes vom Ruhrverband übernommen werden konnten, weil auf Grund von Verhandlungen mit den als Stromabnehmer in Betracht kommenden Elektrizitätswerken der Bau einer Pumpenspeicheranlage in Hengstey ermöglicht wurde. Durch diese Pumpenspeicheranlage ist es möglich, aus Abfallstrom hochwertigen Spitzenstrom zu gewinnen, der zu einem wesentlich höheren Preis abgesetzt werden kann. Somit wird durch den Bau der Niederdruckanlage Hengstey und der Pumpenspeicheranlage ermöglicht, eine Kläranlage zu schaffen, die allen Anforderungen gewachsen ist. Dabei soll im vorliegenen Fall der Abfallstrom aus Werken des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes bezogen werden. Das Prinzip derartiger Pumpenspeicheranlagen ist allgemein bekannt[1].

Das endgültige dritte Projekt (s. Abb. 1), das nunmehr zur Ausführung kommt, sieht außer der Flußkläranlage mit Kraftwerk ein Speicherbecken vor von 1,2 Mill m³ Inhalt am sog. Kleff auf den Höhen des Ardey-Gebirges. Von dieser Speicheranlage (s. Abb. 2) führt ein Stollen und eine Druckrohrleitung, bestehend aus vier Rohren von je 3 m Dmr. zum Krafthaus. Die größte Betriebswassermenge beträgt 22 m³/s; die größte Wassergeschwindigkeit wird etwa 6 m betragen. Der in dieser Anlage erzeugte Spitzenstrom wird durch die Leitungen des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes dem Versorgungsgebiet zugeführt. Geplant ist, daß während 14 Nachtstunden 24 m³/s in das etwa 160 m höher gelegene Speicherbecken aus dem Staubecken der unteren Anlage hochgepumpt werden; während der 6 ... 10 Tagestunden soll der Spitzenstrom erzeugt werden, wobei bis zu 56 m³/s in die Ruhr zurückgeleitet werden. — Durch das Staubecken der unteren Anlage ist es möglich, einen Ausgleich der abfließenden Wassermengen zu schaffen, so daß für die Unterlieger keine Störungen eintreten, was bei der Größe des unteren Beckens mit Sicherheit zu erreichen ist, insbesondere da dieses Becken gegenüber dem ersten Entwurf von 1922 vergrößert wurde durch Überstauen des Ruhrvorlandes zwischen Wehr und Lennemündung. Durch diese Vergrößerung wird erreicht, daß die größte Geschwindigkeit in der Flußkläranlage 20 cm/s nicht überschreitet. Die Durchflußzeit bei mittlerem Niedrigwasser beträgt nunmehr 26 h, so daß damit zu rechnen ist, daß die Klärwirkung eine vollständige ist.

Die Wehranlage beim Dorf Hengstey ist als Walzenwehr ausgebildet mit einem anschließenden etwa 300 m langen Damm. Es sind vier Walzenwehre von je 30 m l. W. bei einem Walzendurchmesser von 4,50 m vorgesehen. Davon sind in den zwei linken Öffnungen die Verschlüsse als Versenkwalzen mit einer Absenkhöhe von 1,80 m ausgebildet; die beiden rechten Walzen sind normale Walzen, die nur gehoben werden können. Es kann durch die vier Öffnungen die maximale Hochwassermenge der Ruhr mit 2450 m³/s abgeführt werden. Unterhalb der Walzen ist auf 40 m Länge ein Tosbecken angeordnet aus Beton mit einbetonierten Blöcken. Für die Ausbildung dieses Tosbeckens wurden Modellversuche durchgeführt. Der Abschlußdamm bildet die Verbindung mit dem Kraftwerk und hat, wie bereits erwähnt, eine Länge von 300 m mit Böschungen von 1 : 2,5 bei einer Kronenbreite von 15 m.

Zur Entschlammung der Flußkläranlage ist vorgesehen, daß der sich ablagernde Eisenschlamm durch einen Saugbagger entfernt wird. Für das Laufwerk am Wehr können folgende Angaben gemacht werden:

Gefälle bei Mittelwasser	$H = 4{,}5$ m
Wassermenge	$Q = 30$ m³/s
Leistung	$N = 1400$ PS
Umdrehungen	$n = 125$/min

Es sind zwei Kaplan- und eine einfache Propellerturbine eingebaut. Das Schalthaus ist auf den Unterbau der langen Saugschläuche gesetzt. Die Anordnung der Turbinen, die von Escher Wyß & Co., Ravensburg, geliefert sind, ist so getroffen, daß die einfache Propellerturbine in der Mitte und zu beiden Seiten die Kaplanturbinen stehen; der Achsabstand ist gleichmäßig 9,3 m. Die Betätigung der Leitschaufeln erfolgt hydraulisch durch Öldruck. Jede Turbine ist mit einem Schirmgenerator gekuppelt, die von der Siemens-Schuckertwerke A. G., Berlin, geliefert sind. Jeder der drei Schirmgeneratoren hat eine Leistung von 1400 kVA bei einem cos φ von 0,7. Die Maschinenspannung beträgt 10 000 V. Die drei Generatoren arbeiten parallel auf ein doppeltes Sammelschienensystem.

Für das Speicherkraftwerk sind in dem Krafthaus, das am Ufer des unteren Sees errichtet wird, vier Maschinensätze mit horizontaler Welle vorgesehen. Jeder Satz besteht aus Turbine, Pumpe und Motorgenerator. Je eine Turbine und eine Pumpe sind an dieselbe Druckrohrleitung angeschlossen. Das mittlere Nutzgefälle beträgt 154 m, wobei die Turbinen je 22 m³/s schlucken bei einer Leistung von 37 500 PS. Die Drehstromgeneratoren haben eine Leistung von 35 000 kVA; als Motoren leisten sie 46 000 PS. Die Schaltanlagen bestehen aus einer geschlossenen 10 kV- und einer offenen 100 kV-Anlage.

Das Speicherbecken besteht aus einer rd. 1400 m langen Betonmauer, deren Höhe zwischen 5 und 30 m wechselt. Mit den Bauarbeiten für das Speicherkraftwerk ist seit einigen Monaten begonnen. Das zweite Laufwerk bei Herdecke wird zur Zeit noch projektiert. (S. Spetzler, Wasserkr. u. Wasserwirtsch. 1928, S. 327.) *Wch.*

Spannungsregelung bei der Detroit Edison Company. — Die Verantwortung für einwandfreie Spannung des Detroit-Edison-Elektrizitätswerkes (Spitze von 448 000 kW im Jahre 1927 bei einer Abgabe von über 2 Mrd kWh) von den Sammelschienen bis zur letzten Brennstelle liegt in den Händen eines Ingenieurs; Belastungschwankungen dürfen keine Spannungschwankun-

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 924.

gen hervorrufen. Trotz starker oder leichter Belastung der Kraftwerke wird Über- oder Unterspannung vermieden. Die Spannungen in den Kraftwerken werden mit der einen Ausnahme der Verteilung der Blindströme auf die Werke über die 24 h des Tages konstant gehalten. Die Generatorspannungen werden also nicht, den Belastungen des Netzes entsprechend, geregelt. Die Spannungen in den einzelnen Netzteilen werden durch Anzapftransformatoren in den Netzstationen bzw. durch Synchronmotoren, die an den Enden langer Übertragungsleitungen liegen, geregelt. Ausdrücklich sei bemerkt, daß die Synchronmotoren mehr der Spannungsregelung als der Regelung des Leistungsfaktors dienen. Die Synchronmotoren werden nicht den eingetragenen Belastungen sondern den Spannungen an den in Frage kommenden Punkten entsprechend von einem Beamten der Transformatorenstation geregelt. Der Beamte erhöht oder erniedrigt die Belastung des Synchronmotors oder schaltet die Einheit sogar völlig aus, je nach dem Spannungszustand.

Die Netzspannung wird durch registrierende Instrumente und periodisches Prüfen kontrolliert. Die Sammelschienen-Spannungen der Kraftwerke werden jede halbe Stunde gemessen. Die Sammelschienenspannungen der großen Schaltstationen werden genau beobachtet, und jede Abweichung von der Normalspannung wird sofort dem verantwortlichen Betriebsmann berichtet. In Schaltstationen mit Wärtern wird ein Satz Spannungs- und Belastungsmessungen an drei Tagen jeder Woche genommen, morgens früh um 10^h und abends während der Spitze. Diese regelmäßigen Spannungskontrollen werden durch registrierende Voltmeter in selbsttätigen Schaltstationen ergänzt.

Die Aufgabe des Betriebsmannes ist es, diejenigen Transformatorenanzapfungen zu bestimmen, welche in den Schaltstationen für die Regeltransformatoren in Frage kommen, und die Anzapfungsänderungen bei verschiedenen Belastungsbedingungen anzugeben. Die Normalanzapfungen liegen in Schritten von 2½ ... 10 % über oder unter Normalspannungen. Die Spannung der Übertragungsleitungen wird so konstant wie möglich gehalten. Die Regelung der Verteilungspannung wird durch Induktionsregler für Einzelleitungen oder an Transformatoren-Speiseleitungen vorgenommen. Diese Regler sollen für alle Spannungschwankungen ausreichen. Es wird also kein Versuch gemacht, die Spannungsänderungen durch Regelung der Übertragungspannung vorzunehmen. (P. C. Hubbard, El. World Bd. 91, S. 410.)
A. G. A.

Elektromaschinenbau.

Neunphasen-Einankerumformer. — Die Stromwärmeverluste und die MMK-Pulsationen einer Einankerumformer-Ankerwicklung nehmen bekanntlich mit steigender Phasenzahl ab. Badham vergleicht im J. Inst. El. Engs. den 6-, 9- und 12phasigen Einankerumformer miteinander und weist auf die günstigen Stromwendebedingungen des Neunphasenumformers hin. Die Vergleichszahlen sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

Die Ausnutzung der Umformer steigt bei gleichen Stromwärmeverlusten des Ankers mit wachsender Phasenzahl. Ferner verkleinert sich der Unterschied der erzeugten Stromwärme in den einzelnen Ankerleitern. In der Zahlentafel ist das Verhältnis des Höchstverlustes im Stabe am Phasenende (Schleifringanschluß) zum mittleren Verlust bei $\cos \varphi = 1$ angegeben.

Zahlentafel 1.

Phasenzahl	6	9	12
Ausnutzung %	100	120	129
max./mittl. Stromwärme im Stab	1,57	1,29	1,18
MMK-Schwankung a) bez. auf resultierende MMK %	62,8	6,6	14,9
b) bez. auf Gleichstrom-MMK in der Neutralen %	11,9	1,25	2,82

Für die Stromwendung ist das Feld in der Wendezone von Bedeutung, das von der Differenz-MMK des in der Ankerwicklung entgegengerichteten Gleich- und Wechselstromes hervorgerufen wird. Der Verfasser analysiert rechnerisch und zeichnerisch die Wechselstrom-MMK-Kurve, die im Neunphasen-Umformer die kleinsten Schwankungen in der Stromwendezone aufweist. Die Untersuchung bezieht sich einmal auf eine gleichförmig verteilte Zweischichtenwicklung mit unverkürztem Wicklungschritt (s. Tafelwerte), zum anderen wird die Nutung und Schrittverkürzung berücksichtigt.

Die durch Zahnpulsationen hervorgerufenen Schwankungen der Gleichspannung werden vermindert, wenn man eine durch die Polzahl $2p$ nicht teilbare Nutzahl N ausführt. Da für symmetrische Wicklungen N durch $m \cdot a$ teilbar sein muß, erhält man für Schleifenwicklungen $(p = a)$ die Forderung $\frac{N}{m\,p}$ = ungerade Zahl, die nur bei einer ungeraden Phasenzahl wie $m = 9$ erfüllt wird. Wegen der geringen Abweichung der Wechselstrom-MMK-Kurve von der Sinusform sind die Spannungschwankungen beim Neunphasen-Umformer auch bei Nichtübereinstimmung der Wellenform von Netz- und induzierter Spannung am kleinsten.

Das Anlassen des Neunphasen-Umformers geschieht wechselstromseitig über 3 Phasen mit Anwurfmotor. Die Spannung kann wie bei einem Sechsphasen-Umformer geregelt werden. Zu beachten ist, daß die Drosselspulen oder Drehtransformatoren beim Einbau zwischen Transformator und Umformer neunphasig ausgeführt sein müssen, was für den Drehtransformator eine wesentliche Komplizierung und Verteuerung bedeutet. Die neunphasige Ausführung könnte umgangen werden, wenn die Regelorgane dreiphasig zwischen Netz und Transformator geschaltet würden. Das ergäbe aber bei großer Regelung einen teueren Transformator.

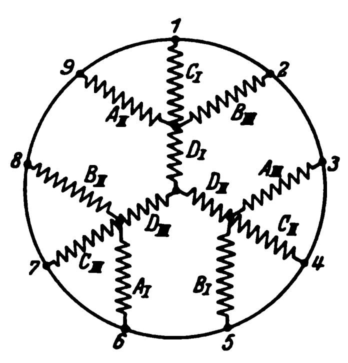


Abb. 3. Schaltung des Neunphasen-Transformators.

Für den Transformator gibt der Verfasser als günstigste Schaltung die in Abb. 3 dargestellte an, die gegenüber dem Sechsphasen-Transformator nur 3 % mehr Kupfer erfordert. Die Spannungen und Effektivströme der einzelnen Transformatorwicklungen, bezogen auf die Gleichspannung E_g und den Gleichstrom I_g sind in der Zahlentafel 2 aufgeführt.

Zahlentafel 2.

Wicklung	A	B	C	D
Spannung: E_g	0,262	0,262	0,214	0,140
Strom: I_g	0,314	0,314	0,314	0,796

Wenn auch die günstigen Kommutierungs- und Erwärmungsverhältnisse des Neunphasen-Einankerumformers unverkennbar sind, so dürfte doch nach Meinung des Berichters die mögliche Leistungsteigerung nicht die entstehenden Mehrkosten für Umformer und Transformatoren und die Einschränkung in der Spannungsregelung aufwiegen. Außerdem stehen die Transformator-Teilspannungen in keinem kleinen ganzzahligen Verhältnis zueinander (28 : 28 : 23 : 15 würde sehr nahe kommen, 4 : 4 : 3 : 2 gäbe schon merkliche Abweichungen), so daß Schwierigkeiten in der Wicklungsaufführung auftreten würden. Die Bedeutung, die Badham dem Neunphasen-Umformer „für hohe Spannungen" beimißt, ist inzwischen durch die schnelle Entwicklung des Großgleichrichters erheblich abgeschwächt worden. (Badham, J. Inst. El. Engs. London Bd. 66, S. 1163.) *Zrn.*

Ersatzschaltungen für Spartransformatoren und sekundär angezapfte Transformatoren. — MacLeod gibt eine Anwendung der von A. Boyajian[1] entwickelten Theorie auf angezapfte Transformatoren, die natürlich einen etwas verwickelteren Ersatzstromkreis erfordern. Zu allererst wird die Vereinfachung eingeführt, den Magnetisierungstrom und den Leerlaufverlust zu vernachlässigen, da das nicht nur den üblichen Voraussetzungen entspräche, sondern tatsächlich die Endergebnisse nur unwesentlich beeinflusse. Die Gleichungen, die aus den meßbaren scheinbaren Widerständen Z_1, Z_2, K_1, K_2 die Bestimmungstücke des vollständigen Ersatzstromkreises zu errechnen gestatten, vereinfachen sich für $Z_1 = \infty$,

[1] A. Boyajian, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 110; Referat ETZ 1929, S. 1372.

$Z_2 = \infty$, d. h. für vernachlässigbar kleine Leerlaufströme auf

$$\left(\frac{1}{X_a}\right)^2 = \frac{1}{K_1}\,\frac{1}{K_2}$$

und

$$\frac{1}{X_b} = \frac{1}{K_2} - \frac{1}{X_a}, \qquad \frac{1}{X_c} = \frac{1}{K_1} - \frac{1}{X_a},$$

da in diesem Falle nur der Ersatz mit einem in Dreieck geschalteten Stromkreis in Frage kommen kann, weil die Sternschaltung zu unendlich großen Gebilden führen würde (Abb. 4).

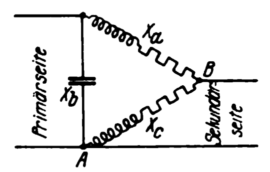


Abb. 4. Ersatzstromkreis für Transformatoren bei Vernachlässigung der Leerlaufströme.

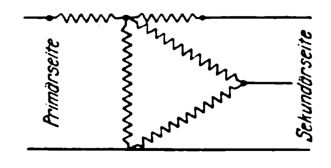


Abb. 5. Ersatzstromkreis für Transformatoren mit Übersetzung 1:1 und Anzapfungen auf der Sekundärseite.

Man kann mit Vorteil die Windungsübersetzung m in die Rechnung einführen. Setzt man voraus, daß m stets > 1 ist, daß also die Unterspannung als die primäre angesehen wird, so kann bekanntlich, wenn die Kurzschlußspannung e_k % beträgt,

$$K_1 = \frac{e_k}{100}\,\frac{E}{I} = e_k\,\frac{E^2}{N} \cdot 10^{-5} = Z\,e_k$$

gesetzt werden, wo nun 100 Z der dem vollbelasteten Transformator entsprechende, auf die Primärspannung bezogene scheinbare sekundäre Belastungswiderstand ist.

Wie leicht zu erkennen, ist

$$K_2 = m^2 K_1 = m^2 Z\,e_k$$

und daraus

$$X_a = m\,Z\,e_k$$

und

$$X_b = -Z\,e_k\,\frac{m^2}{m-1}, \qquad X_c = Z\,e_k\,\frac{m}{m-1},$$

wo nun X_a und X_c scheinbare induktive Widerstände mit positiven Ohmschen Anteilen sind, X_b dagegen wegen seines negativen Vorzeichens aus einem Kondensatorwiderstand und aus einem negativen Ohmschen Widerstand zusammengesetzt gedacht werden muß.

Dieser Stromkreis hat tatsächlich einen unendlichen Widerstand für Spannungen, die zwischen AB, BC, CA wirken, weil

$$Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{X_b} + \frac{1}{X_a + X_c}} = \infty$$

$$Z_2 = \frac{1}{\frac{1}{X_c} + \frac{1}{X_b + X_a}} = \infty,$$

$$Z_3 = \frac{1}{\frac{1}{X_a} + \frac{1}{X_c + X_b}} = \infty,$$

d. h. der Ersatzstromkreis ist ein genau abgeglichener dämpfungsloser Resonanzkreis, weshalb auch in seiner Aufstellung die physikalisch unmöglichen negativen Widerstände erforderlich sind.

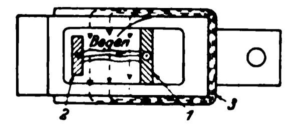
Die Untersuchung wird auf einen angezapften Transformator erweitert, oder da, um einen zusammenhängenden Stromkreis zu erhalten, nur vier Klemmen vorhanden sind, auch auf einen entsprechend verbundenen Dreiwicklungstransformator (Abb. 5). Trotzdem diese Untersuchung einen vereinfachten Stromkreis voraussetzt, in dem die höchste Sekundärspannung gleich der Primärspannung gewählt wird, sind die Gleichungen zur Bestimmung der Stücke des Ersatzstromkreises reichlich verwickelt, und man erkennt weder hier noch in einigen anderen vom Autor behandelten Sonderfällen einen praktischen Erfolg der vorgeschlagenen neuen Methode. Man gewinnt den Eindruck, daß die Verwendung der vollständigen Ersatzstromkreise für Transformatoren, die also auch transformatorische Eigenschaften haben, nur selten Vorteil bietet und daß man nach wie vor zur Berechnung der Strom- und Spannungsverteilung in durch Transformatoren gekuppelten Leitungsnetzen zuerst alle Größen auf die Spannung des einen Netzes, etwa des primären, zurückführen wird, indem man alle scheinbaren Widerstände mit dem Quadrat der Übersetzung multipliziert und dann die Transformatoren durch einfache scheinbare Widerstände ohne transformatorische Eigenschaften, die im Leitungsstrang in Serie geschaltet werden, ersetzt.

Die Behandlung der Theorie wird in den Arbeiten von Mac Leod und Boyajian durch die unzweckmäßige Bezeichnung, die auch oft geändert wird, nicht unwesentlich getrübt und das Verständnis durch das Vorausschicken von Zahlenbeispielen eher erschwert als erleichtert. Es mutet auch sonderbar an, daß, wie in vielen amerikanischen Abhandlungen, dem Autotransformator eine ihm durch die Theorie und durch die Praxis nicht gerechtfertigte Sonderbehandlung zuteil wird. (M a c L e o d, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 120.) *Zel.*

Neue Großturbinen für Paris. — Im Werk St. Denis der Pariser Elektrizitätswerke, der Société d'Electricité de Paris, wird z. Zt. ein neuer Großkraft-Turbosatz aufgestellt, der bei 3000 U/min eine Leistung von 50 000 kW bei $\cos\varphi = 0{,}8$, d. h. 62 500 kVA abgibt. Die dreigehäusige Alsthom-Belfort-Turbine arbeitet mit Dampf von 55 atü bei 465° Eintrittstemperatur. Dieser Maschinensatz gehört zu den größten mit dieser Drehzahl laufenden Einheiten des Kontinents. *fi*

Apparate.

Der Deïon-Schalter für Motoren. — In unserem ersten Bericht über den Deïon-Schalter[1] war erwähnt worden, daß das Prinzip dieses Schalters auch für Niederspannung bereits praktische Anwendung gefunden habe. Ein speziell für Motoren bestimmter Selbstschalter mit Bogenlöschung nach dem Deïon-Prinzip wird von B a k e r und E l l i s beschrieben. Dieser Schalter ist für Spannungen von 440 ... 600 V bestimmt und unterscheidet sich von der Hochspannungstype dadurch, daß kein Fremdmagnetfeld nötig ist, um den Bogen in den Plattensatz zu treiben, und daß der Bogen nicht rotiert; die Platten sind infolgedessen nicht kreisförmig sondern rechteckig geformt (Abb. 7). Abb. 6 zeigt schematische Schnitte des Schalters. Der Bogen bildet sich in der Kammer zwischen dem festen Kontakt *1* und dem beweglichen Kontakt *2*. Der durch Kontakte und Bogen fließende Strom besitzt ein durch Punkte und Kreuze in kleinen Kreisen am Bogen angedeutetes Magnetfeld und erzeugt ein Feld in dem U-förmigen Eisenjoch *3*, angedeutet durch Punkte und Kreuze bzw. gestrichelte Linien. Es liegt also gewissermaßen ein Blasfeld mit einer Windung vor, das den Bogen mit mäßiger Geschwindigkeit zwischen die Platten *4* treibt. Die Platten bestehen aus Kupfer und sind, wie bei dem Hochvoltschalter, 1,6 mm dick; Abb. 7 zeigt die Seitenansicht einer Platte. Bei stärkeren Strömen ist der Bogen vorm ersten Nulldurchgang bereits in den Plattensatz getrieben und erlischt dort; bei schwachen Strömen ist die Bewegung des Bogens durch das Magnetfeld zu langsam, er hat beim ersten Nulldurchgang das Innere des Plattensatzes noch nicht erreicht, kann aber schon allein durch die Löschwirkung des engen Schlitzes unten an den Platten auslöschen. Nur bei sehr schwachen Strömen wird mehrmals Rückzündung auftreten. Das Oszillogramm einer Abschaltung zeigt Abb. 8; der Bogen



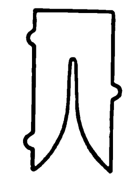


Abb. 7. Platte der Entionisierungskammer.

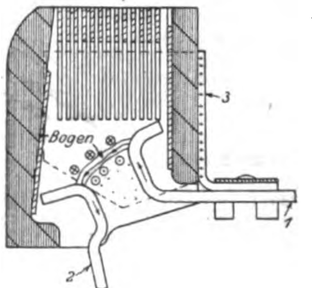


Abb. 6. Deïon-Motorschalter.

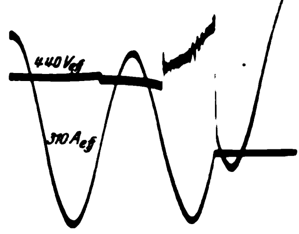


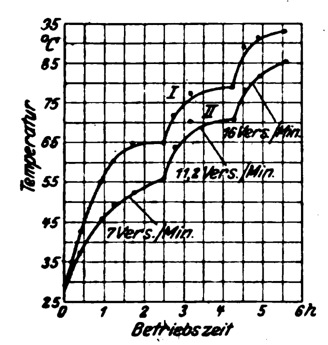
Abb. 8. Abschalt-Oszillogramm.

[1] ETZ 1929, S. 686.



erlischt hier erst nach 3 Halbwellen, die Bogenspannung bleibt jedoch niedrig und verhältnismäßig regelmäßig.

Versuche wurden bei 450 ... 615 V mit Strömen bis zu 2500 A vorgenommen und ergaben sehr befriedigende Resultate. Den Verlauf der Erwärmung des Schalters bei starker Beanspruchung zeigt Abb. 9. Die Temperaturen



I Temperatur im Gehäuse
II Temperatur direkt über dem Schalter

Abb. 9. Temperaturen eines Schalters (für 40 PS-Motor) bei hoher Beanspruchung durch Aus-Ein-Aus-Schalten.

bleiben in mäßigen Grenzen, und die Lebensdauer des Plattensatzes ist allgemein höher anzusetzen als die der übrigen Teile des Schalters. Als besondere Vorzüge rühmen die Verfasser den geringen Platzbedarf bei hoher Belastbarkeit, die große Betriebsicherheit auch bei starken Überlastungen und das Fehlen großer Schaltflammen. Der Deïon-Niederspannungsschalter ist bereits seit etwa 2½ Jahren gebaut und in zahlreichen Betrieben erprobt worden; auch in dieser praktischen Prüfungszeit hat sich der Schalter bewährt. (B. P. Baker und D. Ellis, The Electric Journ. Bd. 26, S. 337.) *Wi.*

Beleuchtung.

Osram-Opal-Soffitten-Lampen. — Die neuzeitliche Raumkunst bevorzugt Leuchtgeräte in möglichst einfacher und klarer Linienführung. Dieser Stilrichtung entspricht die schlanke, geradlinige Form der Soffitten-Lampe, die infolge der geradlinig langgestreckten Anordnung des Leuchtdrahtes über eine sehr gleichmäßige Lichtverteilung verfügt. Wenn aber die Lampe als sichtbare Lichtquelle verwendet wird, darf sie nicht blenden. Deshalb stellt die Osram-Gesellschaft jetzt Soffittenlampen mit Opalglaskolben her, die hinsichtlich lichtstreuender Wirkung, Farbe des Lichtes und weicher Schattenbildung den überall schon bekannten und benutzten Osram-Opal-Lampen gewöhnlicher Form gleichkommen. Die neue Lampe wird für Leistungsaufnahmen von 40 und 60 W in zwei Ausführungsformen angefertigt. Die eine hat beiderseitige Metallkappen wie die bisher gebräuchlichen Soffittenlampen, während die andere mit einem normalen Edison-Sockel zum Einschrauben in die allgemein gebräuchliche Fassung ausgerüstet ist. Diese neue Form, die hier abgebildet ist (Abb. 10), verdient besondere Beachtung. Sie darf zwar aus technischen Gründen nur in senkrechter Stellung verwendet werden, aber diese Verwendungsart ergibt sich ohnehin aus ihrer schlanken Kerzenform. Technische Bedingung und ästhetische Forderung haben hier das gleiche Ziel. *fi.*

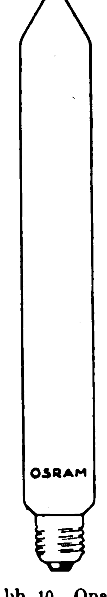
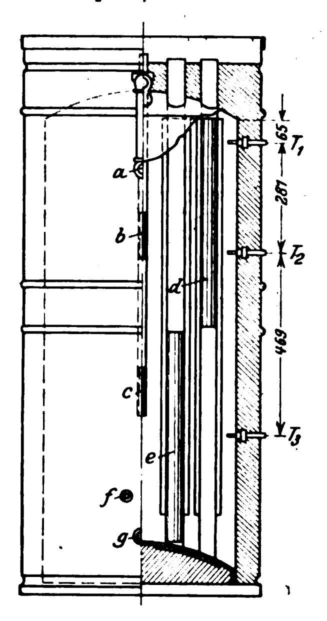


Abb. 10. Opal-Soffitten-Lampe.

Heizung. Öfen.

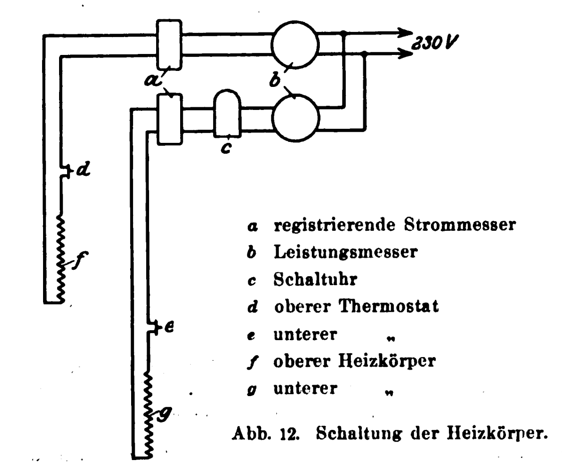
Erzielung einer möglichst gleichbleibenden Temperatur bei Warmwasserspeichern. — Wenn man Warmwasserspeicher mit Nachtstrom betreibt, kann es vorkommen, daß die Wassertemperatur je nach der Wasserentnahme starken Schwankungen unterworfen ist. Man kann in solchen Fällen einen Hilfspeicher aufstellen, der im Bedarfsfalle mit Tagstrom betrieben werden kann, oder man macht den Warmwasserspeicher von vornherein so groß, daß er für die höchste in Frage kommende Wasserentnahme ausreicht. Der Hilfsammler bedeutet aber eine zusätzliche Geldausgabe, und die Vergrößerung des Wasserspeichers hat nicht nur eine Erhöhung des Anlagekapitals sondern auch Erhöhung der Betriebskosten zur Folge, da der größere Behälter auch höhere Verluste verursacht.

L. A. Williams beschreibt nun die Ausführung eines Warmwasserspeichers von 270 l für 1,5 kW mit zwei Heizkörpern, von denen der eine (1 kW) mit seinem Thermostaten durch eine Schaltuhr betätigt wird, die auf die Zeit von 7 h abends bis 7 h früh eingestellt ist; der andere Heizkörper (0,5 kW) mit seinem Thermostaten ist ohne Schaltuhr an die Leitung angeschlossen (Abb. 11 u. 12). Abb. 13 zeigt das Ergebnis einer Wochenaufnahme. Die Kurven T_1, T_2 und T_3 stellen den Verlauf der Temperatur an den in Abb. 1 mit T_1, T_2 und T_3 bezeichneten Stellen dar. Aus dem Verlauf der Wassertemperatur T_1 oben am Behälter ist ersichtlich, daß der Thermostat *b* abschaltet, wenn die Temperatur bis 65° gestiegen ist; die Einschaltung erfolgt, wenn die Temperatur auf 57° gesunken ist. Vermöge der Lage des Heizkörpers *d* und seines Thermostaten braucht nur eine verhältnismäßig kleine Wassermenge um wenige Grade erwärmt zu werden, so daß eine rasche Regelung möglich ist. Des Morgens ist die Temperatur annähernd 65°; sie fällt dann während des Tages infolge der Wasserentnahme etwas, aber nur einmal (Mittwoch 10 h abends) unter 48°. Der



a Wasserauslaß
b oberer Thermostat
c unterer „
d oberer Heizkörper
e unterer „
f Wassereintritt
g Entwässerungsöffnung
T_1, T_2, T_3 Thermometer

Abb. 11. Warmwasserspeicher mit 2 Heizkörpern.



a registrierende Strommesser
b Leistungsmesser
c Schaltuhr
d oberer Thermostat
e unterer „
f oberer Heizkörper
g unterer „

Abb. 12. Schaltung der Heizkörper.

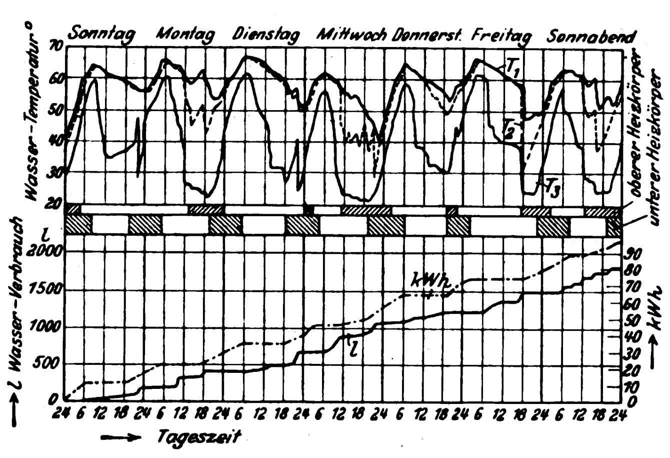


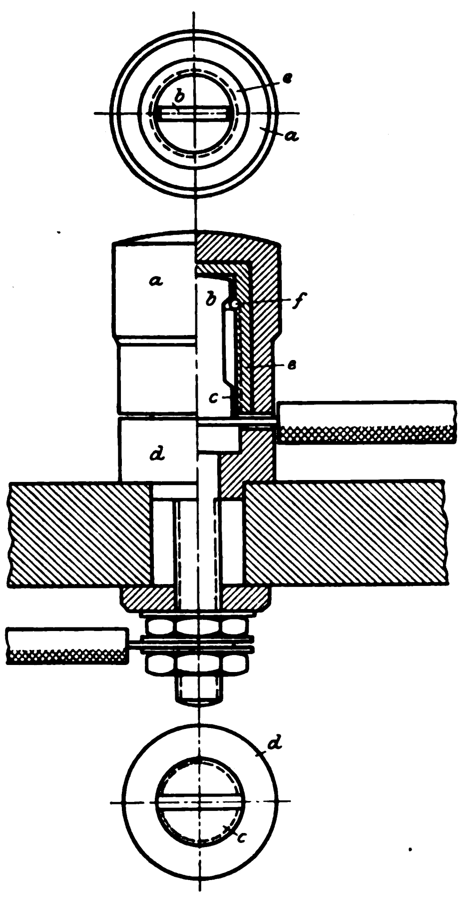


Abb. 13. Betriebskurven während einer Woche (die schraffierten Flächen stellen die Zeit dar, während der die Heizkörper eingeschaltet waren).

Grund hierfür ist die Entnahme von rd. 360 l, welche die Normalleistung um 90 l übersteigt. Der Versuch hat ergeben, daß es bei diesem Verfahren möglich ist, reichlich Wasser zu entnehmen und trotzdem als Betriebstrom vorwiegend Nachtstrom zu verwenden. 86 kWh wurden im Laufe der Woche zwischen 7 h abends und 7 h morgens verbraucht und nur 11 kWh während der Tageszeit zwischen 7 h morgens und 7 h abends. (L. A. Williams, El. World Bd. 92, S. 215.) *Ka.*

Installation.

Schlitz-Anschlußklemme. — Die von der Firma H. Friedrich, Jena, entwickelte Schlitz-Anschlußklemme (DRGM. und DRP. angem.) wird durch Abb. 14 veranschaulicht. In der mit dem Isoliermantel *a* versehenen Mutter *e* ist der Druckteil *b* durch einen Sprengring *f* frei gelagert und wird im Schlitz des Klemmenkopfes *c* geführt. Dieser



oben: Aufsicht auf die Mantelmutter von unten
unten: Aufsicht auf den geschlitzten Klemmenbolzen

Abb. 14. Schlitz-Anschlußklemme.

Klemmenkopf trägt eine Isolierkappe *d*, durch welche er vor zufälliger Berührung geschützt ist. Durch einfaches Drehen der Mantelmutter wird der anzuschließende Leiter geklemmt oder gelöst. Ein Kanten des Druckstückes ist ausgeschlossen, weil es in der ganzen Breite des Klemmenkopfes geführt wird. Beim Festklemmen wird dadurch der Druck gut in axialer Richtung auf den Leiter übertragen, wodurch ein sicherer Kontaktdruck, also ein geringer Übergangswiderstand, gewährleistet wird. Eine Beanspruchung des anzuschließenden Leiters auf Abscherung bzw. ein Verquetschen oder Verdrehen desselben, wie bei manchen bisher bekannten Anschlußklemmen, findet nicht statt. Auch ist es möglich, mehr als einen Leiter zugleich in einer Klemme anzuschließen, so daß dieselbe als Verteilungsklemme dienen kann. An Apparaten, die Erschütterungen ausgesetzt sind, kann die Schlitz-Anschlußklemme ebenfalls Verwendung finden, da durch feingängiges Gewinde Lockerungen vermieden werden. Die Klemme wird in zwei Ausführungen zum Ansetzen auf Isolierplatten und auf Metallplatten geliefert. Der am unteren Isolierteil *d* angepreßte Ansatz zentriert gleichzeitig den Durchführungsbolzen, wodurch isolierende Zwischenringe überflüssig sind. Die Isolierpreßteile sind aus hochwertigem Bakelitmaterial hergestellt, welches die Verwendung der Klemmen in der Wärme bis 200 ° zuläßt. *fi*

Bahnen und Fahrzeuge.

Elektrisierung der Vorortstrecke Moskau—Mytischtschi[1]. — Die Elektrisierung der nördlichen Vorortstrecke Moskaus macht so günstige Fortschritte, daß die elektrische Zugförderung am 1. Oktober d. J. einsetzen soll. Probefahrten auf der 18 km langen Strecke sind bereits vorgenommen und sollen zur Zufriedenheit ausgefallen sein. Die Wagen sind mit je 108 Sitzplätzen ausgestattet und fassen einschließlich der Stehplätze 150 ... 160 Personen. Für Beleuchtung ist durch 20 Lampen, für Lüftung durch 7 Ventilatoren gesorgt. Die Fahrgeschwindigkeit soll 80 bis 85 km/h betragen. (Zt. V. Dt. Eisenb.-Verw. Bd. 69, S. 897.)

25 Jahre Stubaithalbahn. — Die Stubaithalbahn ist am 1. August 1904, also vor 25 Jahren, eröffnet worden. Neben der nationalen und volkswirtschaftlichen Bedeutung und bautechnisch interessanten Anlage der Bahn gelangte diese Anlage hauptsächlich wegen des verwendeten Systems zur internationalen Bedeutung. Hier wurde erstmals Wechselstrom von 2500 V Fahrdrahtspannung und 42 Hz zum Betrieb der Kommutator-Bahnmotoren verwendet. Vier Triebwagen stehen seit 25 Jahren in Betrieb, und die Motoren sind erst jetzt, insbesondere aus Anlaß der Erhöhung der Periodenzahl auf 50, durch neue leistungsfähigere Einheiten ersetzt worden. Der Personenverkehr stieg von etwa 100 000 beförderten Personen in den ersten Betriebsjahren auf 243 000 im Jahre 1928, nachdem vorübergehend bis fast 360 000 jährlich befördert wurden. Die jährliche tonnenkilometrische Leistung steigerte sich in den verflossenen 25 Betriebsjahren von rd. 0,5 Mill auf 2,52 Mill tkm im Jahre 1928. Es ist bemerkenswert, daß diese Ergebnisse mit dem seit 25 Jahren unverändert gebliebenen Fahrpark erzielt werden konnten.

Obwohl es sich hier um 50periodigen Wechselstrom handelt, eine Stromart, die bei Bahnen bekanntlich wegen der Konstruktionsschwierigkeiten der Triebmotoren keine nennenswerte Wiederverwendung gefunden hat, konnten mit den Einrichtungen Verkehrsleistungen erzielt werden, die die strengsten Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit befriedigen können. Die Entwicklung des Verkehrs der Stubaithalbahn erscheint nun damit noch lange nicht erschöpft oder abgeschlossen. Im Kampf mit dem Autobus werden ihre zugkräftigen Motoren die Fahrzeit kürzen und noch größere Leistungen vollbringen können. *Sf.*

Elektrisierung der Italienischen Staatsbahnen. — Auf der 450 km langen Linie Modane—Livorno ist die elektrische Zugförderung aufgenommen worden. (Schweiz. Bauzg. Bd. 94, S. 85.)

Betriebsergebnisse amerikanischer Umformerlokomotiven. — Besonders bemerkenswerte Ergebnisse hat die Great Northern Railway auf der Bergstrecke über das

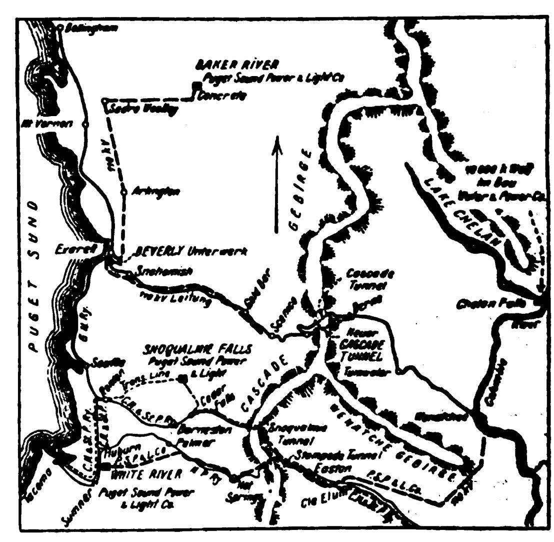


Abb. 15. Lageplan.

Kaskadengebirge, im äußersten Nordwesten der Vereinigten Staaten, mit Umformerlokomotiven erzielt. Von der Strecke Seattle—Wenatchee (Abb. 15) wurde Anfang 1927 zunächst auf dem 40 km langen Abschnitt Skykomish—

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1051 u. 1445.

Cascade, welcher die stärksten Steigungen enthält (Abb. 16), elektrischer Betrieb eingeführt; nach Fertigstellung des seiner Vollendung nahen neuen Tunnels Scenic—Berne soll dieser bis Wenatchee ausgedehnt werden.

Im Dampfbetriebe wurden normal täglich 2 ... 4, ostwärts vollbeladene Güterzüge von 2260 t durch je 3 Lokomotiven von zusammen 690 t, ferner in jeder Richtung drei Personenzüge befördert. Die Güterzüge entwickelten auf der 34 km langen krümmungsreichen 22 ‰-Steigung eine Geschwindigkeit von nur 11,2 km/h; durch den alten 4,8 km langen Cascade-Tunnel mit 17 ‰ Steigung wurden sie vor dem Umbau von je 4 Drehstromlokomotiven geschleppt. Die Fahrzeit Skykomish—Cascade betrug einschließlich der unerläßlichen Aufenthalte für Wasserergänzung und Maschinenwechsel 4½ ... 5 ½ h.

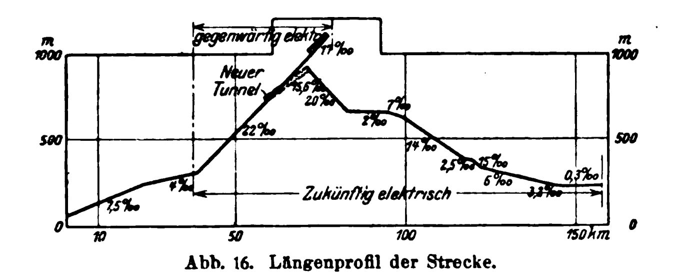


Abb. 16. Längenprofil der Strecke.

Mit dem Übergang auf elektrische Betriebsführung wurde eine Erhöhung des Zuggewichtes, zunächst auf 2540 t verknüpft. Man stellte die Lokomotivleistung entsprechend der Förderung von einem Viertel dieses Wertes auf 22 ‰ mit einer Geschwindigkeit von 25 km/h; für 2540 t Anhängelast sind daher bei der Bergfahrt 4 Lokomotiven erforderlich. Für später ist der Übergang auf noch höhere Zuggewichte, 3180 t mit 5, bzw. 3820 t mit 6 Lokomotiven in Aussicht genommen. Die Aufenthalte für Wasserergänzung und Maschinenwechsel konnten entfallen und die Fahrzeit der Güterzüge auf 1¾ h, also rund ein Drittel der bisherigen, gebracht werden.

Zunächst wurden nur 4 Lokomotiven in Dienst gestellt, die bis Anfang März 1927 den gesamten Dienst auf der fertiggestellten Strecke Skykomish-Scenic bestritten. Nach erfolgtem Umbau der Fahrleitung im Cascade-Tunnel von 6 kV Drehstrom auf das neue mit 11 kV, 25 Hz im Fahrdraht arbeitende Umformersystem konnten dann die neuen Lokomotiven bis zur Station Cascade durchgeführt werden. Anfangs wurde dabei in jedem Zug eine Dampflokomotive für die Weiterfahrt mitgeschleppt, u. zw. in den schweren Güterzügen eine 1—D—1-Maschine von 212 t; das wirksame Anhängegewicht betrug damals rd. 2600 t und die elektrischen Lokomotiven standen nahezu ununterbrochen im Betrieb. Bald stellte sich die Notwendigkeit heraus, auf höhere Zuggewichte überzugehen. Da eine fünfte elektrische Lokomotive nicht vorhanden war, half man sich in der Weise, daß die mitgeführte Dampflokomotive bis an die Grenze ihrer durch den Wasservorrat begrenzten Arbeitsfähigkeit ausgenützt und die Geschwindigkeit soweit herabgesetzt wurde, daß die Dauerleistung der elektrischen Lokomotiven nicht überschritten wird. Auf diese Weise können 3500 t Anhängelast durch die 4 elektrischen und eine Dampflokomotive mit 24 km/h über die Hauptsteigung bis Tye befördert werden, während auf der geringeren Steigung im alten Tunnel die Dampflokomotive als tote Last mitgeführt wird. Ab September 1927 mußten dann allerdings infolge weiteren Anwachsens der Verkehrsleistungen noch reine Dampfzüge eingelegt werden, die Anfang 1928 bereits 20 % der Gesamtleistung vollbrachten; erst im Laufe des Jahres wurden sechs weitere Lokomotivpaare in Dienst gestellt, so daß nunmehr der gesamte Zugverkehr elektrisch geführt werden kann.

Die Lokomotiven haben bei der normalen Verwendung in Doppeleinheiten folgende Hauptdaten:

Achsanordnung	1 D 1 + 1 D 1
Gesamtgewicht	325 t
Reibungsgewicht	250 t
Achsdruck der Treibachsen	31,1 t
Stundenleistung	4330 PS
Zugkraft beim Anfahren $\left(\mu = \frac{1}{4}\right)$	62 500 kg
Max.-Zugkraft beim Anfahren $\left(\mu = \frac{1}{3}\right)$	83 600 kg
Zugkraft bei Stundenleistung	51 200 kg
Zugkraft bei Dauerleistung	40 300 kg
Geschwindigkeit bei Stundenleistung	23,2 km/h
Geschwindigkeit bei Dauerleistung	25 km/h
Höchstgeschwindigkeit	60 km/h
Spurweite	1435 mm
Gesamtachsstand	23,88 m
fester Achsstand	5,1 m
Länge über Puffer	28,82 m
Breite	3,36 m
Triebraddurchmesser	1,42 m

Der starke gegossene Rahmen jeder Lokomotivhälfte trägt einen Transformator, einen Umformer und die 4 Achsmotoren für 600 V Gleichstrom. Letztere arbeiten stets parallel und können dreifach geschaltet werden: direkt weiter als normale Serienmotoren, als Netzanschlußmotoren und in einer besonderen Schaltung mit Fremderregung für konstante Leistung. Diese Umschaltbarkeit hat sich wiederholt als außerordentlich nützlich erwiesen.

Der Betriebstrom wird von bahnfremden Kraftwerken bezogen. Zweifellos ist die höchste zulässige Spitzenentnahme in dem Stromlieferungsabkommen festgelegt. In der Regel kann diese Grenze durch entsprechende Auslegung des Fahrplanes eingehalten werden. Nun wurde aber z. B. für den Bau des neuen Tunnels viel Strom benötigt, und es war wünschenswert, den Verbrauch der Zugförderung zeitweise entsprechend herabzusetzen, was mit der vorhandenen Schaltung auf Kosten der Geschwindigkeit ohne weiteres möglich ist.

Anderseits ist es tariflich und auch für den Bahnbetrieb von großem Vorteil, den zulässigen Höchstverbrauch möglichst dauernd auszunutzen. Es würde beispielsweise ein mit normalen Serienmotoren ausgerüsteter 3500 t-Zug mit 5 Stück 1—D—1-Lokomotiven die 22 ‰-Strecke von Skykomish bis Scenic in 48 min mit einer Geschwindigkeit von 25 km/h durchlaufen und dabei 9400 kW aufnehmen; von hier durch den neuen Tunnel bis Berne würde die Leistungsaufnahme während 28 min auf 7700 kW sinken, während der gleiche Zug mit fremderregten Motoren letztere Teilstrecke bei 9400 kW Aufnahme mit rd. 35 km/h in nur 22 min durchläuft.

Als besonderer Vorteil der Umformerlokomotiven kommt noch hinzu ihre bekannte Unempfindlichkeit gegen Schwankungen der Fahrdrahtspannung.

Bemerkenswert günstig sind auch die an den Lokomotiven beobachteten Reibungsziffern. So haben diese Maschinen auf schneebedeckten, verölten Schienen ohne Benutzung von Sand dauernd Zugkräfte von der 7,7 fachen Größe des Reibungsgewichtes entwickelt, obwohl dabei die Räder abwechselnd durchgingen. Gleichgünstig war auch das Verhalten im Betrieb mit Stromrückgewinnung. Das normale Zuggewicht kann auf der vorkommenden Höchststeigung ohne Zuhilfenahme der Luftdruckbremse bis herab auf 2 km/h abgebremst werden. Dementsprechend sind die Instandhaltungskosten überaus niedrig, und die Lokomotiven konnten in 12 Monaten je über 80 000 km ohne nennenswerte Reparaturen zurücklegen. (P. A. McGee, Railway Age Bd. 85, S. 445). *v. Str.*

Fernmeldetechnik.

Strecken-Zugleitung mit zentralem Stellwerk. — Seit August vorigen Jahres hat die New York Central-Bahn auf ihrer 65 km langen, eingleisigen Strecke zwischen Toledo, Ohio, und Berwick ein Zugleitungsystem eingeführt, das die Verfügung über die gesamte Zugbewegung und die Zugsicherung in die Hand eines einzigen Betriebsbeamten legt, des Zugleiters (train dispatcher)[1]. Dieser verfügt frei über die Bewegung aller Züge, ordnet ihre Folge an, bestimmt über die Aufenthaltszeiten — kurz ist befugt und in der Lage, den gesamten Betrieb auf der ganzen Strecke nach Bedarf zu regeln. Die Züge fahren nicht mehr nach einem starren Fahrplan und ohne Kenntnis über den Verlauf der übrigen Zugfahrten. Die Strecke ist durchschnittlich mit 12 beschleunigten und 2 gewöhnlichen Personenzügen und 20 Güterzügen, davon 2 Stückgüterzügen, belegt.

Die Strecke ist auf 59 km eingleisig und auf 6 km zweigleisig und besitzt 26 Weichen bzw. Weichenverbindungen. Die Signale sind als Licht-Tagsignale mit 3 Begriffen ausgebildet und stehen rechts vom Gleis. Sie werden selbsttätig gesteuert. Ihr Signalbild ist abhängig von der Besetzung der Blockstrecke. Signale vor Weichen sind ferner von der Lage der Weiche abhängig, werden also mittelbar vom Weichenhebel im Stellwerk gesteuert. Handblock ist nicht mehr vorhanden.

Die Weichen- und Signalstelleinrichtungen sind in einem einzigen Stellwerk vereinigt. Alle Schalteinrichtungen und Verständigungsmittel sind in einem pultähnlichen Schalterwerk untergebracht. Auf dem Deckel ist eine schreibende Schauuhr zu sehen, die selbsttätig alle

[1] Ähnliche Einrichtungen sind seit einigen Jahren auch in anderen Ländern entstanden, z. B. in England; ein von der Reichsbahn Ende vorigen Jahres unternommener Versuch geht allerdings nicht so weit wie die N. Y. C.



Zugbewegungen in einem Zeit-Wege-Netz einträgt. Darunter befindet sich eine Gleistafel, die das gesamte Gleisnetz darstellt und dem Zugleitungsbeamten sinnfällig anzeigt, wie die Weichen stehen und welche Gleisabschnitte besetzt sind, so daß er ständig ein getreues Abbild des gesamten Betriebszustandes vor sich hat.

In der nächsten Reihe sitzen große helle Lampen, unter jeder Abzweigung eine. Sie leuchten auf, wenn ein Zug den zugehörigen Abschnitt befährt, und bleiben hell, bis der Abschnitt wieder geräumt ist, vorausgesetzt daß inzwischen kein Eingriff des Zugleitungsbeamten erfolgt ist. Diese Lampen zeigen ferner durch kurzes Aufblitzen die beendete Umstellung der Weichen an. Bei Störungen ertönt eine Glocke. Daneben angebrachte kleine Lampen zeigen durch kleine Pfeile die eingestellte Fahrtrichtung der Züge an (die oberen eine Fahrt nach rechts, die unteren eine Fahrt nach links).

In der vorletzten Reihe befinden sich die Weichen- und Signalschalter. Diese Schalter steuern auch die Weichen der Gleistafel. Die Griffe dieser Schalter haben drei Stellungen. Mittelstellung ist Ruhestellung. Das betreffende Signal steht auf Halt, die betreffende Weiche bleibt in der Lage, die sie bei der letzten Umstellung eingenommen hatte. Griff nach oben bringt die Weiche in die abzweigende Stellung, wenn sie nicht schon darin war, und gibt das zugehörige Blocksignal frei, das in diejenige Stellung geht, die dem Betriebszustande der Blockstrecke entspricht. Griff nach unten führt die Weiche in die Grundstellung (auf das Hauptgleis weisend) und die Signale wie vorstehend in die entsprechende Lage.

Die Schalter der untersten Reihe haben eine zweifache Wirkung. Nach unten gestellt, schalten sie das hörbare Signal der großen hellen Lampen ab, nach oben gelegt verhindern sie, daß das zugehörige Blocksignal selbsttätig auf Fahrt geht, wenn der Blockabschnitt geräumt wird. Mit ihm kann auch jeder Zug beliebig lange aufgehalten werden, z. B. um eine Verschiebung der Züge eintreten zu lassen oder auch auf der ganzen Strecke einen Ruhezustand herbeizuführen.

Als weiteres Hilfsmittel hat der Beamte Stecker (ähnlich denen bei Postklappenschränken), die er in Löcher der Gleistafel einsteckt, je nachdem wie die Meldungen von der Strecke durch die Lampen einlaufen.

Jeder solcher Stecker trägt eine aufsteckbare Karte, auf der Zugnummer und Fahrrichtung deutlich sichtbar vermerkt sind. Diese Stecker muß der Beamte selbst umstecken. Sie wandern über die Gleistafel entsprechend der Bewegung der Züge, die sie andeuten.

Die Zugleitungsanlage arbeitet mit Gleisströmen. Beide Schienen sind gegeneinander isoliert, so daß man sie als Teile eines Stromkreises schalten kann. Ebenso sind die Blockabschnitte gegeneinander isoliert. Bei unbesetztem Gleis fließt in jedem Blockabschnitt ein Strom als Dauerstrom; bei besetztem Gleis wird der Stromkreis durch die Zugachsen kurz geschlossen. Durch diese Zustandsänderung kann man Relais betätigen und von diesen Schaltvorgänge bewirken lassen. Die Schaltungen des Schalterwerkes selbst entsprechen etwa denen halbselbsttätiger Kraftstellwerke, d. h. die Weichen werden von Hand gestellt, weil die Einstellung der Fahrstraße für einen Zug vom Willen des bedienenden Beamten abhängt, die Signale dagegen können je nach den Umständen selbsttätig sein, d. h. von den Zügen gesteuert, mindestens auf Halt geworfen werden. Die Schaltung des Schalterwerks ist ferner so gemacht, daß nur Fahrten eingestellt und ausgeführt werden können, die sich nicht gefährden. Jedes Fahrtsignal liegt unter dreifachem Verschluß: 1. durch den Gleisstrom, d. h. die Blockstrecke muß frei und das Gleis in Ordnung sein; 2. durch die Weichen, die in der zugehörigen Stellung liegen müssen; 3. der Beamte muß den Schalter der vorletzten Reihe umstellen, d. h. zustimmen, daß Fahrtsignal erscheine. Daß sich benachbarte Ausfahrsignale nach demselben Streckengleis und Signale für Gegenfahrten elektrisch ausschließen, ist selbstverständlich.

Die Schauuhr schreibt die Zeiten in Form von Strichen genau nach der Tageszeit selbsttätig auf, die ein Zug in einem Streckenabschnitt, z. B. einem Bahnhof verbracht hat. Alle sonstigen Angaben (Datum, Zugnummer, Personal usw.) vermerkt der Beamte handschriftlich im Kopf der graphischen Aufzeichnung und auf dieser selbst.

Im Gegensatz zu ähnlichen Zugüberwachungsanlagen, z. B. in England, ist es beachtenswert, daß hier keinerlei telephonische Meldung von der Strecke über die Bewegung der Züge nötig ist. Das geschieht eben mit Hilfe der Gleisströme nach der Gleistafel. Trotzdem sind reichlich Fernsprechverbindungen mit dem Zugleitungsbeamten vorhanden. Es werden ihm z. B. alle Züge, die seinem Kontrollbezirk zulaufen, vorgemeldet. Von allen Weichen, die von Zügen befahren werden, und von allen Signalen aus kann er angerufen werden. Mit allen Stationen und dem Leiter der Bahnunterhaltung hat er direkte Verbindung. Arbeitszüge müssen die Zustimmung des Zugleitungsbeamten haben. Er legt die Zeit fest und deckt den Zug durch Blocksignale. Ebenso muß er mitwirken, wenn ein Zug auf ein Anschlußgleis längere Zeit übergeht, das nicht unter seiner Kontrolle liegt, oder von dort zurückkommt. (Railway Age Bd. 83, S. 325.) *Gsl.*

Der Ferngesprächstarif in den V. S. Amerika. — Im amerikanischen Ferngesprächstarif ist die Grundlage für die Gebührenberechnung die Verbindung von Sprechstelle zu Sprechstelle während des Tages ($4^{h}\,30^{m} \ldots 19^{h}$), bei der die gewünschte Sprechstelle nur nach Amt und Rufnummer angemeldet wird. Außerdem gibt es noch drei besondere Gesprächsarten, für die ein Zuschlag von 25 %, mindestens 20 cents, berechnet wird, nämlich

das Gespräch von Person zu Person, bei dem, ähnlich wie bei dem deutschen Voranmeldegespräch, eine Verbindung mit einer bestimmten Person bei der Sprechstelle am anderen Orte verlangt wird,

das verabredete Gespräch, bei dem, ähnlich wie bei dem in neuerer Zeit im europäischen zwischenstaatlichen Verkehr eingeführten „Festzeitgespräch", die Ausführung der Gespräche zu einer bestimmten Zeit zwischen den beiden Teilnehmern vereinbart wird, und

das XP-Gespräch, bei dem eine Person, die keinen Fernsprecher hat, zu einem Gespräch herbeigerufen wird.

Eine Besonderheit des amerikanischen Fernsprechdienstes ist der „collect call service"; der Anmelder hat die Möglichkeit, die Gesprächsgebühr durch den Angerufenen bezahlen zu lassen, wenn dieser sich dazu bereit erklärt. Lehnt er das Gespräch ab, so hat der Anmelder eine Meldegebühr in Höhe von 25 % der gewöhnlichen Gesprächsgebühr, höchstens 1 $, zu entrichten.

Die Veröffentlichungen der American Telephone and Telegraph Co. über die Gebühren für Gespräche von Ort zu Ort enthalten nur die Gebührensätze für die einzelnen Sprechbeziehungen ohne Angabe der für die Berechnung zugrundegelegten Entfernungen. Der Benutzer kann sich also nicht, wie bei den europäischen Tarifen, aus den einzelnen Bestandteilen (Entfernung, Gesprächsdauer und Tageszeit) die Gebühr für sein Gespräch errechnen. Rein zahlenmäßig gibt ein Vergleich des amerikanischen Ferngesprächstarifs mit dem deutschen folgendes Bild.

Entfernung km	Tarif der ATT Pf	Staffelgebühr für 1 km Pf	deutscher Tarif Pf	Staffelgebühr für 1 km Pf
bis 15	42		90	
„ 19	42	2,1	40	1,0
„ 25	63		40	
„ 29	63	2,1	70	1,2
„ 39	84		70	
„ 50	105	1,75	70	
„ 51	105	1,6	90	0,8
„ 64	126		90	
„ 75	147	1,6	90	
„ 77	147	1,6	120	0,83
„ 90	168		120	
„ 100	189	1,6	120	0,33
„ 103	189		150	
„ 194	336	1,6	150	0,33
„ 207	357		180	
„ 1180	1260	—	330	—

Die Gebühren für Gespräche auf Entfernungen von mehr als 210 km sind seit 1926 mehrmals, zuletzt am 1. II. 1929, herabgesetzt worden. Für ein Gespräch von New York nach Chicago sind jetzt 12,60 RM zu zahlen. (Wittiber, Europ. Fernspr. 1929, S. 156.) *Sb.*

Hochspannungstechnik.

Über Kippvorgänge bei Funkenentladungen. — In einer Versuchsanordnung zur Messung des zeitlichen Verlaufs der Spannung während der Stoßbeanspruchung einer Plattenfunkenstrecke fanden Rogowski und Tamm den nachstehenden eigentümlichen Schwingungsverlauf[1].

[1] Vgl. Arch. El. Bd. 20, S. 110.



Es wird gezeigt, daß der Schwingungsverlauf rechnerisch abgeleitet werden kann unter der Annahme, daß die Vorgänge unmittelbar nach dem eigentlichen Durchschlag durch eine normale Lichtbogencharakteristik beherrscht werden. Die fraglichen Schwingungen erweisen sich dabei

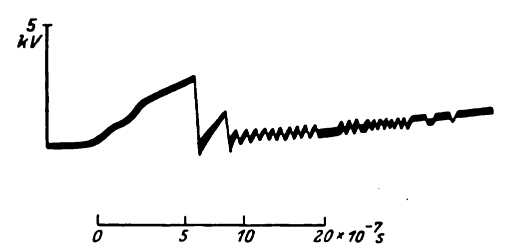


Abb. 17. Funkenoszillogramm nach Rogowski und Tamm.

als „Kippschwingungen"[1], die durch die Eigenkapazität der Ablenkungsplatten des Kathodenstrahl-Oszillographen bedingt werden. (F. Kirschstein, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 473.)

Allgemeiner Maschinenbau.

Entwicklung der Vielmulden-Unterschubroste. — Die Entwicklung der Unterschubroste ist, vor allem durch die Ausbreitung der Kohlenstaubfeuerung, in den letzten Jahren gewaltig vorwärtsgekommen, so daß heute Kessel bis zu 150 t/h Dampfleistung mit Unterschubrosten betrieben werden. Besonders interessant ist die neueste Bauart des „Underfeed Type F"-Rostes die besonders für Fettkohlen bei hoher Dampfleistung geeignet ist (Abb. 18). Es wird daran erinnert, daß der Vielmulden-Unterschubrost folgende Vorteile bietet: Fortfall der Zündgewölbe, einfache Bauart des Feuerraumes, direkte Bestrahlung der ersten Kesselheizfläche und Eignung zum Bau großer Einheiten. Der genannte Rost wird in Größen bis zu 18 Mulden für einen Kessel gebaut. Die Mulden haben eine Neigung von 20° und elektrischen oder Dampfantrieb der Kohlenschieber. Scherstifte sichern den Antrieb jeder Mulde vor Brüchen bei Überlastung. Daneben sind auf dem Boden jeder Mulde Hilfschieber angeordnet, um eine gute Verteilung der Kohle zu erzielen, deren Hub besonders verstellbar ist. Man kann daher die Tiefe des Brennstoffbettes entsprechend dem Abbrand der Kohle einstellen, und nach dem Abschlacken kann der hintere Teil der Feuerung rasch wieder mit Kohle bedeckt werden. Auch das feuerfeste Mauerwerk weist eine bemerkenswerte Einzelheit auf: die untersten Steinreihen der Vorder- und Rückwand des Feuerraumes sind als Hohlblöcke ausgebildet, die durch Zusatzluft gekühlt werden. Dadurch wird ihre Verschlackung und ihr Abbrand vermindert und die Verbrennung der Gase durch die Durchwirbelung mit der Zusatzluft verbessert. Die Beseitigung der Asche und Schlacke erfolgt mittels Kipprosten. Nur für große Anlagen oder sehr aschereiche Brennstoffe treten an deren Stelle Brecherwalzen. Die Feuerung soll besonders geeignet sein für die Verwendung in wassergekühlten, mit Flossenrohren ausgerüsteten Feuerräumen. (The Electrician Bd. 101, S. 205.) *—tes*

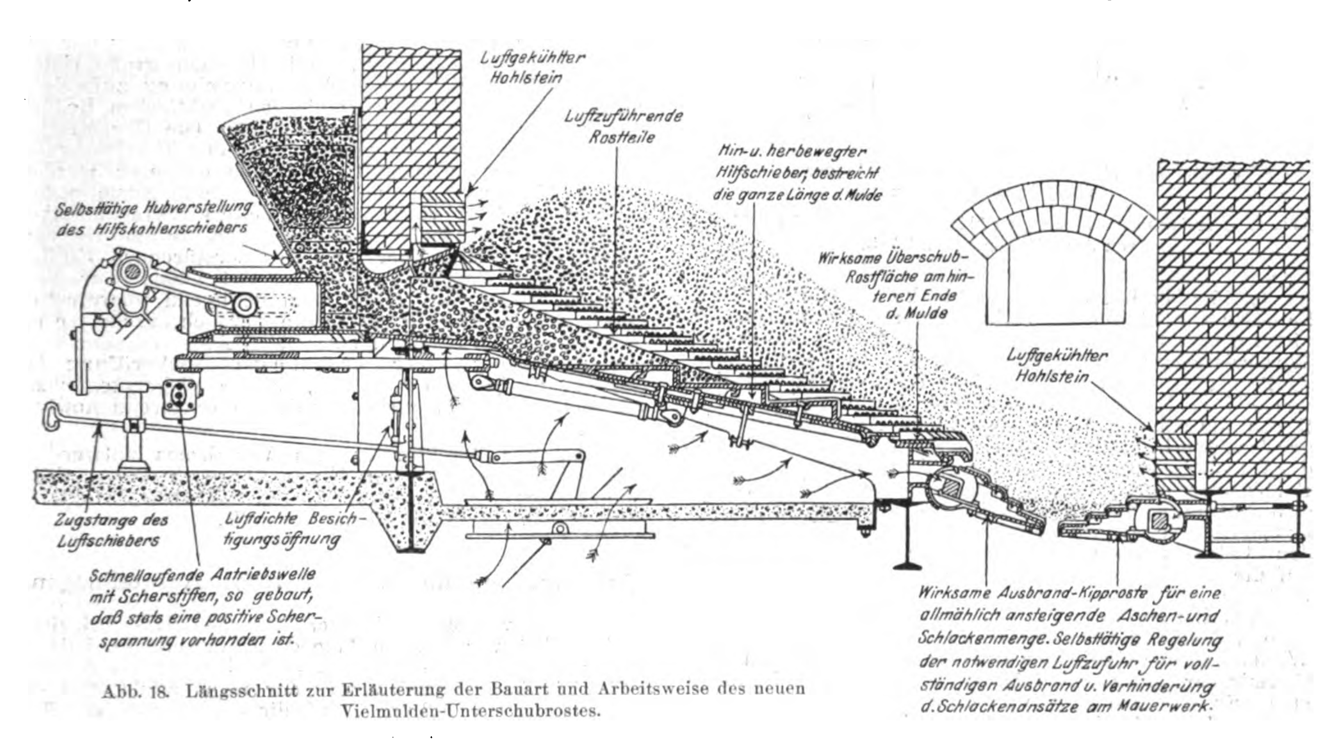


Abb. 18. Längsschnitt zur Erläuterung der Bauart und Arbeitsweise des neuen Vielmulden-Unterschubrostes.

Schmiertechnische Vervollkommnungen und ihre wirtschaftliche Bedeutung. — Die Erfolge schmiertechnischer Vervollkommnungen äußern sich, je nach der vorliegenden Aufgabe, in einer Steigerung der Belastbarkeit der Maschinen, einer Erhöhung ihrer Betriebsicherheit, Verminderung des Verschleißes, Verbilligung der Herstellung durch Material- und Lohnersparnisse, verminderten Reibungsverlusten oder weitgehenden Schmiermittel-Kostenersparnissen.

Der Schwerpunkt der schmiertechnischen Verbesserung liegt in der Konstruktion. E. Falz bespricht in einer Abhandlung Konstruktionsfehler und deren Folgen bei Dampfmaschinen, Gasmaschinen, Dieselmotoren, Dampfturbinen usw. und weist auf die Regeneration gebrauchter Schmieröle und die damit verbundenen großen Ersparnismöglichkeiten hin. (E. Falz, Hannover, Polyt. Journ. Bd. 344, S. 5.) *Sb.*

Werkstatt und Baustoffe.

Durchschlag von öldurchtränkter Papierisolation. — Auf Anregung der Leningrader Kabelmanufaktur „Sewkabel" wurde von G. A. Dmitriew und A. Walther eine ausführliche Untersuchung über die dielektrische Festigkeit der öldurchtränkten Papierisolation unternommen. Bei diesen Messungen kamen reine Zellstoffpapiere verschiedener Herkunft zur Anwendung, die mit einer Lösung von 40 % Kolophonium und 60 % Mineralöl durchtränkt wurden. Zur Untersuchung gelangten: die Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Schichtdicke, der Beanspruchungsdauer, der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgehalt bei verschiedenen Spannungsarten (Wechselspannung, Gleichspannung, Stoßspannung).

1. Die Abhängigkeit von der Schichtdicke. Aus den an verschiedenen Papieren bei Wechselspannung von 50 Hz gewonnenen Resultaten lassen sich folgende Schlüsse ziehen.

a) Je dichter das Papier ist, um so größer ist seine dielektrische Festigkeit.

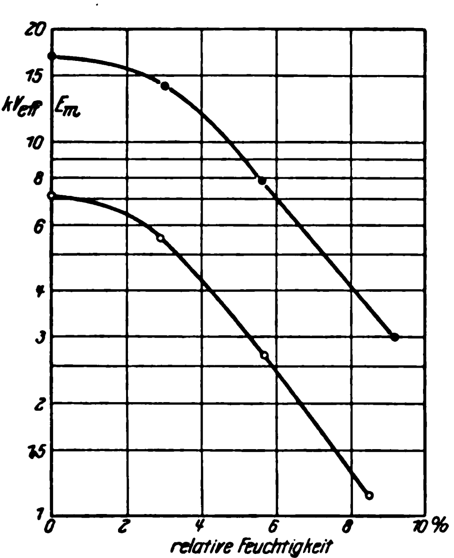
b) Als Regel wächst die Durchschlagspannung weniger schnell als die Schichtdicke. Je dichter aber das Papier ist, um so näher kommt man der Proportionalität zwischen Durchschlagspannung und Schichtdicke.

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1230.

c) Bei ein und derselben Papierart und gleicher Schichtdicke erweist sich die aus dünnerem Papier aufgebaute Isolation widerstandsfähiger als diejenige, die aus dickerem Papier besteht.

Bei Gleichspannung erweisen sich die Durchschlagsspannungen gegenüber der Wechselspannung als ungefähr um 250 % erhöht. Bei Stoßspannungen liegen sie ungefähr ebenso hoch wie bei Gleichspannung.

2. Die Abhängigkeit von der Temperatur. Bei gut getrocknetem und durchtränktem Papier ist keine bedeutende Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Temperatur vorhanden. Bei Wechselspannung wachsen bei Temperaturerhöhung die Durchschlagspannungen in einigen Fällen etwas an. Bei Stoßspannung verkleinern sie sich bei Temperaturerhöhung, aber unbedeutend.



∘ 1 Lage Papier, 0,12 mm • 3 Lagen Papier, 0,36 mm
Wechselspannung 50 Hz

Abb. 19. Durchschlagspannung von öldurchtränktem Papier, abhängig von der relativen Feuchtigkeit.

3. Einfluß der Feuchtigkeit. Die Abhängigkeit der dielektrischen Festigkeit der durchtränkten Papierisolation vom Feuchtigkeitsgehalt ist bei Gleich- und Wechselspannung sehr bedeutend. Die in Abb. 19 dargestellte Kurve zeigt, daß bei einer relativen Feuchtigkeit von 9 % die Durchschlagspannungen etwa 6 mal niedriger liegen als bei dem trockenen Papier. Auch läßt sich bei der feuchten Papierisolation eine bedeutende Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Temperatur beobachten. Bei Temperaturerhöhung verkleinern sich dabei die Durchschlagspannungen. Diese Abhängigkeit ist um so schärfer ausgeprägt, je größer die relative Feuchtigkeit ist. Bei den Stoßspannungen übt dagegen der Feuchtigkeitsgehalt auf die dielektrische Festigkeit einen nur geringen Einfluß aus.

Aus den gefundenen Gesetzmäßigkeiten läßt sich folgern, daß bei der durchtränkten Papierisolation, die keine Wasserspuren enthält, der Durchschlag entschieden nicht thermischer Natur ist. Bei der feuchten Isolation kommen wir dagegen dem reinen Wärmedurchschlag sehr nahe. (G. A. Dmitriew u. A. Walther, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 488.)

Bestimmung der Alterungsneigung von Isolier- und Dampfturbinenölen. — Auf der diesjährigen Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Dresden wurde von A. Baader ein auf mehrjährigen Betriebs- und Laboratoriumsversuchen beruhendes neues Prüfverfahren dargestellt und begründet, welches die Alterungsneigung von Transformatoren-, Schalter- und Dampfturbinenölen vorauszubestimmen gestattet.

Einleitend weist der Verfasser auf die praktische Bedeutung der Prüfung genannter Öle bezüglich ihrer Alterungsneigung hin und zeigt dann, daß alle bisher zu diesem Zweck vorgeschlagenen Prüfverfahren ihren Zweck nicht erfüllen konnten, weil sie die Wirkung aller überhaupt berücksichtigten Alterungseinflüsse, wie erhöhte Temperatur, Luft bzw. Sauerstoff, Kupfer usw., in einer einzigen Probe ermitteln wollten und so nur die Gesamtwirkung der berücksichtigten Alterungseinflüsse erfaßten. Dies genügt aber weder für den Erzeuger noch für den Verbraucher. Beide müssen vielmehr von einem ungeeigneten Öl auch wissen, warum es ungeeignet ist, d. h. gegen welchen Alterungseinfluß es zu wenig widerstandsfähig ist. Das neue Prüfverfahren ermöglicht eine Prüfung der Öle gegen beliebige Alterungseinflüsse, die im praktischen Betriebe wirksam sind, indem von jedem Öl mehrere Proben so der künstlichen Alterung unterworfen werden, daß in jeder Probe ein anderer Alterungseinfluß zur Auswirkung gebracht wird. Für gewöhnlich wird die Empfindlichkeit gegen Temperatur, Kupfer und Blei geprüft, doch steht nichts im Wege, auch gegen andere Metalle oder gegen Isolierstoffe zu prüfen. Die Metalle werden in Form kleiner, nur einmal zu verwendender Spiralen, die vom Untersuchenden selbst angefertigt werden, eingeführt. Auf alle im Betriebe nicht gegebenen Beschleunigungsmittel, wie Sauerstoffeinleitung, überbetriebsmäßige Temperatur u. dgl., wird verzichtet. Trotzdem gestattet das neue Prüfverfahren eine wesentliche Abkürzung der bisherigen bei der deutschen Schiedsmethode vorgeschriebenen Erhitzungsdauer von 70 h auf 48 h. Dies wird vor allem durch Berücksichtigung der bisher außer acht gelassenen Ölbewegung, durch welche eine stärkere Berührung des Öles mit den Metallen und der Luft erreicht wird, bewirkt. Zur Erzielung dieser Ölbewegung werden die Spiralen durch ein Rührwerk minutlich 25mal gehoben und gesenkt. Zur vorgenannten Wirkung trägt auch bei, daß an künstlich gealtertem Öl nicht mehr die Teerzahl, sondern die einfachere und hinsichtlich der erfaßten Stoffe klarere Verseifungszahl bestimmt wird, die auch höhere Zahlenwerte liefert. An Verbesserungen gegenüber der bisher bestimmten Verteerungszahl sind noch zu nennen die Vermeidung der berüchtigten Korkstopfen und die einwandfreie Rückkühlung der sich bildenden Öldämpfe. Die an 24 neuen und regenerierten Isolier- und Dampfturbinenölen ermittelten Versuchsergebnisse zeigen, daß das neue Prüfverfahren eine sehr scharfe Kennzeichnung der Öle gestattet, und daß die handelsüblichen Öle große Unterschiede hinsichtlich ihrer Alterungsneigung aufweisen, so daß das neue Verfahren als den praktischen Bedürfnissen entsprechend anzusprechen ist. Die Übereinstimmung der Versuchsergebnisse mit den Betriebsergebnissen konnte an Dampfturbinenölen erwiesen werden, deren Alterung in mehrjährigen Betriebsversuchen messend verfolgt worden ist. Weitere Versuchsreihen zeigen den Einfluß der Versuchstemperatur und der Versuchsdauer, suchen aber auch den zerstörenden Einfluß von Öl auf Metalle zu klären. Bei mehrfacher Prüfung desselben Öles erhält man genügend übereinstimmende Werte. Endlich lassen die Versuchsergebnisse erkennen, daß die bisher herrschenden Anschauungen über die Ölalterung einer gründlichen Nachprüfung bedürfen. Es hat den Anschein, daß die bisherigen unzureichenden Prüfverfahren geradezu irreführend gewirkt haben.

Das zur Ausführung des Verfahrens notwendige Prüfgerät wird von der Firma Heinrich Faust, Köln, Neue Langgasse 4, hergestellt. (A. Baader, Elektrizitätswirtsch. Bd. 27, S. 338 u. 378.) *Sb.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Zahlen von der Leipziger Messe. — Das Leipziger Meßamt hat vor kurzem eine dritte erweiterte Auflage seiner dem Enquete-Ausschuß 1928 überreichten Denkschrift herausgegeben, aus der man ersieht, daß die Frühjahrsmesse 1928 von 10 106, die Herbstmesse von 8089 und die Frühjahrsmesse 1929 von 10 171 Firmen beschickt worden ist. Davon stammten aus Deutschland bzw. 8962, 7472, 8898 und 95 % bzw. 94,7 % und 96,6 % waren Fabrikanten. Auf dem Gebiet der Elektrotechnik hatten sich im Frühjahr 1928 511, im Herbst 197 und im Frühjahr 1929 524 Aussteller beteiligt, von welch letzteren 248 auf das Haus der Elektrotechnik, 117 auf Halle 6, 116 auf Halle 5 entfielen und 43 verstreut waren. Den Anteil der Einkäufer gibt das Meßamt für Elektrotechnik, Kraft- und Arbeitsmaschinen, Gas- und Bautechnik, Eisen- und Stahlwaren sowie Werkstoffe zusammen mit 25,8 % im Frühjahr 1927 und 30,5 % im Frühjahr 1929 an. Am Schluß der Denkschrift wird versucht, den Wert der den Ausstellern zur Frühjahrsmesse 1929 erteilten Aufträge zu schätzen. Nach dem Ergebnis lag der Gesamtwert der den deutschen Ausstellern erteilten Bestellungen (ohne die Geschäfte der ausländischen Aussteller) bei 430 Mill RM als der unteren Grenze. Es ist aber, wie das Meßamt sagt, anzunehmen, daß die Umsätze der Technischen Messe wesentlich höher waren, selbst wenn man berücksichtigt, daß für diese Messe die direkte



Auftragserteilung weniger wichtig ist als die Nachwirkung der auf ihr angeknüpften neuen Beziehungen. Nach sorgfältiger Abwägung aller Bedenken glaubt das Meßamt die ungefähre Höhe der den deutschen Ausstellern zur Frühjahrsmesse 1929 erteilten Aufträge diesmal nur auf 470 bis 500 Mill RM schätzen zu können. Wenn man als Wert der aus der Messe herzuleitenden Nachbestellungen nur die gleiche Summe wie die der direkt erteilten Bestellungen annähme, ergäbe sich ein Gesamtumsatz der deutschen Aussteller auf der Frühjahrsmesse 1929 von mindestens 950 bis 1000 Mill RM, wovon etwa die Hälfte ins Ausland gegangen sei. Rechne man den geschätzten Wert der auf der Messe erteilten Aufträge in Arbeitszeit zurück, so lasse sich der Einfluß der Messe auf den deutschen Arbeitsmarkt erkennen. Die berichtenden Aussteller hätten durch ihre Meßaufträge eine Beschäftigung von rd. 3,13 Mill Arbeitstagen erhalten. Daraus ergäbe sich für die Gesamtzahl der deutschen Aussteller eine Beschäftigung durch direkte Messeaufträge von 21,9 Mill Arbeitstagen oder 73 000 Arbeitsjahren. Das bedeute, daß bei Berücksichtigung auch der Nachbestellungen 130 000 bis 150 000 Arbeiter durch eine einzige Messe das ganze Jahr hindurch beschäftigt würden.

Die Leipziger Messen im Jahr 1930. — Die Frühjahrsmesse findet vom 2. bis 8. III. (Große Technische Messe und Baumesse bis 12. III.), die Herbstmesse vom 31. VIII. bis 6. IX. statt.

Energiewirtschaft.

Neue Projekte des englischen Zentralamtes. — Die jüngsten zwei Projekte für den Zusammenschluß elektrischer Unternehmungen betreffen Mittelost- und Nordostengland. Ersteres umfaßt in der Hauptsache die Grafschaften Yorkshire und Lincolnshire und enthält neben den wichtigen Industriestädten Bradford, Leeds und Sheffield auch sehr dünn bevölkerte Gegenden, die fast ausschließlich der Landwirtschaft gewidmet sind. Folgende wesentlichen Angaben mögen mit den entsprechenden für Zentral- und Nordwestengland verglichen werden, die in der ETZ 1928, S. 1658, veröffentlicht wurden:

	Mittelost-england	Nordost-england
Bodenfläche in km²	19 000	13 000
Einwohnerzahl	4 670 000	2 670 000
Anzahl der Unternehmungen	73	82
Jahresabsatz 1927 in Mill kWh	850	600
Maximalbedarf 1927 in kW	870 000	210 000
Jahresabsatz für 1935 geschätzt auf Mill kWh	1 500	1 050
Maximalbedarf für 1935 geschätzt auf kW	625 000	350 000
Anzahl der jetzt arbeitenden Kraftwerke	40	15
Anzahl der Kraftwerke, die in Betrieb gehalten werden sollen	18	6
Neu zu erbauende Kraftwerke	0	0
Anzahl der 132 kV-Transformatorenstationen	11	5
Gesamtleistung dieser in kVA	590 000	220 000
Anzahl der Transformatorenstationen für niedrigere Spannung	20	10
Gesamtleistung dieser in kVA	176 300	138 600
Gesamtlänge der 132 kV-Leitungen in km		
einfach	490	113
doppelt	28	49
Gesamtlänge der vom Zentralamt zu erbauenden Leitungen niedrigerer Spannung in km		
einfach	204	53
doppelt	165	80
Durchschnittspreis der vom Zentralamt an Unternehmungen verkauften Energie in Pf/kWh		
1932/33	3,63	2,85
1935/36	3.24	2,64
Kapitalaufwand für die Oberleitungen und Transformatorenstationen einschl. Kapitalisierung der Zinsen in den ersten 5 Jahren in 1000 £	2 907	1 131
Aufschlag des Zentralamtes für die Kosten der Oberleitungen und Transformatorenstationen einschl. Kapitaldienst und Verwaltung in Pf/kWh	0,33	0,18
Vom Projekt erwartete Ersparnis in £		
1932/33	235 000	96 000
1935/36	313 000	120 000

Es ist beachtenswert, daß in absehbarer Zeit keine neuen Zentralen gebaut werden sollen. Statt dessen soll der wachsende Bedarf lediglich durch Ausbau bestehender Werke gedeckt werden. Beide Gebiete enthalten zur Zeit große Reserveleistung in den bestehenden Maschinen, und so kommt es, daß in den ersten Jahren überhaupt keine weiteren Maschinensätze gebraucht werden.

Das Projekt für Nordostengland sieht noch eine weitgehende Frequenznormung vor. Fast die ganze Energie wird gegenwärtig zu 40 Hz erzeugt. Die Normung auf 50 Hz wird schätzungsweise fast 6 Mill £ kosten. Diese Kosten werden nicht nur von der betroffenen Gegend, sondern gleichmäßig von allen Unternehmungen Großbritanniens getragen, indem auf jede verkaufte Kilowattstunde ein Aufschlag erhoben werden soll zur Deckung der Frequenznormung im ganzen Lande. R. O. Kapp.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die A.G. Sächsische Werke, Dresden, stellt für das Jahr 1928, an dessen Ende sie 1251 Angestellte und 4700 Arbeiter beschäftigte, weitere Fortschritte in der Anschlußbewegung der Industrie und eine wesentliche Steigerung des Stromverkaufs an das Kleingewerbe, die Landwirtschaft und die Haushaltungen fest. Erzeugt wurden 734,144 Mill kWh (538,874 i. V.), d. s. rd. 36 % mehr als im Vorjahr, u. zw. 376,174 Mill kWh in Hirschfelde, das 64,3 % der dortigen Braunkohlengewinnung verbrauchte, und 306,085 Mill kWh im Kraftwerk Böhlen (Zunahme rd. 182 %), dessen Konsum 52 % der bezüglichen Kohlenförderung betrug. Mit 198,421 Mill kWh Fremdbezug (226,260 i. V.) stellte sich das gesamte Ausbringen auf 932,565 Mill kWh (765,134 i. V.). Die Jahreshöchstbelastung erreichte 254 600 kW (215 200 i. V.). Nutzbar abgegeben hat die Gesellschaft an fremde Elektrizitätswerke 556,377 Mill kWh (465,535 i. V.) und an Groß- und Kleinabnehmer in den unmittelbaren Versorgungsgebieten ihrer Werke 229,496 Mill kWh (194,176 i. V.), zusammen also 785,873 Mill kWh oder rd. 19 % mehr als 1927 (659,711 Mill kWh). Da die eigenen Betriebe 45,293 Mill kWh (28,219 i. V.) verbrauchten, sind insgesamt 831,166 Mill kWh geliefert worden (687,930 i. V.). Das Großkraftwerk Böhlen erfuhr eine Leistungserhöhung um 59 000 kW, Hirschfelde wird um 40 000 kW erweitert; die 110 kV-Leistungen Silberstraße—Zwönitz und Etzdorf—Dresden-Nord sind fertiggestellt, ebenso das Hauptumspannwerk Chemnitz-Nord. Zwischen dem Kraftwerk Böhlen und dem Leipziger Elektrizitätswerk besteht nunmehr eine 30 kV-Kabelverbindung. Betriebe und Beteiligungen erbrachten 26 157 519 RM (21 124 701 i. V.), wozu an sonstigen Einnahmen noch 4 741 000 RM hinzutreten (6 046 044 i. V.). Der Reingewinn betrug 3 827 768 RM (3 786 597 i. V.) und die Dividende wieder 10 % auf 20 Mill RM Aktien Lit. A und 5 % auf dieselbe Summe der Aktien Lit. B bei einem nunmehr voll eingezahlten Gesamtaktienkapital von 100 Mill RM.

Der Gesamtanschlußwert der Paderborner Elektrizitätswerk und Straßenbahn A. G. (PESAG), Paderborn, ist 1928 von 14 937 auf 17 737 kW gestiegen. Erzeugt und bezogen wurden 23,089 Mill kWh (15,608 i. V.) bei einer höchsten Augenblicksbelastung von 6200 kW (5600 i. V) und deren jährlichen Benutzungsdauer von 3670 h (2790 i. V.). Zum Verkauf kamen 20,325 Mill kWh (13,389 i. V.) oder rd. 52 % mehr als 1927, die an Einnahmen 2 473 632 RM erbrachten (1 977 028 i. V.). Im Anschluß an das 220 kV-Fernleitungsnetz des RWE wurde mit letzterem am Flugplatz eine Umspannanlage errichtet, durch welchen Zusammenschluß die PESAG nunmehr in der Lage ist, jeden im Versorgungsgebiet auftretenden Elektrizitätsbedarf schnell und sicher zu decken. Diese Umspannanlage hat man mit dem übrigen Hochspannungsverteilungsnetz durch Kabel verbunden.

Der Bezirksverband Heimbachkraftwerk, Freudenstadt, hat in Bettenhausen 1928 infolge der außerordentlichen Trockenheit nur 4,3 Mill kWh erzeugt (7,5 i. V.). Mit dem Gemeindeverband Überlandwerk Aistaig schloß er einen auf 20 Jahre laufenden Gebietsabgrenzungsvertrag und mit der A. G. Körting's Electricitäts-Werke ein Abkommen, auf Grund dessen er seit Anfang 1929 Alleineigentümer des Stammkapitals der Überlandwerk Glatten G. m. b. H. geworden ist. Sein Reinertrag betrug 37 762 RM (21 267 i. V.). — Beim Überlandwerk Glatten G. m. b. H., Freudenstadt, betrug die Stromerzeugung im Dampfkraftwerk 0,515 Mill kWh (0,062 i. V.) und ergab mit dem Strombezug von Bettenhausen, vom Bezirksverband Oberschwäbische Elektrizitätswerke, dem Kraftwerk Laufenburg und der Württ. Sammelschienen-A. G. sowie von kleineren Werken insgesamt 14,203 Mill kWh (11,185 i. V.). An das Netz sind 13,775 Mill kWh geliefert worden (10,736 i. V.), und zum Verkauf kamen 10,869 Mill kWh (8,396 i. V.), also etwa 30 % mehr als 1927. Der Gesamtanschlußwert ist von 27 985 auf 33 913 kW, die Abnahme an Haushaltstrom um 32 % gestiegen, während dessen Preis sich um 10 % von 40 auf 36 Pf/kWh verringert hat. Als Reingewinn werden 44 036 RM ausgewiesen (37 644 i. V.), wovon auf unverändert 0,4 Mill RM Stammkapital 8 % Dividende zur Verteilung kamen (7,5 % i. V.).

Der Geschäftsbericht der Elektricitätswerke-Betriebs-A. G., Riesa, für 1928 erwähnt die Gründung der Elektrizitätswerk Riesa A. G. mit 1 Mill RM Aktienkapital, an der die Berichterstatterin und die Stadt mit je 50 % beteiligt sind, und der letztere auf die Dauer ihres Bestehens eine ausschließliche Konzession für die Stromversorgung der Stadt gewährt hat. Die Stromabgabe des

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1381.

Kraftwerks Schmölln betrug 1,557 Mill kWh (1,586 i. V.) und der Anschlußwert am Jahresschluß 2917 kW (2802 i. V.). Beim Kraftwerk Gößnitz ist die Stromabgabe von 0,944 auf 1,020 Mill kWh und der Anschlußwert von 1580 auf 1603 kW gestiegen. Die Betriebseinnahmen ergaben 522 090 RM (882 829 i. V.) und der Reingewinn 125 111 RM (106 874 i. V.). Aus ihm hat die Gesellschaft auf 1 Mill RM-Aktienkapital 12 % Dividende verteilt (10 % i. V.).

Nach Angaben der Neckar-A. G., Stuttgart, ist 1928 die Erzeugung des Kraftwerks Freudenheim (rd. 29 Mill kWh) ganz von der Großkraftwerk Mannheim A. G., die des Wehrkraftwerks Ladenburg (über 1,3 Mill kWh) und des Kraftwerks Schwabenheim (fast 27 Mill kWh) vom Badenwerk, endlich die Lieferung des Wehrkraftwerks Wieblingen (über 3,2 Mill kWh) von einem Zementwerk abgenommen worden. Das Kraftwerk Neckarsulm-Kochendorf hat die Großkraftwerk Württemberg A. G., Heilbronn, gepachtet. Auf Grund der mit dem RWE und der Hessischen Eisenbahn-A. G. wegen des Absatzes der elektrischen Arbeit sämtlicher Staustufen zwischen Heidelberg und Neckarsulm-Kochendorf geschlossenen langfristigen Verträge konnten die Arbeiten für die Stufen Neckargemünd und Neckarsteinach vergeben werden. Mit der Inbetriebnahme der Staustufe Heidelberg sowie der Kraftwerke Horkheim und Obereßlingen im Juni wurde bei Abschluß des Berichtes gerechnet. Aus den Kraftwerken hat die Gesellschaft 1 163 908 RM (801 485 i. V.) und aus Sonstigem 184 705 RM (21 676 i. V.) vereinnahmt. Der Betrieb und die Unterhaltung der Kraftwerke erforderten 153 331 RM (97 154 i. V.).

Die Überlandzentrale Pommern A. G., Stettin, die Ende 1928 in den vier Dampfkraftwerken Stralsund, Swinemünde, Neubrandenburg (Pachtwerk) und Belgard über 58 790 kVA, in 8 Wasserkraftwerken — abgesehen von Glambocksee und „Heyka" in Nedlin — über 16 485 kVA verfügte und ein Hochspannungsnetz (40 kV) von 1266 km sowie ein Mittelspannungsnetz von 12 381 km betreibt, hat 1928 169 044 Mill kWh erzeugt (161 890 i. V.), davon 48,406 Mill kWh vom Großkraftwerk Stettin bezogen (44,647 i. V.) und insgesamt 132 741 Mill kWh nutzbar abgegeben (125,739 i. V.). Die Produktion der eigenen Wasserkraftwerke betrug etwa 7 % weniger als 1927, der Umformungs- und Netzverlust durchschnittlich 21,47 % des Energiebedarfs. Die Lieferung an die Landwirtschaft ist gegen das Vorjahr um etwa 4 %, die an die Städte um rd. 12,5 % und die Abgabe an die Industrie um rd. 7 % gestiegen. Der Anschlußwert der Städte, Gemeinden, Güter und Industrie betrug am Ende des Berichtsjahres 372 100 kW (344 500 i. V.) und macht bei den Gemeinden heute schon etwa die Hälfte des Gesamtbetrages aus, während deren Benutzungstunden weitaus an letzter Stelle stehen und auch bei den Gütern gegenüber den Städten und besonders der Industrie stark zurückbleiben. Eine dem Bericht beigegebene Belastungskurve zeigt die verschwindend geringe Belastung in der Nachtzeit, die zu steigern das Werk durch Erhöhung des Anschlusses von Nachtstrom verbrauchenden Apparaten, besonders Warmwasserspeichern und Kartoffeldämpfern bemüht ist. Die Einnahmen aus Stromlieferung betrugen 16 581 078 RM (15 844 262 i. V.) und die aus Verschiedenem 644 382 RM (498 744 i. V.). Bei 1 839 756 RM Reingewinn (1 809 682 i. V.) kamen wieder 2,5 % Dividende auf 74 Mill RM Aktienkapital zur Verteilung.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle. Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 183 02.

Bekanntmachung.

Der Elektrotechnische Verein beabsichtigt, aus Anlaß seines bevorstehenden 50jährigen Bestehens eine Festschrift herauszugeben. In dieser sollen auch die im Weltkriege gefallenen Mitglieder des Vereins ehrenvoll genannt werden. Da der Geschäftsführung seinerzeit leider nicht alle gefallenen Mitglieder bekannt geworden sind, bitten wir unsere Mitglieder, in ihren Kreisen gefälligst nähere Ermittelungen vorzunehmen und uns die Namen der Betreffenden unter möglichster Angabe des Todesjahres und des Aufenthaltsortes bei Beginn des Krieges mitzuteilen. Für jede einzelne Mitteilung ist die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins dankbar.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68. Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64. Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Benennungen.

In ETZ 1929, S. 692, wurde ein Sonderdruck VDE 443 „Zusammenstellung der Begriffserklärungen in den VDE-Arbeiten" mit der Maßgabe angekündigt, daß Äußerungen zu diesem Sonderdruck bis zum 30. September 1929 an unsere Geschäftstelle zu richten seien.

Die Kommission gibt hiermit bekannt, daß diese Äußerungsfrist bis zum 31. Dezember 1929 verlängert ist.

Neu erschienene VDE-Vorschriften-Sonderdrucke.

Folgende VDE-Vorschriften-Sonderdrucke sind neu erschienen:

- VDE 333a Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen.
- „ 338a Regeln für die Bewertung und Prüfung von Hand- und Supportschleifmaschinen.
- „ 350a Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren (V. G. K. M. 1930).
- „ 366a Regeln für die Bewertung und Prüfung von Handbohrmaschinen.
- „ 373a Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Poliermaschinen.
- „ 434 Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungsgeräten für Schaltanlagen (R. E. H./1929).
- „ 435 Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen.
- „ 438 Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen (V. B. S./1929).
- „ 439 Regeln für die Errichtung von Leuchtröhrenanlagen.
- „ 440 Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte.
- „ 441 Vorschriften für den Hochspannungschutz in medizinischen Röntgenanlagen.
- „ 444 Vorschriften für Geräte-Einbauschalter für Spannungen bis 250 V.
- „ 445 Leitsätze für Installations-Selbstschalter.
- „ 446 Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an.
- „ 447 Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten.
- „ 448 Bericht über die Tätigkeit des Verbandes seit der letzten Jahresversammlung in Berlin 1928.
- „ 449 Vorschriften für umhüllte Leitungen.
- „ 450 Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen (V. I. L./1930).
- „ 451 Leitsätze für Spannungsucher bis 750 V.
- „ 465 Übersicht über die Beschlüsse der XXXIV. Jahresversammlung in Aachen 1929.

Die Sonderdrucke können von der Geschäftstelle des VDE bezogen werden.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.



SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 2. X. 1929, abds. 8h, Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Straße 47: Lichtbildervortrag Dr. Arendt, „Bildtelegraphie".

Deutscher und Österreichischer Verband für die Materialprüfungen der Technik. 8. ... 11. X. 1929, Hauptversammlung in Wien, gr. Saal des Österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, Eschenbachgasse 9, mit folgenden Vorträgen: 9. X. 1929, vorm. 9h, Prof. P. Ludwik, „Dauerversuche". Prof. O. Föppl u. Dr.-Ing. G. v. Heydekampf, „Dauerfestigkeit und Konstruktion". Dipl.-Ing. W. Deutsch, „Maschinen und Vorrichtungen für Dauerprüfungen". Dr.-Ing. W. Herold, „Ausbildung der Risse. Beziehung zur Zerreißfestigkeit". Dr.-Ing. G. Sachs, „Eine neue Spannungsgrenze und ihre Beziehung zur Dauerfestigkeit". Reichsbahnrat R. Kühnel, „Dauerbrüche und Dauerfestigkeit. Erfahrungen und Versuchsergebnisse aus dem Reichsbahnbetrieb". Dr.-Ing. K. Matthaes, „Ermüdungseigenschaften von Kurbelwellenstahl".

9. X. 1929, nachm. 3h, Prof. R. Glocker, „Untersuchung der Werkstoffe mit Röntgenstrahlen". Prof. H. Mark, „Röntgenuntersuchungen an organischen Werkstoffen". Prof. H. Stintzing, „Spektralanalyse". Dr.-Ing. G. Sachs, „Verformung metallischer Werkstoffe im Röntgenbild". Dr.-phil. F. Wever, „Aufbau metallischer Werkstoffe im Röntgenbild". Dr.-Ing. F. Halla, „Untersuchung von Elektrolyteisen".

10. X. 1929, vorm. 9h, Dr. F. Feigl, „Die Mikrochemie im Dienste der Materialprüfung". Prof. F. Paneth, „Über einige radioaktive und spektroskopische Methoden in der Mikrochemie". Dr.-Ing. R. Strebinger, „Quantitative anorganische Mikroanalyse". Prof. H. Leitmeier, „Neue Reaktionen zur Prüfung mineralischer Stoffe". Dr.-Ing. M. Nießner, „Die richtige Erkennung von Sulfidseigerungen".

Auskunft erteilen die Geschäftstellen: Berlin NW 7, Dorotheenstraße 40, und Wien I, Eschenbachgasse 9.

PERSÖNLICHES.

F. Overmann †. — Am 7. IX. starb unerwartet Ferdinand Overmann, Generaldirektor des Kommunalen Elektrizitätswerks Mark A. G., Hagen. Wir werden auf die Verdienste des Verstorbenen noch in einem besonderen Nachruf zurückkommen.

O. Arendt. — Otto Arendt, Ministerialdirektor im Reichspostministerium, ist mit dem 1. September aus dem Dienste des R.P.M. ausgeschieden. In der Reichspostverwaltung, der er seit 1891 angehörte, war sein besonderes Arbeitsgebiet zunächst die Herrichtung des in den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in Deutschland verlegten Netzes von Guttaperchakabeln für den Schnelltelegraphenbetrieb sowie die Einführung des selbsttätigen Schnelltelegraphen auf große Entfernungen. Das führte zu einer Ausdehnung seiner Tätigkeit über die Grenzen Deutschlands und Europas hinaus im Verein mit den Ingenieuren der übrigen beteiligten Telegraphenverwaltungen, und diese Tätigkeit wiederum leitete dazu über, ihm die Vertretung der deutschen Belange im internationalen Nachrichtenverkehr allgemein zu übertragen. In dieser Eigenschaft war Herr Arendt mehrfach Mitglied und Führer der deutschen Abordnungen bei internationalen Konferenzen, zuletzt beim Welt-Funkkongreß in Washington und beim Welt-Telegraphenkongreß in Brüssel. Im Krieg hat Herr Arendt den Schnelltelegraphenverkehr des großen Hauptquartiers mit der Heimat und mit den Armee-Oberkommandos organisiert und den Abhördienst zum Abhören feindlicher Gespräche eingerichtet. Als Ministerialdirektor im Reichspostministerium lag ihm die Leitung der Inlandstelegraphie und der gesamten Verbindungen mit dem Auslande auf dem Gebiete des Telegraphen-, Fernsprech- und Funkwesens ob. Am 1. September ist Herr Arendt zur Firma Felten & Guilleaume übergetreten. Im Oktober wird er an dem Welt-Ingenieurkongreß in Tokio teilnehmen.



O. Arendt.

Zum Ministerialdirektor beim Reichspostministerium wurde als Nachfolger des Herrn Arendt der Präsident des Reichspostzentralamtes, Herr Dr.-Ing. Kruckow ernannt[1].

Zum Präsidenten des Reichspostzentralamtes wurde der Abteilungsdirektor Ohnesorge ernannt.

P. Mamroth. — Am 21. September d. J. beging Herr Kommerzienrat Dr.-Ing. E. h. Paul Mamroth seinen 70. Geburtstag. Mamroth gehört seit dem Jahre 1883, in dem die Deutsche Edison-Gesellschaft, die Vorläuferin der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, gegründet wurde, der Verwaltung der AEG an und ist einer der wenigen überlebenden, von Emil Rathenau s. Z. mit scharfem Blick bestellten Mitarbeiter. Er hat an dem finanziellen Aufbau der Gesellschaft einen maßgeblichen Anteil gehabt. Zu seinen besonderen Obliegenheiten gehörte weiterhin die Führung zahlreicher Tochtergesellschaften der AEG, so der Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft, deren vorsitzender Direktor er seit mehr als 30 Jahren ist, der Bank elektrischer Werte, der vormaligen Berliner Elektrizitäts-Werke. Mamroths Name ist ganz besonders eng verknüpft mit der Geschichte der Glühlampe, indem er diesem wichtigen Fabrikationszweig der AEG in zäher Arbeit den Weg zu weiter Verbreitung bahnte, als Vorsitzender des Delegationsrats der unter seinem wesentlichen Beistand gegründeten „Internationalen Verkaufsstelle vereinigter Glühlampen-Fabriken" wirkte und später an die Spitze des Delegationsrats und des engeren Ausschusses der die drei großen deutschen Glühlampenfabriken vereinigenden Osram-Kommanditgesellschaft trat. Im Jahre 1928 ist Kommerzienrat Mamroth unter Beibehaltung wichtiger Ämter in den der AEG nahestehenden Gesellschaften aus dem Vorstand des Unternehmens ausgeschieden; er gehört seitdem dem Aufsichtsrat an.

H. Staudinger. — Herr Ministerialdirektor Dr. Staudinger im preußischen Ministerium für Handel und Gewerbe, der kürzlich auf der VDE-Tagung in Aachen namens der Reichs- und Staatsbehörden die Versammlung begrüßte und der Hoffnung Ausdruck gab, daß möglichst auf dem Wege freier Vereinbarung die deutsche Elektrizitätswirtschaft fruchtbare Arbeit leiste[2], ist zum Staatssekretär befördert worden.

Hochschulnachrichten. — Prof. Dr. G. Leithäuser und Dr. H. Salinger, bisher Posträte im Reichspostzentralamt, sind zu außerordentlichen Professoren an der T. H. Berlin ernannt worden. Gleichzeitig übernimmt Prof. Leithäuser die Leitung der Abteilung für Hochfrequenztechnik, Dr. Salinger die der Abteilung für Telegraphie und Fernsprechtechnik am Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung. — An der T. H. Berlin hat sich Dr.-Ing. Franz Ollendorf habilitiert. Er wird über Fragen der theoretischen Elektrotechnik lesen.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die synchronen Wechselstrommaschinen. Zum Gebr. an techn. Lehranst. u. z. Selbstunterr. bearb. von Prof. Dr. J. Kollert (Kühlmann, Wechselstromtechnik, 3 Aufl.). Mit 200 Abb., XI u. 247 S. in gr. 8°. Verlag von Oskar Leiner, Leipzig 1928. Preis kart. 12 RM, geb. 14,50 RM.

Auf knapp 250 Seiten werden die synchronen Wechselstrommaschinen und die Einankerumformer behandelt. Von mathematischen Ableitungen und Formeln wird öfters Gebrauch gemacht, vielleicht mehr als es für ein Buch von diesem Umfang empfehlenswert wäre. Die Behandlung des Stoffes ist klar. Der Studierende findet in diesem Buche sowohl die theoretischen Grundlagen wie ausführliche Beispiele für die Berechnung der Synchronmaschine.

[1] S. ETZ 1927, S. 1467.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1106.



Für die nächste Auflage mögen folgende Wünsche geäußert werden:

Die Abb. 20 auf S. 13 ist dem Buch von Pichelmayer entnommen. Zu diesem Bild vom Jahre 1908 gehört heutzutage die Ergänzung, daß man bei größeren Synchronmaschinen meistens offene Nuten verwendet. Die Abb. 28 ... 30 stellen veraltete Konstruktionen dar und sollten lieber weggelassen werden. Bei der Behandlung der Ankerwicklungen, Kapitel III, sind die Bruchlochwicklungen ganz übergangen. Die heutzutage sehr oft gebrauchte Zweischichtwicklung müßte ausführlicher behandelt werden. Auf S. 63 sollte das Minuszeichen in der Formel für die induzierte EMK nicht fehlen. Statt vom „Nutenfaktor" wäre es zweckmäßiger, wie allgemein üblich, vom „Wicklungsfaktor" zu sprechen (S. 65). Die Berechnung des Ankerquerfeldes auf S. 96 u. f. ist umständlich, die Arnoldsche Rechnung ist einfacher. Die Zerlegung des Ankerfeldes in das Längs- und Querfeld bedeutet eine Zerlegung in zwei solche Felder, von denen eins die Amplitude über der Polmitte, das andere die Amplitude über der Mitte der Pollücke hat. Die EMK, die dieses letztere Feld in der Ankerwicklung induziert, steht aber dann nicht senkrecht auf dem Ankerstrom, so daß die Zusammensetzung $L_a = L_s + L_q$ auf Seite 100 nicht korrekt ist. Entschließt man sich einmal, das Ankerfeld nach dem Blondel-Arnoldschen Verfahren zu zerlegen, so bleibt man zweckmäßigerweise auch bei dem Blondel-Arnoldschen Spannungsdiagramm, in dem die vom Ankerquerfeld induzierte EMK senkrecht auf der vom Längsfeld induzierten EMK steht. Der Begriff des „Vergrößerungsfaktors" dürfte bei der Behandlung der Pendelungen der Synchronmaschine (S. 123 u. f.) nicht fehlen. Die Bedingungen für das Intrittfallen synchronisierter Asynchronmotoren (S. 135 u. f.) sind zu ausführlich behandelt. Es wäre zweckmäßiger, den verfügbaren Platz für eine Erläuterung der Vorgänge in der Einphasen-Synchronmaschine (Wirkung des inversen Drehfeldes, Dämpferwicklung) zu verwenden. Bei der Berechnung des Einphasengenerators (S. 173 u. f.) müßte die Berechnung der zugehörigen Dämpferwicklung gebracht werden.

M. Liwschitz.

Telephone and power transmission. Von R. Bradfield u. W. J. John. Mit 112 Textabb., XI u. 238 S. in 8°. Verlag von Chapman & Hall, Ltd., London 1928. Preis geb. 21 sh.

Das vorliegende Werk ist zur Einführung Studierender in die Theorie der Wechselstromübertragung gedacht, soweit diese sich aus einer mathematisch einfachen Interpretation der Telegraphengleichung herleiten läßt. Nach einer kurzen Darstellung der Eigenschaften reeller und komplexer Exponentialfunktionen (erstes Kapitel) werden aus den Kirchhoffschen Sätzen die Telegraphengleichungen hergeleitet und für quasistationären Zustand bei verschiedenartigen Grenzbedingungen integriert (zweites Kapitel). Im dritten Kapitel werden die für die Telephonie grundlegenden Erscheinungen der Dämpfung und Verzerrung besprochen und hieraus das Verständnis für die Wirksamkeit von Pupin- und Krarupleitungen entwickelt; eine Zusammenstellung von Formeln zur Berechnung der Leitungskonstanten samt einigen Meßverfahren (fünftes Kapitel) beschließt den ersten Teil des Buches. Der zweite Teil, welcher die Kraftübertragung schildert, baut auf den Grundlagen des ersten Teiles auf; für kurze Leitungen werden in üblicher Weise Näherungsgleichungen entwickelt, welche dann zu den Begriffen des Spannungsabfalles und des Ladestromes hinleiten (fünftes Kapitel). Das sechste Kapitel beschäftigt sich mit dem Einfluß der Transformatoren auf das Spannungsdiagramm, wobei diese Apparate durch ihr Ersatzbild in das Netzschaltbild eingefügt werden. Die elementare Theorie der Wanderwelle (auf verlustfreier Leitung) bildet den Gegenstand des siebenten Kapitels; hier werden neben den Grundgesetzen der Ausbreitung die einfachsten Reflexionsvorgänge behandelt, während das folgende (achte) Kapitel auf etwas breiterer Grundlage einige typische Wanderwellenformen in Entstehung und Verlauf beschreibt. Das neunte (Schluß-) Kapitel ergänzt die Wanderwellentheorie nach der mathematischen Seite, wobei allerdings mangels größerer Hilfsmittel die Beschränkung auf den Fall der verzerrungsfreien Leitung geboten ist.

Das Werk ist durchweg leicht und flüssig geschrieben; zahlreiche numerische Beispiele zeigen den Gebrauch der komplexen Exponentialfunktionen, wobei — wie bei einem englischen Werk verständlich — insbesondere auf die bekannten Kenellyschen Tafeln verwiesen wird. Dagegen vermißt man gelegentlich eine physikalische Deutung der Ergebnisse namentlich mit Bezug auf die anfänglich paradoxen Erscheinungen der Wellenausbreitung (z. B. ist das Ferrantiphänomen nicht erwähnt); auch die Abbildungen, namentlich des ersten Teiles, sind nicht immer glücklich gewählt. Trotz dieser Einschränkungen kann das Werk als erste Einführung durchaus empfohlen werden, wenn sich auf seiner Lektüre ein vertieftes Studium dieser Fragen aufbaut.

Fr. Ollendorff.

Handbuch der Anorganischen Chemie. Herausgeg. v. Prof. Dr. R. Abegg, Dr. Fr. Auerbach u. Prof. Dr. I. Koppel. 4. Bd., 3. Abt.: Die Elemente der achten Gruppe des periodischen Systems. Herausg. v. Prof. Dr. I. Koppel. 1. Teil: Die Edelgase. Von Dr. E. Rabinowitsch. Mit 50 Fig. u. 232 Tab. im Text, XII u. 522 S. in gr. 8°. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1928. Preis geh. 45 RM, geb. 48 RM.

Mit dem vorliegenden Band der bereits in einer Reihe von Teilbänden erschienenen umfassenden Monographie der chemischen Elemente beginnt die letzte Abteilung dieses Handbuchs, welche die Elemente der achten Gruppe des periodischen Systems umfaßt. Auf diesen den Edelgasen einschließlich der radioaktiven Emanationen gewidmeten Band ist in besonderem Maße außer dem Chemiker auch der Physiker und der physikalische Techniker hinzuweisen. Denn stärker als bei allen anderen Elementen treten bei den Edelgasen gegenüber den chemischen die physikalischen Eigenschaften hervor, und weit überwiegend sind es physikalische Methoden, deren wir zur Erforschung dieser Elemente bedürfen.

Es ist aus diesem Grunde auch die Darstellung im wesentlichen nach physikalischen Gesichtspunkten geordnet. In einem ersten, mehr praktischen Abschnitt werden zunächst Vorkommen, Darstellung, Nachweis und Anwendungen der Edelgase besprochen. Darauf folgt eine systematische Zusammenfassung aller derjenigen bekannten Atomeigenschaften bzw. Erscheinungen, welche zur elektrischen Atomstruktur in unmittelbarer Beziehung stehen. Hierher gehört die Kenntnis der Kernmasse, des Kernbaus, der natürlichen und künstlichen Kernumwandlung, der Spektren, der chemischen, elektrischen und magnetischen Eigenschaften und des Verhaltens der Edelgase gegenüber Licht- und Korpuskularstrahlen. Schließlich werden die in das Gebiet der Molekülkinetik bzw. der Thermodynamik gehörigen Erscheinungen der inneren Reibung, Diffusion und Wärmeleitung, die Zustandseigenschaften, Phasengleichgewichte, Hydratbildung, Löslichkeit und Adsorption behandelt.

Man vermißt in dieser umfassenden, gründlichen und durch die große Vollständigkeit ihrer Hinweise ausgezeichneten Darstellung kaum eine Frage, die irgendwie mit unserer gegenwärtigen Kenntnis der Edelgase zusammenhängt. Es ist insbesondere auch die quantitative Kenntnis mit großer Übersichtlichkeit in zahlreichen tabellarischen Zusammenstellungen verzeichnet. Besonders hinzuweisen ist auf das vorzügliche, sachlich geordnete und, soweit zu sehen, kaum ernstliche Lücken aufweisende Literaturverzeichnis, in dem nahezu 1500 den Gegenstand betreffende Untersuchungen zusammengestellt sind, die alle im Text, wenn auch teilweise knappe Berücksichtigung gefunden haben.

Dr. A. Becker.

Spannungskurven in rechteckigen und keilförmigen Trägern. Theorie und Versuch über Spannungsverteilung als Scheibenproblem mit bes. Berücks. der lokalen Störung. Von A. Miura. Mit 142 Abb. im Text u. a. 6 Tafeln, V u. 111 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 11 RM, geb. 12,50 RM.

Die große Bedeutung, die im Elektromaschinenbau dem Schwalbenschwanz als tragendes Maschinenelement zukommt, äußert sich unverkennbar in den zahlreichen Aufsätzen, die seiner Bemessung gewidmet sind[1]. Soweit sie sich mit der Festigkeitsrechnung, der Ermittlung der elastischen Spannungen befassen, leiden sie aber mit alleiniger Ausnahme der unten zitierten Arbeit von Dr. Schmalz an sehr unzutreffenden grundlegenden Voraussetzungen, insofern als die Beanspruchungen nach der elementaren Biegungslehre gerechnet werden. Diese stimmt bekanntlich mit der Wirklichkeit nur dann gut überein, wenn die Querschnittshöhe des gebogenen Balkens sich längs des Balkens nur sehr langsam ändert, und wenn sie überhaupt sehr klein im Verhältnis zur Balkenlänge ist. Ferner wird von den Normalspannungen (Zug und Druck) vorausgesetzt, daß nur in die Balkenlängsrichtung fallende vorhanden sind, daß die

[1] László, ETZ 1924, S. 493. — Rott, ETZ 1926, S. 1473. — Wagemann, ETZ 1927, S. 860. — Haimann, ETZ 1927, S. 1403. — Schmalz. El. u. Maschinenb. 1927, S. 493.



Balkenoberkante unbelastet ist. Bei der kurzen sich stark verjüngenden Zacke der Schwalbenschwänze ist das alles offenbar nicht im entferntesten zutreffend.

Daher wird man es als erheblichen Fortschritt auf diesem Gebiete werten müssen, wenn in seiner Schrift „Spannungskurven in rechteckigen und keilförmigen Trägern" Professor Akira Miura den Spannungsverlauf ohne die eben erwähnten wenig Vertrauen erweckenden Einschränkungen errechnet und die Resultate mit denjenigen der elementaren Biegungslehre vergleicht. Da es nicht möglich ist, den reichhaltigen Stoff hier einzeln aufzuzählen, soll nur orientierend erwähnt werden, daß etwa 35 Seiten, d. i. etwa ein Drittel des Gesamtumfangs der Schrift, speziell Beispiele des keilförmigen Trägers behandeln, unter anderen den besonders interessierenden abgestumpften Zacken. Das erste Drittel enthält die grundlegenden Entwicklungen und den „kurzen" Träger konstanter Höhe, während das letzte Drittel als experimenteller Teil die spannungsoptische Methode beschreibt und eine Anzahl mit ihr gewonnener Ergebnisse vermittelt.

Man wird vielleicht wünschen, daß die Formänderungen ebenso gründlich bearbeitet werden möchten, wie es hier mit den Spannungen geschehen ist. In dieser Hinsicht dürfte vorteilhaft eine Schrift zu erwähnen sein, die sich ebenfalls sehr eingehend mit dem Problem der Balkenbiegung befaßt, und die möglicherweise im Kreise der Elektromaschinenbauer noch recht unbekannt sein mag: Heft 7 der „Abhandlungen aus dem aerodynamischen Institut an der Technischen Hochschule Aachen"[1].

Schönfelder.

Handbuch der Brennstofftechnik. Herausgeg. v. d. Heinrich Koppers A. G., Essen. Mit zahlr. Abb. u. Tab., 321 S. in 8°. Verlag W. Girardet, Essen 1928. Preis geb. 5 RM.

Für den Bereich ihrer Arbeitsgebiete, in erweitertem Sinne betrachtet, hat die bekannte Koksofen- und Gaswerksfirma Koppers ein Tabellenwerk zusammengestellt, das, zumal im Hinblick auf seinen niedrigen Preis, auch für den allgemeinen Gebrauch wertvoll sein dürfte. Die große Zahl von Tabellen ist in 7 Abschnitte gegliedert, die zunächst allgemeine Größen, wie Formelzeichen, Maßeinheiten usw., dann chemische Werte, dann wärmetechnische Werte, Brennstoffe aller Arten, Gase, Nebenerzeugnisse der Vergasung behandeln und schließlich auch auf einige der gebräuchlichsten Maschinen- und Bauteile eingehen. Besonders bequem sind die vielen Umrechnungswerte für ausländische technische Maßeinheiten verwendbar, deren Verzeichnis zweckmäßig noch auf das Gebiet des Maschinenwesens erweitert werden könnte. Auch das sehr ausführliche Stichwortverzeichnis am Schluß des Buches dürfte die Gebrauchsfähigkeit des Inhalts steigern. Viele von den Tabellen entstammen den bekannten Taschenbüchern und den Arbeiten des Normenausschusses der Industrie.

Im ganzen eine recht anerkennenswerte und für die Praxis nutzbringende Leistung. Heller.

Behandlung von Schwingungsaufgaben mit komplexen Amplituden und mit Vektoren. Von Prof. Dr. H. G. Möller. Mit 91 Abb., 1 Taf., X u. 128 S. in 8°. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1928. Preis geh. 6 RM, geb. 8 RM.

Das Rechnen mit komplexen Zahlen ist immer noch vielen Elektrotechnikern ein Gebiet der Geheimnisse und Symbole, von denen die reale Erscheinungswelt überschattet wird. Deshalb ist jede Arbeit wertvoll, die jene eigentliche Sprache der Schwingungstechnik veranschaulicht. Solches Ziel erstrebt das Möllersche Buch. An Hand glücklich gewählter Beispiele werden die theoretischen Grundlagen geklärt, die Sonderheiten der einzelnen Rechenmethoden gegeneinander abgewogen und die Überlegenheit der komplexen Rechnung erwiesen. Elementare Anwendungen aus Mechanik und Elektrotechnik stehen dem Leser schon als Lohn dieses ersten Kapitels in großer Zahl zur Verfügung; er folgt auf dieser Grundlage leicht den schwierigeren Anwendungen, wie sie durch die Worte: Wechselstrombrücken und Resonanzkreise, Transformatoren und Induktionsmotoren, Wirbelströme und Kabelprobleme, Röhrensender und Telephon umschrieben werden. Alle diese vielfachen Fragen werden durch das zweite Kapitel in weitem Rahmen umspannt, das mathematisch-methodisch Wesentliche knapp und klar diskutiert. Technische Einzelheiten und letzte Feinheiten müssen hierbei unterdrückt werden; ob freilich die aus solcher Großzügigkeit fließende Einstellung zur Mathematik zweckmäßig ist, die fundamentale Lehrsätze als „glücklichen Zufall" bezeichnet, muß dahingestellt bleiben. Ebenso sähen wir gern die Literaturhinweise vermehrt, da ja gute Bücher ähnlichen Inhaltes, wenn auch mehr elektrotechnischer Richtung, schon vorliegen. Diese kleinen Mängel mindern indes den Wert des Buches nicht; seine frische und klare Sprache wird bald viele Freunde werben und dem Buch die verdiente Verbreitung, namentlich unter den Studierenden, sichern.

F. Ollendorff.

[1] 62 Seiten, herausgegeben von Professor Dr. Th. v. Kármán, Verlag Julius Springer, Berlin 1927.

Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung. Von R. Courant. Bd. 2: Funktionen mehrerer Veränderlicher. Mit 88 Textfig., VII u. 360 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 18,60 RM.

Dieser zweite Band bestätigt das schon bei Besprechung des ersten Bandes[1] abgegebene Urteil. Es handelt sich um eines der brauchbarsten, dabei durchaus zuverlässigen Lehrbücher der Differential- und Integralrechnung, die wir haben. „Bei der Darstellung habe ich denselben Grundsatz zu befolgen gesucht wie im ersten Bande: die Begriffsbildungen und Methoden aus ihren anschaulichen Quellen heraus zu motivieren und überall den Zugang zu den Anwendungen nach Möglichkeit zu erleichtern — ein Bestreben, das mit den Anforderungen der Strenge durchaus vereinbar erscheint."

Das Buch gliedert sich in 6 Kapitel: 1. Vorbemerkungen über analytische Geometrie und Vektorrechnung. 2. Funktionen mehrerer Veränderlicher und ihre Ableitungen. 3. Ausbau und Anwendungen der Differentialrechnung. 4. Integrale von Funktionen mehrerer Veränderlicher. 5. Integration über mehrdimensionale Bereiche (dabei die Sätze von Gauss, Stokes und Green). 6. Anwendungen, insbesondere Differentialgleichungen (für diese ist natürlich nur wenig Platz da).

Am Schluß ein Sachverzeichnis und ein Verzeichnis der wichtigsten Formeln und Sätze.

Die abstrakten Betrachtungen sind wieder wie im ersten Bande in Anhänge zu den einzelnen Kapiteln verwiesen, so daß sie beim ersten Studium fortgelassen werden können. Hamel.

Ludwig Franzius. Von G. de Thierry. (Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte.) Mit IV u. 33 S. in 8°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geh. 1 RM, für VdI-Mitgl. 0,90 RM.

Die kleine Schrift bringt das Lebensbild eines bedeutenden Ingenieurs, sein Streben und Kämpfen und seine Erfolge. Jugend und Studienzeit, die Tätigkeiten im hannoverschen und preußischen Staatsdienst; der bremische Dienst und das Leben daselbst sowie die schriftstellerischen Arbeiten werden behandelt. Wir wissen, daß das Werk, das den Namen Franzius bekannt gemacht hat, die erfolgreiche Korrektion der Unterweser gewesen ist, allerdings auch bedeutsam genug in seiner Wirkung für eine Stadt und ein kleines Gemeinwesen, das dadurch der großen Seeschiffahrt erschlossen wurde. Das begründet das Erscheinen dieser Lebensbeschreibung, die das Verdienst hat, den Namen Franzius der Nachwelt — wenigstens in engeren Fachkreisen — zu erhalten. Das Lesen eines Buches über ein Lebenswerk weckt, wie schon Franzius selbst betont, Gedanken über das eigene Schicksal, Prüfungen an sich selbst, und so ist diese Arbeit für jeden nützlich. Man erkennt die Wünsche und Bestrebungen des Einzelnen als Inhalt seines Lebens, und zufrieden kann der sein, dessen Abschluß einen Erfolg für die Allgemeinheit und für sich selbst bedeutet, wie ihn Franzius gehabt hat.

Wenn man diesen Lebensgang verfolgt, sieht man im übrigen, in wie einfachen Formen sich s. Z. die Ausbildung des Ingenieurs vollzog. Die Aufgaben haben sich inzwischen erweitert, die Ziele sind gewachsen, und die Vorbildung baut sich heute auf breiterer Grundlage auf. Alles ist ständig in Entwicklung und Fortbildung. Die Notwendigkeit, den Ingenieur auch wirtschaftlich zu erziehen, ist auch heute leider noch nicht in alle diese Kreise gedrungen, vor allem fehlt der jungen Welt vielfach selbst diese Erkenntnis, bis sie im späteren Leben das Fehlende vermißt und sieht, daß in der Jugend Versäumtes nur mit doppelter und dreifacher Arbeit nachgeholt werden kann. Die Bedeutung rechtzeitiger Einsicht zeigt auch dieses Lebensbild. E. Mattern.

[1] ETZ 1928, S. 1662.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Kohle. — Die vom Reichskohlenrat herausgegebene Statistische Übersicht über die Kohlenwirtschaft im Jahre 1928 bringt Zahlen über die Förderung der Welt seit 1900, die von den im vorigen Jahr genannten Werten[1] infolge inzwischen erfolgter Berichtigungen etwas abweichen:

Jahr	Kohlenförderung der Welt in Mill t		
	Steinkohle	Braunkohle	Zusammen ohne Umrechnung
1900	707,6	67,9	775,5
1913	1212,7	128,0	1340,7
1920	1160,1	154,3	1314,4
1926	1177.4	182,6	1360,0
1927	1267,3	196.9	1464,2
1928	1224,6	213,5	1438,1

Es ergibt sich also im Jahr 1928 gegenüber 1927 eine Abnahme von 1,8 %, gegenüber 1913 allerdings noch ein Mehr von 7,3 %. Von der Gesamtsumme entfallen 85,2 % auf Steinkohlen und 14,9 % auf Braunkohlen. Das Anteilverhältnis hat sich somit weiterhin zuungunsten der Steinkohle verschoben; im Jahr 1927 stellte es sich auf 86,6 % für Steinkohle und 13,5 % für Braunkohle. Von der Weltsteinkohlenförderung entfielen 1928 590,5 Mill t oder 48,2 % (47,7 i. V.) auf Europa, während Amerika mit 529,5 Mill t (554,9 i. V.) oder 43,2 % (43,8 % i. V.), mithin wenig schwächer als 1927 an der Gesamtproduktion beteiligt war. Europa bleibt wie im Vorjahr unter den Steinkohle fördernden Ländern an erster Stelle. Der Vorsprung gegenüber Amerika beträgt rd. 5 %. Die Steinkohlenproduktion Englands erreichte 241,6 Mill t (255,3 i. V.) und diejenige Deutschlands 150,9 Mill t (153,6 i. V.). In der Braunkohlenförderung stand Deutschland mit 166,2 Mill t an der Spitze aller Länder (150,5 i. V.), ihm folgt die Tschechoslowakei mit 20,7 Mill t (20 i. V.). Der Kohlenverbrauch der Welt (Braunkohle, Koks, Briketts auf Steinkohle umgerechnet) stellte sich im Berichtsjahr auf etwa 1204 Mill t (1266 i. V.), wovon 586 auf Europa (612,5 i. V.) und 524 Mill t auf Amerika entfielen (556,3 i. V.). Für Deutschland und 1928 weist die Statistik insgesamt eine Kohlenförderung von 187,8, eine Einfuhr von 8,9 Mill t, eine Ausfuhr (einschl. der Ententelieferungen) von 37,3 Mill t und einen Verbrauch (einschl. der Bestände der Zechen und Zechenhandelsgesellschaften) von 157,4 Mill t auf.

Italiens elektrotechnischer Außenhandel. — Nach den in der wirtschaftlich-statistischen Monatsbeilage zur L'Energia el. für 1928 mitgeteilten Angaben ist, soweit die in der Zahlentafel genannten Erzeugnisse erfaßt werden, die Einfuhr gegen das Vorjahr um 22 325 dz (22 %) bzw. 49,153

Erzeugnisse	Einfuhr				Ausfuhr			
	Mengen in dz		Wert in 1000 Lire		Mengen in dz		Wert in 1000 Lire	
	1928	1927	1928	1927	1928	1927	1928	1927
Generatoren	24 018	21 153	43 107	40 663	16 745	22 890	22 693	28 989
Akkumulatoren und Teile	2 175	1 094	2 972	1 835	3 261	2 313	3 515	3 206
Transformatoren	3 402	4 015	5 452	5 813	870	1 735	837	1 495
Meßinstrumente	279	191	4 193	2 862	14	16	130	111
Elektrizitätszähler	6 766	3 403	11 177	14 862	110	211	293	777
Telegraphen- und Fernsprechapparate	5 606	4 938	53 045	49 623	291	353	1 435	2 096
Radiogerät	3 021	1 454	30 024	18 711	363	405	1 221	2 157
Verschiedene elektrische Vorrichtungen	24 319	15 393	72 339	43 929	7 305	5 261	10 060	10 240
Ofenelektroden	35 515	31 714	11 231	13 560	2 524	11 095	490	1 533
Lampenbrennstifte	1 709	1 271	3 532	2 796	24	488	43	76
Bogenlampen	8	14	54	126	—	—	—	—
Glühlampen	5 457	4 192	39 808	33 505	2 106	390	7 362	2 943
Glaskolben dazu	3 947	3 099	3 075	2 139	2	1	2	2
Isolierrohre	47	76	35	43	175	147	303	120
Isolatoren aus Porzellan und Glas	2 480	3 096	1 572	1 961	2 731	566	1 504	376
Isolierte Drähte und Kabel	4 252	5 573	6 010	6 045	44 333	30 933	22 387	18 554
	123 001	100 676	287 626	238 473	80 854	76 804	72 275	72 675

Mill Lire (rd. 20 %) gestiegen. Geringer als 1927 war der Import von Transformatoren, Bogenlampen, Isolierrohren, Isolatoren und isoliertem Leitungsmaterial, dem Wert nach auch von Elektrizitätszählern und Ofenelektroden. Die Ausfuhr weist mengenmäßig nur eine Zunahme um 4050 dz (5 %) auf, die Akkumulatoren, verschiedene elektrische Vorrichtungen, Glühlampen, Isolierrohre, Isolatoren sowie isolierte Drähte und Kabel betraf, während sie im übrigen teilweise, z. B. bei Ofenelektroden, beträchtlich gesunken ist. Der Wert des Exports war um 0,4 Mill Lire kleiner als 1927 und hat sich auch bei Generatoren und nicht näher bezeichneten Gegenständen verringert. Die Gesamtzahl der in Italien 1928 hergestellten Glühlampen betrug 16,128 Mill Stück (14,245 i. V.).

[1] ETZ 1928, S. 1527.

Aus der Leuchtmittelindustrie. — Der soeben vom Statistischen Reichsamt herausgegebenen „Sammlung produktionsstatistischer Ergebnisse bis zum Jahre 1928"[1] entnehmen wir in Ergänzung der von der ETZ 1927, S. 95, gebrachten Angaben, daß im Rechnungsjahr 1925/26 77,902 Mill Metalldrahtlampen und Nernstbrenner hergestellt worden sind. Diese Zahl hat sich 1926/27 auf 76,311 Millionen verringert, 1927/28 aber auf 93,972 Mill Stück erhöht. An Brennstiften für Bogenlampen wurden in den genannten drei Rechnungsjahren bzw. 777, 842 und 929 t erzeugt. Die Produktion von Quecksilberdampf- und ähnlichen Lampen betrug jährlich 2000 Stück.

Aus der Geschäftswelt. — Die Velmag, Vereinigte Fabriken elektr. Meßinstrumente u. Apparate G. m. b. H., Leipzig-Stötteritz, hat in Leipzig O 27, Melscherstr. 7, neue Fabrikationsräume eingerichtet und mit der Zusammenlegung der Betriebe eine Neugruppierung der einzelnen Werkstätten nach modernen Grundsätzen vorgenommen.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Deutsche Western Electric G. m. b. H., Berlin (40 000 RM): Herstellung, Verkauf, Vertrieb usw. von Film- und Tonfilm-Aufnahme- und Wiedergabeapparaten usw.; Die Uhr, Gesellschaft für drahtlose Zeitübermittlung m. b. H., Karlsruhe (20 000 RM): Erwerb, Vertretung, Veräußerung und Fabrikation sämtlicher Schneiderschen Patente für die drahtlose Zeitzentrale im In- und Ausland; Fernseh A. G., Berlin (0,1 Mill RM): Erwerb und Verwertung von Schutzrechten aller Art auf dem Gebiet des Fernsehens sowie Herstellung und Vertrieb von Fernsehgeräten aller Art; „Elspemag" Elektrische Spezial-Maschinen-Gesellschaft m. b. H., Berlin (20 000 RM); Philelektra A. G. für Elektrotechnik, Frankfurt a. M. (0,2 Mill RM): Herstellung und Vertrieb von Gegenständen der feinmechanischen und elektrotechnischen Industrie (das Unternehmen gehört zum holländischen Philips-Konzern); Gas- und Stromversorgung Mittelsachsen A. G., Kalbe a. S. (0,2 Mill RM): Versorgung der Bevölkerung mit Gas und Elektrizität, Bezug und Lieferung von Licht, Heiz- und Kraftmitteln aller Art, Errichtung der hierzu erforderlichen Anlagen usw. Unter den Gründern werden der Landkreis Kalbe und die Thüringer Gasgesellschaft, Leipzig, genannt; Dr.-Ing. Franz Lawaczeck Kraftnutzung G. m. b. H., München (0,1 Mill RM): Durchführung der auf dem Gebiet der Kraftnutzung im Sinne der Verbindung von Spitzen- und Überschußstromverwertung gegebenen Beratungen und Bearbeitungen sowie die wirtschaftliche Verwertung der Lawaczeckschen Turbinen und Pumpen; Elektrotherm G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von elektrischen Durchlauferhitzern und anderer elektrischer Apparate.

[1] Industrielle Produktionsstatistik, Sonderheft Nr. 6 zu Wirtsch. u. Stat.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 315: Wer stellt Tetloflorid-Sicherungen her?

Abschluß des Heftes: 21. September 1929.

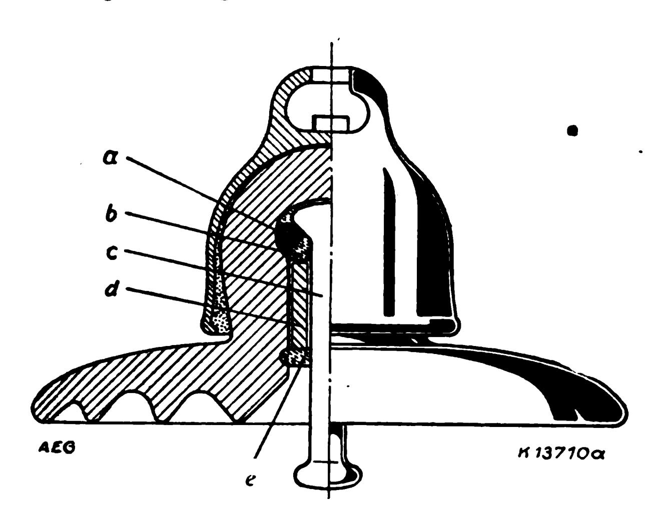
Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Kugelring-Isolatoren

Mitteilung der AEG.

Kappen-Isolatoren werden in Deutschland heute fast ausnahmslos mit kittloser Klöppelbefestigung hergestellt. Die verschiedenen auf dem Markt befindlichen Konstruktionen stimmen in der äußeren Form vollkommen überein. Sie unterscheiden sich bei gleicher Beanspruchung des Porzellans auf Druck, bzw. Abscherung, doch grundlegend durch die Ausbildung und Anordnung der die Last vom Klöppel auf das Porzellan übertragenden Organe und die Werkstoffe, aus denen

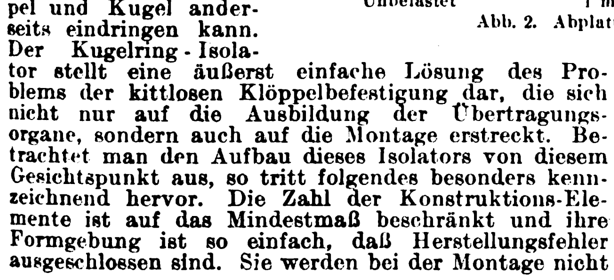


a = Ring aus Metallkugeln c = Klöppel
b = Bleiausguß d = Porzellanhülse
e = Bleiverschluß

Abb. 1. Kugelring-Isolator.

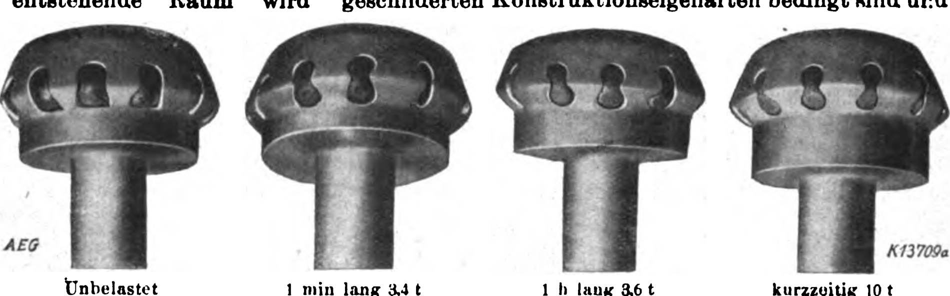
diese hergestellt werden. Es ist erklärlich, daß diese Faktoren einen ausschlaggebenden Einfluß auf die Eigenschaften der Isolatoren und damit auch auf ihre Brauchbarkeit im Betrieb haben.

Die AEG stellt als kittlose Kappen-Isolatorenbauart den in Abb. 1 dargestellten Kugelring-Isolator her. Bei diesem besteht der Klöppel aus einem Stück und ist oben kegelförmig ausgebildet, während der zum Einhängen in die Klöppelpfanne erforderliche Klöppelknopf unten angeordnet ist. Die Armierung des Kopfes wird in der üblichen Weise durch eine Kappe aus Temperguß mit Klöppelpfanne vorgenommen. Der nach dem Einbringen des Klöppels in den Isolator zwischen Klöppel und Porzellan entstehende Raum wird durch einen Ring von Kugeln ausgefüllt, die durch einen Bleiaufguß festgehalten werden. Der Klöppel wird bei der Montage des Isolators angezogen, so daß das den Kopf des Isolators ausfüllende Blei beim Ausgießen nicht zwischen Kugel und Porzellan einerseits und Klöppel und Kugel anderseits eindringen kann. Der Kugelring-Isolator stellt eine äußerst einfache Lösung des Problems der kittlosen Klöppelbefestigung dar, die sich nicht nur auf die Ausbildung der Übertragungsorgane, sondern auch auf die Montage erstreckt. Betrachtet man den Aufbau dieses Isolators von diesem Gesichtspunkt aus, so tritt folgendes besonders kennzeichnend hervor. Die Zahl der Konstruktions-Elemente ist auf das Mindestmaß beschränkt und ihre Formgebung ist so einfach, daß Herstellungsfehler ausgeschlossen sind. Sie werden bei der Montage nicht beansprucht und aus Werkstoffen hergestellt, deren Eigenschaften als vollkommen erforscht angesehen werden können. —



Durch die Verwendung geeigneter Werkstoffe und die Formgebung der Übertragungsorgane gelingt es, bei dem Kugelring-Isolator die spezifische Beanspruchung des Porzellans mit zunehmender Belastung in gleicher Höhe zu halten. Dadurch, daß die Kugeln aus einem Werkstoff hergestellt werden, dessen Härte kleiner ist als die des Porzellans und des Klöppels, liegen sie bei der Montage auf dem Porzellan und dem Klöppel punktförmig auf und platten sich bei der Belastung entsprechend der Zunahme der Last ab. Die Klöppelbefestigung des Kugelring-Isolators paßt sich also der Belastung, der er unterzogen wird, an, ohne daß plastische Zwischenlagen zwischen den Übertragungsorganen und dem Porzellan zur Vermeidung hoher spezifischer Beanspruchungen des Porzellans Verwendung finden müssen. Da die Bruch- und Garantiewerte der Kappen-Isolatoren von der Porzellanhöhe abhängig sind, ist durch den im Inneren des Isolators zur Verfügung stehenden Raum der Durchmesser der Kugel und die sich auf den Umfang verteilende Zahl der Kugeln festgelegt. Durchmesser und Härte der Kugeln sind bei den einzelnen Bauarten so gewählt, daß der Durchmesser in der Achse der Beanspruchung bei der Bruchlast des Isolators durch die Abplattung maximal um ein Drittel seines ursprünglichen Maßes vermindert werden kann. Die Abplattung der Kugeln bei verschiedenen Belastungsstufen ist in Abb. 2 dargestellt.

Die Klöppel mit den Kugeln und dem Bleiausguß sind nach den angegebenen Belastungen aus Isolatoren des sogenannten Normal-Typs (120 mm Porzellanhöhe, 280 mm Tellerdurchmesser) herausgeschlagen. Die Belastungen mit 3,4 t während 1 min und mit 3,6 t während 1 h entsprechen den zur Zeit in den VDE-Leitsätzen für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an festgelegten Werten für die Stück- bzw. Typenprüfung. Die zunehmende Abplattung der Kugeln bei steigender Last ist in Abb. 2 deutlich sichtbar. Durch die Auflösung des Übertragungsorgans in mehrere gleiche Teile (Kugeln) wird selbst bei Unebenheiten in der Ausdrehung des Isolatorkopfes eine gleichmäßige Beanspruchung des Porzellans auf dem ganzen Umfange gewährleistet. Durch Versuche, bei denen die Kugeln im Isolator durch einen Wachsausguß festgehalten werden, kann in einfacher Weise der Beweis erbracht werden, daß der Bleiausguß nicht mechanisch beansprucht wird und daß die guten mechanischen Eigenschaften des Kugelring-Isolators tatsächlich durch die geschilderten Konstruktionseigenarten bedingt sind und



Unbelastet 1 min lang 3,4 t 1 h lang 3,6 t kurzzeitig 10 t

Abb. 2. Abplattung der Kugeln bei verschiedenen Belastungen.

ohne plastische Zwischenlage erzielt werden. Neben hohen Vollbruchfestigkeiten, bei deren Feststellung in den allermeisten Fällen Klöppel- oder Pfannenbruch eintritt, zeichnen sich die Kugelring-Isolatoren auch durch ihr günstiges Verhalten bei Dauerbelastung unter Spannung aus.

Die Eigenschaften der Isolatoren bei Dauerbelastung unter Spannung können durch die Verwendung der geschützten kittlosen Kappe noch wesentlich verbessert werden.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

...EFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
...–1468)
3. OKTOBER 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | **Berlin, 3. Oktober 1929** | **Heft 40**

Amerikanische Elektrizitätswirtschaft*.

Eindrücke von einer Studienreise.

Von Dr.-Ing. **J. Adolph**, Berlin, Mitglied des Vorstandes der Berliner Städtische Elektrizitätswerke A. G. (BEWAG).

Übersicht. Eine Studienreise führte den Verfasser im September und Oktober 1928 in die wichtigsten Zentren der Elektrizitätsversorgung der nördlichen Staaten der V. S. Amerika. Der Hauptzweck der Reise war das Studium von Stromabsatzfragen. Insbesondere wurde den Tarifen, dem Zähler- und Installationswesen, der Propaganda, Statistik und dem Personalausbildungswesen Beachtung geschenkt. Es wurde festgestellt, daß die amerikanische Elektrizitätswirtschaft der deutschen um eine Reihe von Jahren voraus ist. Der Grund hierfür liegt nicht allein in der Entwicklungshemmung Deutschlands durch Krieg und Inflation sondern auch in den ausgezeichneten Verkaufsmethoden und dem gut durchgebildeten Kundendienst der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft. Es wurde eine fast 100prozentige Elektrisierung der Haushaltungen und eine starke Sättigung mit elektrischen Geräten vorgefunden. Beachtenswerte Einrichtungen, besonders solche zur Verwirklichung des „Service-Gedankens", wurden eingehend studiert.

Neben der amerikanischen Automobilindustrie, die organisatorisch und wirtschaftlich an erster Stelle in der Welt steht, haben besonders die amerikanischen Elektrizitätswerke wirtschaftliche Erfolge erzielt, die für Deutschland ein erstrebenswertes Ziel sind. Hierbei darf jedoch nicht übersehen werden, daß diese Erfolge nicht ausschließlich durch die Geschäfts- und Betriebsführung der Werke erreicht wurden, sondern daß die äußeren Umstände in Amerika für die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft besonders günstig sind: Der Reichtum des Landes, das hohe Durchschnittseinkommen des Amerikaners, die hohen Kosten der menschlichen Arbeitskraft, besonders des häuslichen Dienstpersonals, die die Verwendung arbeitsparender Einrichtungen im Haushalt zu einer wirtschaftlichen Notwendigkeit machen, begünstigten eine schnelle und kräftige Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft. Daneben spielen die klimatischen und geographischen Verhältnisse des Landes eine erhebliche Rolle. Lange heiße Sommer und kalte Winter erwecken besonders wegen des häufig schroffen Temperaturwechsels den Wunsch nach Temperaturausgleich durch die Verwendung kühlender oder wärmender Apparate. Die geographische Lage ist insofern für die amerikanische Elektrizitätswirtschaft günstiger, als die Verbrauchszentren in den V. S. Amerika südlicher liegen als in Deutschland, nämlich auf der Breite von Süditalien, so daß die Nacht später eintritt als bei uns. Die Folge hiervon ist, daß bei Beginn des Lichtanstieges die Industriebelastung bereits wesentlich zurückgegangen ist, wodurch sich eine Absenkung der Belastungsspitze der Kraftwerke ergibt.

Die Beleuchtung, bei uns eine Belastung mit verhältnismäßig schlechter Benutzungsdauer, ergibt in Amerika einen recht günstigen Stromabsatz. Dies hängt einmal damit zusammen, daß in den Hochhäusern die unteren Stockwerke so dunkel sind, daß den ganzen Tag über elektrisches Licht benutzt werden muß. Außerdem wird auch in solchen Räumen, die durch das Tageslicht genügend erhellt werden, aus Bequemlichkeit und Gewohnheit vielfach tagsüber Licht gebrannt. Auch findet man fast stets, daß in den Büros und Wohnungen der obere Teil der Fenster durch dunkle Rollvorhänge abgeblendet ist.

Der Weltkrieg hat auf die deutsche und amerikanische Elektrizitätswirtschaft verschieden eingewirkt. Während Deutschland durch den Krieg und besonders die Inflation in seiner wirtschaftlichen Entwicklung gehemmt, zum Teil um Jahre zurückgeworfen wurde, bedeuteten die Kriegsjahre für Amerika eine Zeit wirtschaftlichen Aufschwunges. Die Verbrauchsziffern auf den Kopf der Bevölkerung sind daher erheblich höher als bei uns. Während z. B. Chicago im letzten Jahre 1100 kWh je Kopf der Bevölkerung verkauft hat, beträgt diese Zahl in Berlin kaum 300 kWh. Allerdings ist bei diesem Vergleich zu berücksichtigen, daß in der Zahl für Chicago der Stromverbrauch für alle Nahverkehrsmittel und einen Teil der Fernbahnen enthalten ist, während die Berliner Stadtbahn und ein wesentlicher Teil der Hochbahn an der Berliner Ziffer unbeteiligt sind. Auch der Belastungsfaktor, der für die Wirtschaftlichkeit der Elektrizitätsversorgung von ausschlaggebender Bedeutung ist, liegt bei den amerikanischen Werken erheblich höher als bei den deutschen. In Amerika haben viele große Werke einen Belastungsfaktor von etwa 40 ... 50 %, während in Berlin diese Ziffer kaum höher als 30 % ist. Abgesehen von dem hohen Stromverbrauch in den Haushaltungen hängt dies auch mit der Senkung der Belastungsspitze infolge der geographischen Lage zusammen.

Trotz der günstigen äußeren Umstände muß man jedoch feststellen, daß die Amerikaner ohne ihre hervorragenden Verkaufsmethoden und den kaum zu überbietenden „service" nicht die Erfolge erzielt haben würden, die ihnen beschieden waren. Wenn wir in unseren technischen Einrichtungen auch kaum hinter denen Amerikas zurückstehen und unsere neuen Kraftwerke von amerikanischen Ingenieuren studiert werden, so können wir gerade in den Verkaufsmethoden von Amerika noch viel Neues lernen. Die Reise, die wir im Herbst 1928 nach den V. S. Amerika und Kanada unternahmen, galt daher in erster Linie dem Studium von Stromabsatzfragen, wobei im wesentlichen den Tarifen, dem Zähler- und Installationswesen, der Propaganda, der Statistik und den Personalfragen Beachtung geschenkt wurde.

Die amerikanischen Elektrizitätswerke befinden sich zum größten Teil in privater Hand. Die öffentliche Hand ist an den „Public Utilities", worunter alle der Öffentlichkeit dienenden Unternehmen, wie Elektrizitätswerke, Gas- und Wasserwerke, Bahnen, Telegraph, Telephon usw., verstanden werden, nur mit wenigen Prozenten beteiligt. Die privaten Elektrizitätswerke und ein großer Teil der öffentlichen Meinung stehen auf dem Standpunkt, daß die kommunale Verwaltung drüben nicht wirtschaftlich zu arbeiten verstünde. Tatsache ist, daß die privatwirtschaftlich geleiteten Werke ausgezeichnete Erfolge erzielt haben und ihre Kunden durch die Güte ihrer Leistungen von der hohen Leistungsfähigkeit der Privatwirtschaft zu überzeugen wissen. Im Gegensatz zu den V. S. Amerika befindet sich in Kanada die Elektrizitätsversorgung zu einem großen Teil in der öffentlichen Hand.

In manchen Orten werden Gas- und Elektrizitätswerke von derselben Stelle verwaltet. Dies hat aber nirgends dazu geführt, daß der natürliche Auftrieb, den die Elektrizität infolge ihrer hervorragenden Eigenschaften hat gehemmt wird. So ist z. B. auch in solchen Städten, in denen Gas- und Elektrizitätswerk in gleicher Hand sind,

---

* Nach einem Vortrag im Elektrotechnischen Verein am 5. II. 1929, der erstmalig am 8. I. 1929 im gleichen Verein (anstelle des erkrankten Dr.-Ing. Adolph) von Dr.-Ing. H. Nissel gehalten wurde, der den Verfasser auf seiner Amerikareise begleitet hat. An diesem Tage fand eine Lautsprecherübertragung nach Breslau statt. (Vgl. Bericht über die außerordentliche Sitzung am 8. I. 1929, ETZ 1929, S. 174.) Besprechung des Vortrages auf S. 1460 dieses Heftes.

die Straßenbeleuchtung fast ausschließlich elektrisch, und man findet hier für Zwecke, für die bei uns heute noch vorwiegend Gas verwendet wird, die Elektrizität in steigendem Umfang in Gebrauch.

Die Amerikaner haben grundsätzlich die Einstellung, kein Konsumbedürfnis zu hemmen. Daher werden im allgemeinen keine Mehrfachtarife verwendet, bei denen, z. B. durch besonders hohe Strompreise, zu Zeiten der Lichtspitze der Stromverbrauch eingedämmt werden soll. Vielmehr versucht man durch die verschiedensten Maßnahmen den Stromverbrauch während der Stunden schwacher Werksbelastung zu steigern.

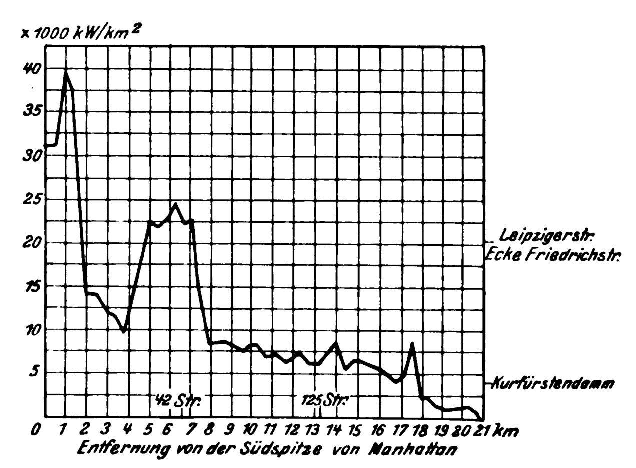


Abb. 1. Belastungsdichte in Manhattan und Berlin.

Besondere Schwierigkeiten entstehen für die amerikanischen Elektrizitätswerke durch die Anhäufung der Hochhäuser. Der Schwerpunkt dieses Problems liegt in der Schwierigkeit, sehr große Energiemengen auf kleinster Bodenfläche heranzuleiten und zu verteilen. Wenn man z. B. bedenkt, daß in dem Woolworth-Building 15 000 Menschen arbeiten, so kann man sich vorstellen, welche Energiemengen notwendig sind, diese Menschenmasse und die Besucher in vertikaler Richtung zu transportieren, die Arbeitsräume zu beleuchten und die elektrischen Maschinen und Apparate zu beliefern, um so mehr, da dieses Gebäude, wie Manhattan überhaupt, noch mit Gleichstrom von 2 × 115 V beliefert wird. Eine lebhafte Vorstellung von diesen Verhältnissen vermittelt Abb. 1, die die spezifische Belastung in Manhattan, von der Südspitze angefangen bis etwa zur 220. Straße zeigt. Die Stelle des höchsten Verbrauches mit einer Belastung von 40 000 kW/km² liegt im Bankviertel („down town") nahe an der Südspitze. Ein zweites Belastungszentrum mit 25 000 kW/km² ist in der Nähe der 42. Straße erkennbar. Was diese Belastungszahlen bedeuten, wird klar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die höchste Belastung in Berlin an der Ecke der Leipziger- und Friedrichstraße etwa 20 000 kW/km² und die Belastung am Kurfürstendamm in der Nähe der Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche nur etwa 4000 kW/km² beträgt. Trotz der Anhäufung von Reklamebeleuchtungen am Kurfürstendamm ist dort also die spezifische Flächenbelastung verhältnismäßig gering. Hieraus läßt sich entnehmen, daß Reklamebeleuchtung tatsächlich nicht so große Energiemengen verbraucht, wie oft angenommen wird.

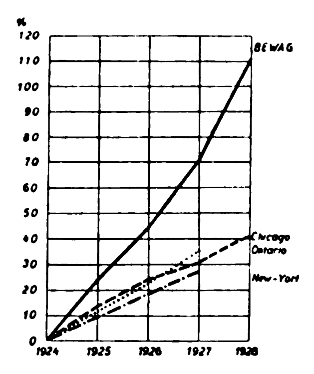


Abb. 2. Zunahme der Spitzenbelastung gegenüber 1924.

Die hohen spezifischen Belastungen lassen einen starken Sättigungsgrad der nordöstlichen amerikanischen Großstädte mit Elektrizität erkennen. Naturgemäß ist die jährliche Steigerung der Spitzenbelastung nicht mehr so groß wie in Deutschland, z. B. in Berlin, wo die Sättigung mit Elektrizität bei weitem noch nicht so hoch ist und die Belastungsspitze von Jahr zu Jahr sprunghaft wächst (Abb. 2). So betrug in Berlin die Zunahme der Spitzenbelastung in den letzten 4 Jahren etwa 110 %, in Chicago dagegen nur etwa 40 %, ein anschauliches Bild für die gewaltige Aufbauarbeit, die von der BEWAG in diesen Jahren geleistet werden mußte. Auch in New York, in der Provinz Ontario, im Staate Kanada und in den anderen Verbrauchszentren liegen die Verhältnisse ähnlich. Gegenüber diesen relativen Zahlen gibt Abb. 3 als absolute Werte die Belastungskurven von New York in den Jahren 1916 ... 1926, aus denen man die Gleichmäßigkeit und den Grad der Entwicklung erkennen kann. Die Kurvenform, die der Berlins recht ähnlich ist, hat sich in diesen Jahren sehr wenig verändert, was auch darin seinen Ausdruck findet, daß der Belastungsfaktor von 35 % im Jahre 1916 nur auf etwa 40 % im Jahre 1926 gestiegen ist. Der Anteil der Industriebelastung ist in New York verhältnismäßig gering, was die Ähnlichkeit des Belastungsverlaufes mit dem Berlins erklärt.

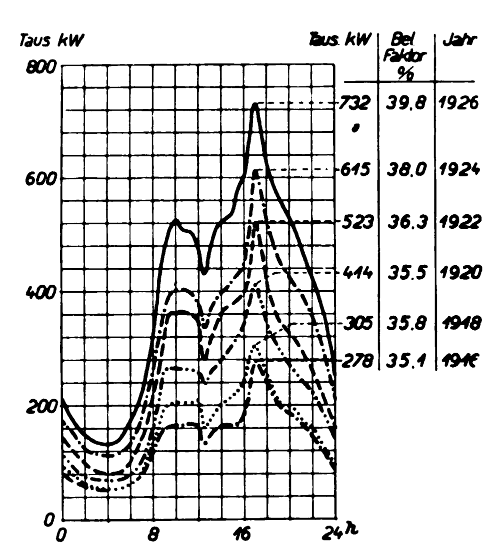


Abb. 3. Belastungsverlauf am Tage des Maximums des New York Edison United & Affiliated El. Co. Syst.

Eine wesentlich andere Kurvenform finden wir bei der Hydro Electric Power Commission of Ontario, die mehr als Überlandwerk zu betrachten ist und bei der der Anteil der Industrie wesentlich höher ist als in New York (Abb. 4). Die Kurvenform ist hier erheblich günstiger und die Spitze am Abend bei weitem nicht so ausgeprägt; außerdem ist die Nachtbelastung verhältnismäßig höher.

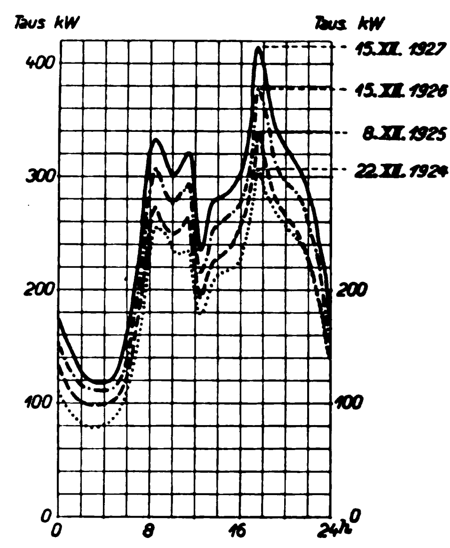


Abb. 4. Belastungskurven der Hydro Electric Power Commission of Ontario.

Abb. 5 zeigt vergleichsweise die Belastungskurve der BEWAG seit 1923. Die Abendspitze ist im Jahre 1923 durch die Wirkungen der Inflation und die Einschränkungsbestimmungen des Kohlenkommissars noch verhindert, prägt sich in den nachfolgenden Jahren jedoch immer stärker aus. Die Nachtbelastung ist verhältnismäßig niedrig, wenn auch im Jahre 1927 infolge stärkeren Heranziehens der Batterien höher als in den Vorjahren. Das Bild zeigt auch das rasche Anwachsen der Belastung, auf



das bereits hingewiesen wurde. Interessant ist auch das Belastungsgebirge von New York (Abb. 6), das in der Form dem bekannten Belastungsgebirge der BEWAG außerordentlich ähnlich ist. Die Spitzenbildung im Winter ist jedoch nicht so ausgesprochen, da das Licht gleichmäßiger während des ganzen Jahres gebraucht wird als bei uns. Beachtlich ist die Tornadospitze im Sommer, die fast ebenso hoch ist wie die abendliche Winterspitze. Die Spitze konnte seinerzeit nur deshalb gedeckt werden, weil

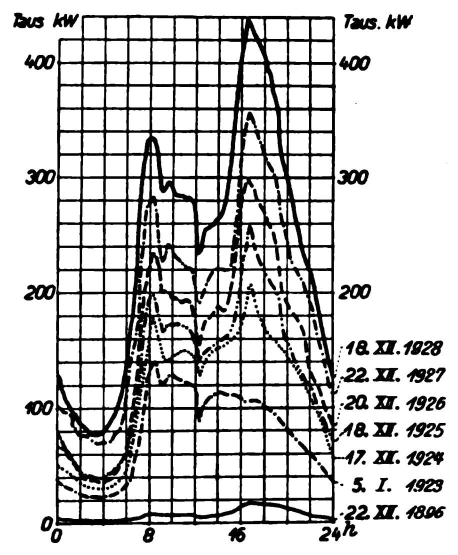


Abb. 5. Belastung der BEWAG an den Tagen des Maximums der Jahre 1896, 1923 und 1928.

der bestehende ausgezeichnete Wetterdienst die unvorhergesehene Naturerscheinung rechtzeitig meldete. Auch in Berlin kennen wir derartige Vorgänge (vgl. Abb. 7). Am 19. IV. 1928 trat nachmittags kurz nach 4 h ein Gewitter auf, durch das die ganze Stadt binnen weniger Minuten vollkommen verfinstert wurde. In kurzer Zeit stieg die Belastung um etwa 80 000 kW, die störungsfrei aufgenommen werden konnten.

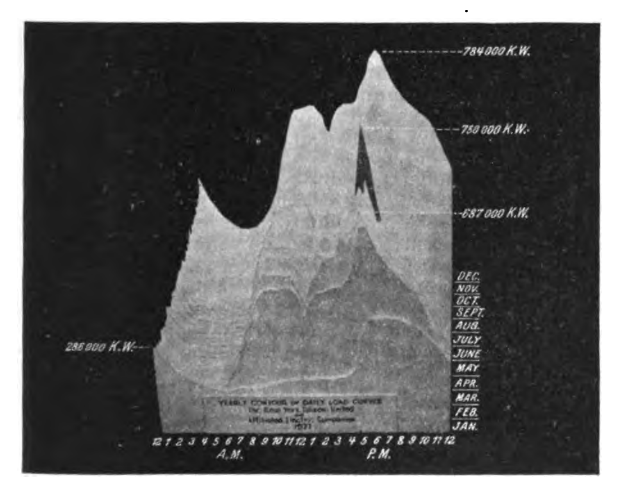


Abb. 6. Belastungsgebirge für New York 1927.

Einen Begriff von der Größenordnung der einzelnen Werke in Amerika gibt eine Gegenüberstellung der Spitzenbelastungskurven (Abb. 8). Die Kurve der BEWAG liegt niedrig, was auf den verhältnismäßig geringen Grad der Elektrisierung zurückzuführen ist. Man kann deutlich erkennen, daß die Spitze in Berlin etwas früher eintritt als in den amerikanischen Städten, was seinen Grund in der südlicheren Lage der amerikanischen Städte hat. Beachtlich ist der hohe Anteil der Industrie in Detroit, der zu einer sehr hohen Belastung in den Nachtstunden und den Vormittagstunden führt. Auch die scharfe Absenkung durch die Mittagspause ist zum Teil auf den hohen Anteil der Industrie zurückzuführen.

Ein sehr anschaulicher Vergleich der Kurvenform der einzelnen Werke wird dadurch ermöglicht, daß man alle Kurven auf die gleiche Spitzenhöhe bringt (Abb. 9). Man kann hier deutlich sehen, daß New York später mit der Arbeit beginnt als Berlin; der Unterschied in dem Ansteigen der Belastung beträgt gegenüber Berlin rd. 1 h. Es fehlt die Frühstückspause, die in Berlin zu einer Absenkung der Belastung führt, während in New York in den Büros bis mittags durchgearbeitet wird und der Industrieanteil gering ist. In Ontario ist die Frühstückspause deutlich ausgeprägt, da hier Landwirtschaft und Industrie vorhanden sind. Besonders deutlich wird bei dieser Darstellung die sehr günstige Belastungskurve in Detroit infolge des starken Anteils der Industrie. Der Belastungsfaktor beträgt hier etwa 55 %, was auch für Amerika ein sehr günstiger Wert ist. In Chicago ist die Belastung verhältnismäßig gut, da auch hier ziemlich viel Industrie vorhanden ist und alle Bahnen vom Werk beliefert werden. Der Belastungsfaktor beträgt über 48 % und der Verbrauch je Kopf der Bevölkerung jährlich 1100 kWh. Rochester, eine Industriestadt von etwa 350 000 Einwohnern, läßt ebenfalls den späteren Arbeitsbeginn und eine hohe Vor-

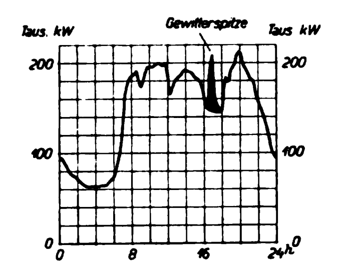


Abb. 7. Gesamtbelastungskurve der BEWAG am 19. IV. 1928. Gewitterspitze.

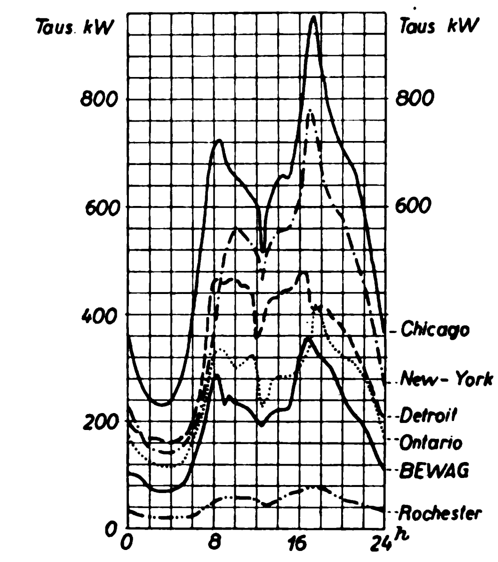


Abb. 8. Belastung der BEWAG und amerikanischer Großstädte am Tage des Maximums 1927.

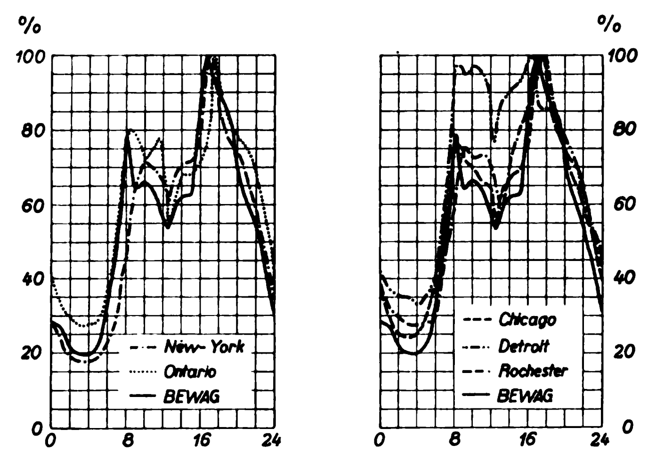


Abb. 9. Vergleich von Belastungskurven amerikanischer Städte mit der der BEWAG (1927).

mittags- und Nachtbelastung erkennen. Charakteristisch ist ferner, daß alle amerikanischen Werke ein späteres Absinken der Spitzenbelastung in den Abendstunden zeigen als Berlin.

Ein Maßstab für die Ausbreitung der Elektrizität in einem Lande ist die Zahl der elektrisch versorgten Woh-

nungen. In den amerikanischen Städten ist dieser Prozentsatz außerordentlich hoch. In den meisten Großstädten sind praktisch alle Haushaltungen an das Netz der Elektrizitätswerke angeschlossen. Dagegen ist ein großer Teil der Farmen heute noch nicht elektrisch versorgt, was seinen Grund darin hat, daß bei der ungeheuren Ausdehnung des Landes der Ausbau von Überlandleitungen vielfach unwirtschaftlich ist. Trotzdem sind bereits, auch unter Einbezug des dünn bevölkerten flachen Landes, zwei Drittel aller Haushaltungen in Amerika elektrisch versorgt.

Wie der Prozentsatz der elektrischen Haushaltungen ist auch die Sättigung der Haushaltungen mit elektrischen Geräten in Amerika sehr hoch, während in Deutschland im wesentlichen nur Bügeleisen und Staubsauger in größerer Zahl in den Haushaltungen gebraucht werden und die anderen Haushaltsgeräte nur vereinzelt zu finden sind. Elektrische Bügeleisen und Staubsauger werden in den Städten drüben praktisch in jedem Haushalt benutzt, Brotröster, Waschmaschinen, Ventilatoren, Heizapparate u. dgl. in weit größerem Umfange verwendet als dies in Deutschland der Fall ist. Infolgedessen ist der mittlere Jahresverbrauch in einem amerikanischen Haushalt sehr hoch. So beträgt der mittlere Verbrauch eines Haushaltes in Buffalo 750 kWh jährlich. Im Durchschnitt aller amerikanischen Haushaltungen liegt diese Ziffer etwa bei 500 kWh jährlich, während in Berlin jährlich nur etwa 250 kWh je Haushalt im Mittel gebraucht werden. Die hohen Verbrauchsziffern in Buffalo erklären sich mit daraus, daß etwa 3 % aller Haushaltungen elektrische Herde besitzen, von denen jeder im Mittel etwa 3000 kWh jährlich braucht. Von dem Gesamtverbrauch aller Haushaltungen entfallen etwa 12 % auf die elektrischen Herde. Diese verhältnismäßig starke Verbreitung des elektrischen Kochens wird durch einen Blocktarif begünstigt, der auf der Benutzungsdauer basiert und Preise bis zu 1½ cts/kWh herunter ergibt. Die Verbrauchsziffern auf den Kopf der Bevölkerung sind in den amerikanischen Städten erheblich höher als in Deutschland. Die Zahlen sind sogar größer als in den Schweizer Hauptstädten (vgl. Abb. 10) und liegen wesentlich höher als bei den anderen europäischen Großstädten.

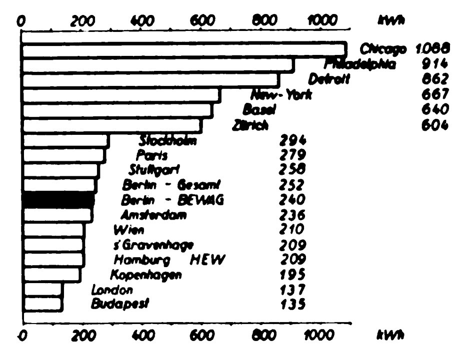
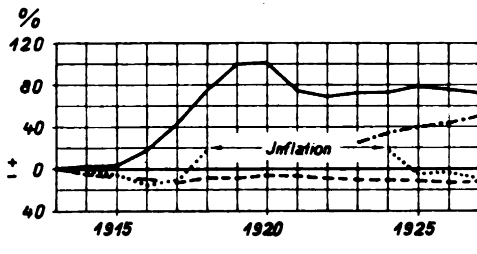


Abb. 10. Jährlicher Verbrauch je Einwohner in Großstädten 1927.

Die in Amerika für Niederspannung meist gebräuchlichen Tarife[1] sind von den in Deutschland üblichen verschieden. Während man in Deutschland in letzter Zeit in steigendem Maße Grundgebührentarife verwendet, werden in Amerika hauptsächlich sog. Blocktarife benutzt, bei denen die Staffelung der Preise entweder auf der Verbrauchsmenge, der Zimmerzahl oder der Benutzungsdauer basiert. Die letzte Form ist in ihrer Auswirkung dem Grundgebührentarif sehr ähnlich. Bei den Blocktarifen wird jedoch das Sinken der Strompreise mit wachsendem Verbrauch dem Abnehmer sinnfälliger vor Augen geführt als bei den Grundgebührentarifen, was für den Laien nicht zu bezweifelnde Vorteile bietet. Interessant ist, daß die Tarife meist mit verhältnismäßig hohen Preisen, etwa 8 ... 10 cts/kWh (35 ... 42 Pf) beginnen, bei steigendem Verbrauch rasch niedrigere Preise ergeben und oft bis zu 1 cts/kWh (4,2 Pf) heruntergehen. Dieses starke Sinken der Strompreise ist für den Stromverbrauch im Haushalt zweifellos stark werbend.

Die Großabnehmer werden auch in Amerika meist nach Grundgebührentarifen mit gemessenem Maximum beliefert. Einen Unterschied zwischen Hoch- und Niederspannungstarifen, wie wir ihn machen, kennt man im allgemeinen nicht, da die Niederspannungsnetze häufig nur geringe Ausdehnung besitzen und die Hochspannung meistens bis in die Höfe geleitet wird, von wo aus die Versorgung der Häuser über Masttransformatoren mittels kurzer Freileitungen erfolgt. Daher wird häufig bei Hochspannungsbezug nur ein geringer Nachlaß auf die für Niederspannungsbezug festgesetzten Preise gewährt.



Strompreise: —·— Amerika, ······ Berlin; Lebenshaltung: —— Amerika, –·–·– Berlin

Die Nullinie gibt den Stand von 1913/14 an

Abb. 11. Lebenshaltungskosten und mittlere Strompreise in Amerika und Berlin.

Die Strompreise sind, wie Abb. 11 zeigt, in Amerika gegenüber 1913 gesunken, obgleich die Lebenshaltungskosten erheblich gestiegen sind. Das gleiche ist übrigens auch in Deutschland zu beobachten, wo nach der Stabilisierung der Währung im allgemeinen ein Sinken der Strompreise unter den Vorkriegsstand eingetreten ist. Vergleicht man die Strompreise mit der Kaufkraft des Dollars, so ist die Elektrizität drüben wesentlich billiger als bei uns, besonders bei hoher Benutzungsdauer. Bei direkter Kursumrechnung ergibt sich für Wohnungen ein mittlerer Strompreis in Chicago von 21,85 Pf/kWh, in Detroit 19,6 Pf/kWh und in Schenectady 14,02 Pf/kWh. Vergleichsweise beträgt der Preis in Berlin für Niederspannungsabnehmer im Mittel rd. 22 Pf/kWh. Interessant sind die Tarife der Hydro Electric Power Commission of Ontario, die einen großen Teil des Strombedarfes aus ihren Kraftwerken am Niagarafall bezieht und die Energie zum Teil nach Pauschaltarifen verkauft, wobei die Entfernung des versorgten Ortes vom Kraftwerk bei der Preisbemessung mitbestimmend ist.

Die Strompreise unterliegen in den V. S. Amerika ebenso wie die Preise für Gas, Straßenbahn, Untergrundbahn usw. staatlicher Kontrolle. Die Einkünfte der Elektrizitätswerke dürfen einen bestimmten Prozentsatz des Anlagekapitals nicht übersteigen. Sind die Tarife zu hoch, so werden sie von der staatlichen Kontrollstelle herabgesetzt. Werden die Einnahmen der Elektrizitätswerke zu stark beschnitten, so steht diesen das Appellationsrecht wegen Eigentumsberaubung zu, wodurch die Strompreise immer zwischen zwei Grenzen gehalten werden.

Die in Amerika gebräuchlichen Zählertypen sind von den unseren im allgemeinen nicht grundsätzlich verschieden. Man verwendet jedoch drüben mit Vorliebe Glaskappen, bei denen eine mechanische Beeinflussung des Zählers zum Zwecke des Stromdiebstahls weniger leicht möglich ist als bei Metallkappen. Im allgemeinen werden die Zähler gern in der Nähe des Hausanschlusses aufgestellt, da hierdurch die Ablesung und Überwachung vereinfacht wird und außerdem die Leitungsstrecken, die von nichtgemessenem Strom durchflossen werden, auf ein Minimum herabgesetzt sind. Wird bei dieser Anordnung Strom aus einer Leitung innerhalb des Hauses widerrechtlich entnommen, so hat das Elektrizitätswerk selbst keinen Schaden dabei. In großen Wohnhäusern findet man eine ganze Reihe von Zählern in der Nähe des Hausanschlusses beisammen, von denen getrennte Steigeleitungen nach den einzelnen Wohnungen führen. In den drüben sehr verbreiteten Einfamilienhäusern wird der Zähler mit dem Hausanschluß und dem Hauptschalter oft in einem gemeinsamen gußeisernen Gehäuse zusammengebaut. Man findet auch eine Anordnung, bei der die Ablesung durch ein kleines Glasfenster von der Straße aus möglich ist.

In Toronto werden für die Pauschaltarife vielfach thermische Maximumzeiger verwendet. Die gleichen Meßgeräte wurden auch in Detroit gefunden, wo sie für Haushalttarife Verwendung finden, bei denen nur das Licht-, nicht jedoch das Kraftmaximum gemessen wird. Für die Ermittlung des Maximums bei den Hochspannungsabnehmern werden vorwiegend schreibende oder druckende Leistungszeiger, sog. Printameter, verwendet. Bei den schreibenden Maximumzeigern werden die Belastungen auf einer runden Scheibe aufgezeichnet, die sich je nach den Tarifen innerhalb einer oder zwei Wochen oder inner-

[1] Vgl. hierzu Nissel, Amerikanische Elektrizitätstarife, S. 1435 dieses Heftes.

halb eines Monats einmal vollkommen herumdreht, so daß man dann auf der Scheibe alle Belastungswerte während dieses Meßintervalls einwandfrei fixiert beieinander hat. Bei den druckenden Instrumenten wird die Belastung auf einen schmalen Papierstreifen mittels eines Typenrades, das durch den Zähler eingestellt wird, abgedruckt. Die zweite Anordnung findet nur bei großen Abnehmern Anwendung, da die Einrichtung ein paar hundert Dollar kostet. Die Belastung wird im allgemeinen als Mittelwert einer halben Stunde festgestellt.

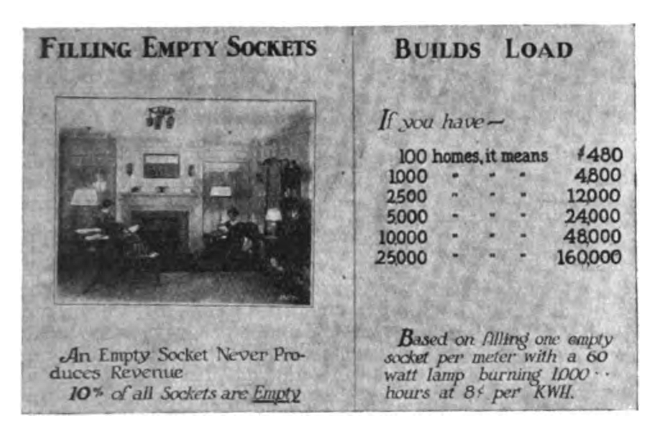


Abb. 12. „Sorgen Sie dafür, daß in allen Fassungen Lampen sind — Sie schaffen sich Belastung!"

Der Antrieb der Leistungszeiger erfolgt mittels Telechronuhren, das sind durch einen kleinen Synchronmotor angetriebene Uhren. Die Anwendung dieser Uhren setzt natürlich eine vollkommene Konstanz der Periodenzahl voraus, deren Einhaltung im Kraftwerk durch eine sog. Meisteruhr ermöglicht wird. Die Regelung der Periodenzahl erfolgt von Hand, und die Überwachung geschieht derart, daß ein von der Meisteruhr und ein von einer Telechronuhr gesteuerter Sekundenzeiger auf dem gleichen Ziffernblatt laufen, so daß auch geringfügige Abweichungen sofort erkannt werden können. Derartige Synchronuhren finden übrigens auch in den Geschäftshäusern und in den Wohnungen vielfach Verwendung und werden von den Elektrizitätswerken in manchen Städten eifrig propagiert. Dies ist ein Zeichen für das starke Gefühl der Betriebsicherheit der Elektrizitätswerke, da die Telechronuhr auch die geringfügigste Störung dem Abnehmer sofort bemerkbar macht.

Die Stromverteilung erfolgt in Amerika in den Geschäftsvierteln der Großstädte zum großen Teil mit Gleichstrom. Man ging nämlich davon aus, daß Gleichstromnetze mit Batterien betriebsicherer seien als Drehstromnetze. Neuerdings geht man jedoch immer mehr zu der von der BEWAG schon seit längerer Zeit vertretenen Auffassung über, daß Drehstromnetze in geeigneter Schaltung mindestens die gleiche Betriebsicherheit bieten wie Gleichstromnetze. Infolgedessen sind verschiedene amerikanische Großstädte z. Z. mit der Umstellung der Versorgung auf Drehstrom beschäftigt.

Für die Stromverteilung werden für Hoch- und für Niederspannung auch innerhalb der Städte in größerem Umfange als bei uns Freileitungen verwendet. Die Transformierung der Hochspannung erfolgt daher vielfach mittels Masttransformatoren, wozu für die Lichtversorgung häufig Einphasentransformatoren verwendet werden, die sekundär in der Dreileiter-Edisonschaltung geschaltet sind. Kraftanlagen über 5 kW werden meist an Drehstrom gelegt. Daher werden Licht- und Kraftanlagen häufig über getrennte Transformatoren versorgt, wodurch zum Teil die Tatsache zu erklären ist, daß Kurzschlußankermotoren oft bis zu 50 kW zugelassen werden. Weite Gebiete, z. B. das Niagarasystem, werden mit 25 Hz versorgt. Selbst bei der in Amerika fast ausschließlich gebräuchlichen Spannung von 115 V, bei der die Glühlampen infolge des stärkeren Glühdrahtes eine höhere Wärmeträgheit besitzen, macht sich das Flimmern des Lichtes bei dieser niedrigen Periodenzahl unangenehm bemerkbar. Die meisten Drehstromanlagen sind für 60 Hz gebaut. Stellenweise stoßen 25- und 60 Hz-Netze aufeinander, so daß, um die Kupplung der Netze zu ermöglichen, Periodenumformer von zum Teil sehr erheblicher Leistung notwendig sind. Die größten Einheiten von 40 000 kW befinden sich in New York und Chicago. Man sieht hieraus, wie wichtig eine Vereinheitlichung von Spannung, Stromart und Periodenzahl ist, da erhebliche Kapitalien in den Umformern investiert werden müssen und dauernd hohe Umformverluste entstehen. Es ist erfreulich, daß es in Deutschland noch rechtzeitig gelungen ist, eine einheitliche Periodenzahl einzuführen.

Da ein großer Teil der amerikanischen Bevölkerung in kleinen aus Holz gebauten Einfamilienhäusern wohnt, kann ein Brand zu großen Katastrophen führen. Daher haben die Feuerversicherungsgesellschaften für die ganzen V. S. Amerika bindende Vorschriften über die Ausführung von elektrischen Installationen herausgegeben, den „National Electrical Code", auf den auch die von anderen Stellen herausgegebenen Vorschriften meistens zurückgreifen. Daneben haben die einzelnen Staaten, Stadtverwaltungen und Elektrizitätswerke noch Sondervorschriften erlassen. Die Prüfung der Installationen erfolgt zunächst durch einen Beauftragten der Stadtverwaltung. Gleichzeitig oder getrennt prüft das Elektrizitätswerk auf Beachtung seiner besonderen Vorschriften. Die Feuerversicherungsgesellschaften unterhalten Laboratorien, in denen elektrische Installationsmaterialien und Geräte geprüft werden. Entsprechen die vorgelegten Materialien den Vorschriften, so erhalten sie ein dem VDE-Zeichen entsprechendes Prüfzeichen. Das Installationsmaterial ist in Amerika im allgemeinen gut durchgebildet. Als Installationsschalter werden vorwiegend Druckknopf- und Tumbler-Schalter verwendet, die sich auch in Deutschland neben dem Drehschalter allmählich einführen.

Sehr beachtlich ist das Red-Seal-System. Seine Aufgabe besteht darin, in den Häusern eine Installation zu schaffen, bei der Lampen, Steckkontakte und Schalter in genügender Anzahl vorhanden und zweckmäßig angeordnet sind. Besonders wird bei dem Red-Seal-System — die Bezeichnung rührt von der Kennzeichnung derartiger Häuser durch ein rotes Siegel her — auf reichliche Installation von Steckkontakten gesehen, wobei meist Doppelsteckkontakte Verwendung finden. Hierdurch wird die Verwendung elektrischer Geräte außerordentlich bequem gemacht. In älteren Installationen, in denen noch nicht genügend Steckkontakte vorgesehen sind, behilft man sich damit, die Geräte mittels Schraubstecker an eine Lampenfassung anzuschließen, wofür jedem Gerät schon beim Einkauf ein Schraubstecker beigegeben wird.



Abb. 13. Teilanleuchtung des Paramount Building, New York.

Man hat in Amerika gelegentlich einer Nachprüfung einmal festgestellt, daß etwa 5 ... 10 % aller Lampenfassungen nicht in Betrieb sind, sei es durch Defektsein oder Fehlen der Lampen, Störungen in der Zuleitung oder dgl. Hierdurch erleiden die Elektrizitätswerke naturgemäß einen nicht unbeträchtlichen Einnahmeausfall. Durch wirkungsvolle Plakate (vgl. Abb. 12) werden die Elektrizitätswerke von ihren Fachverbänden hierauf aufmerksam gemacht und ihnen die Mehreinnahmen vor Augen geführt, die durch Abstellung dieser Mängel erzielt werden können. Ferner haben die Elektrizitätswerke einen nicht unerheblichen Einnahmeausfall durch schadhafte Haushaltgeräte. Da jede Störung in der elektrischen Anlage außerdem in den Kreisen der Abnehmer Unzufriedenheit mit der Elektrizität erweckt, richteten die

amerikanischen Elektrizitätswerke schon vor Jahren Störungsbeseitigungskolonnen ein, die auf Anruf des Abnehmers derartige Schäden schnell kostenfrei beseitigen. Diese Störungsbeseitigung ist ausgezeichnet organisiert. Die Anrufe werden an einer Telephonstelle („trouble board") entgegengenommen und in besondere Meldekarten eingetragen. Diese werden mittels Rutsche oder laufenden Bandes einer Zentralstelle zugeleitet, wo die Verteilung auf die einzelnen Bezirke vorgenommen wird. Jeder Störungsmonteur hat sich, sobald er einen Auftrag erledigt hat, telephonisch bei dieser Zentralstelle zu melden, die ihm alsdann den Ort der nächsten Störung aufgibt. Zur schnelleren Erledigung verfügen die Monteure über ein Automobil, in dem auch die notwendigsten Reserveteile mitgeführt werden. Dieses ist häufig ihr Privateigentum und wird vom Werk subventioniert. Wie rasch der Störungsdienst im allgemeinen arbeitet, kann man daraus erkennen, daß in New York eine Störung im Mittel 48 min nach Anruf des Abnehmers beseitigt ist. Wichtig ist, daß die Störungsmonteure den Abnehmer stets darüber aufklären, was die Ursache der Störung war und wie sie sich in Zukunft vermeiden läßt.

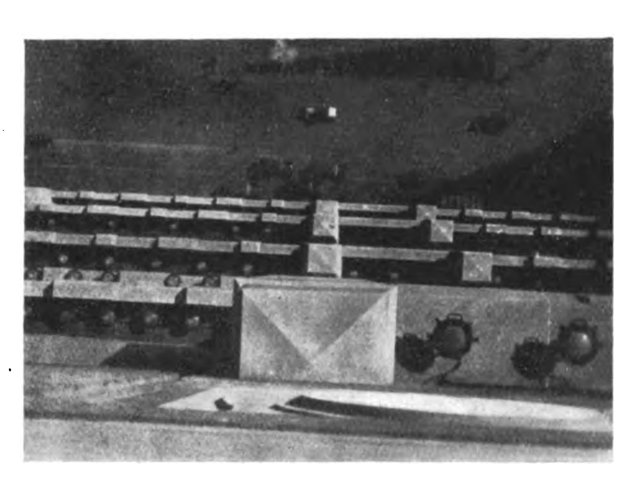


Abb. 14. Anordnung der Flutlichter am Paramount Building.

Die **Straßenbeleuchtung** ist in Amerika zum überwiegenden Teile elektrisch. In den meisten Städten werden hierfür gasgefüllte Glühlampen verwendet. Die Lampen sind fast stets auf Kandelabern zu beiden Seiten der Straße angeordnet, nicht an Überspannungen in der Mitte der Straße, wie häufig bei uns. Gut beleuchtet sind, wie in Deutschland, eigentlich nur die Hauptgeschäftsstraßen, die zum Teil mit verschwenderischer Lichtfülle ausgestattet sind. Viele Städte haben in einer Hauptstraße eine besonders prunkvolle Beleuchtung („white way") eingerichtet. So wird z. B. der Washington Boulevard in Detroit auf jeder Seite der Straße von fünf 1000 W-Lampen erleuchtet. Die State Street in Chicago, die allerdings erheblich schmäler ist, wird mit Speziallampen von 2 kW erhellt; auf jeder Seite der Straße befinden sich hier Kandelaber mit 2 derartigen Lampen. Die fabelhafte Lichtfülle am Times Square in New York ist nicht so sehr auf eine gute Straßenbeleuchtung zurückzuführen wie auf eine verschwenderische Reklamebeleuchtung. Diese Lichtreklamen machen in ihren riesigen Ausmaßen und ihrer ungeheuren Anhäufung einen grandiosen Eindruck, besonders da es meist bewegte Plakate und figürliche Darstellungen sind. Im einzelnen sind sie für unseren Geschmack nicht immer ansprechend, und besonders am Tage machen sie zum Teil einen recht wenig befriedigenden Eindruck; dagegen blenden sie förmlich bei Nacht, wenn man dicht nebeneinander Tausende von Glühlampen aufleuchten sieht.

In steigendem Maße, besonders bei Neubauten, wird in Amerika die **Flutlichtbeleuchtung** verwendet. Vielfach werden hierbei nur die oberen Teile der Hochhäuser angeleuchtet, da der untere Teil zwischen den anderen Baulichkeiten eingeengt ist. Dabei wird nicht nur weißes sondern auch wechselndes farbiges Licht benutzt. Sehr wirkungsvoll ist die Anstrahlung des Paramount Building in New York, das eines der größten Kinotheater beherbergt (vgl. Abb. 13). Die Flutlichter sind hier am Hause selbst, verborgen hinter den Gesimsen der Architektur angeordnet (vgl. Abb. 14).

Ein Gebiet, dem die amerikanischen Elektrizitätswerke steigende Beachtung schenken, ist die elektrische **Wärmeverwertung**, da es sich hier um große Energiemengen mit zum Teil gleichmäßiger, zeitlich außerhalb der Spitze (off-peak load) liegender Belastung handelt. Abgesehen von elektrischen Küchenherden, die in manchen Städten in größerem Umfange benutzt werden, wird in der Industrie die Elektrowärme in den Stahlwerken weitgehend verwendet. In der Stahlfabrikation besitzen elektrisch beheizte Vergütungsöfen Vorzüge, die bei keiner anderen Beheizungsart erreicht werden können. Im Gewerbe werden elektrisch beheizte Öfen in Hotelgroßküchen und in den Großbäckereien gern benutzt. Man findet riesige Kettenbacköfen mit elektrischer Beheizung, über deren Arbeiten man nur Gutes hört. Diese Riesenöfen, die eine Breite von etwa 3 m und eine Länge von etwa 36 m besitzen, arbeiten fast voll selbsttätig. Ihr Anschlußwert beträgt etwa 600 kW, der jährliche Verbrauch etwa 2 ... 2½ Mill kWh. Abgesehen von den technischen Vorzügen sind die Öfen im Betriebe auch billiger als gasbeheizte Backöfen.

Die amerikanischen Elektrizitätswerke machen eine sehr ausgedehnte Propaganda besonders für die Verwendung elektrischer **Geräte im Haushalt**. Neben Zeitungsreklamen, für die zum Teil erhebliche Summen ausgegeben werden, dienen hierzu in erster Linie die **Vorführungsräume**. Im Gegensatz zu den Vorführungsräumen der BEWAG findet in den meisten amerikanischen Vorführungsräumen ein Verkauf der ausgestellten Geräte statt. Die Umsätze, die getätigt werden, sind zum Teil außerordentlich hoch. So hat die Ohio Public Service Co., die das Gebiet um die Stadt Cleveland herum mit Elektrizität versorgt, in einem Jahre einen Umsatz von 20 $ je Abnehmer gehabt. In anderen Städten sollen die Umsätze zum Teil noch höher liegen. Die amerikanische Werbung geht auf einer viel breiteren Basis vor als im allgemeinen die deutsche. Alle Abnehmer, die in ihrer Wohnung größere elektrische Geräte aufgestellt haben, werden regelmäßig in gewissen Abständen besucht. Der Zweck ist, sie in der Benutzungsweise und Instandhaltung der Apparate zu unterrichten. Außerdem wird jeder Abnehmer auch auf Wunsch aufgesucht.

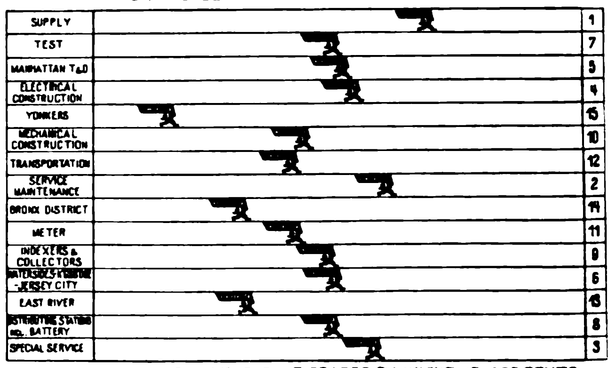


Abb. 15. Verbesserung der Unfallziffern bei der New York Edison Co.

In den Vorführungsräumen selbst werden vor Frauenklubs, Schülerinnen und College-Studentinnen zahlreiche Vorträge, verbunden mit praktischen Vorführungen, gehalten. Gegenstand der Vorträge sind: alle Einzelheiten der Zubereitung der Nahrung, Gesundheit und Sauberkeit im Haus, gute und dekorative Beleuchtung, Wohnungsbeheizung und die Berücksichtigung von arbeitsparenden Apparaten bei der Haushaltungsführung. Außerdem wird den Hausfrauen telephonisch jede gewünschte Auskunft gegeben, z. B. Kochrezepte oder Ratschläge für die Zusammensetzung des Menüs. In Forschungslaboratorien werden neue Apparate auf ihre Brauchbarkeit untersucht und von besonders vorgebildeten Frauen Verbesserungsmöglichkeiten in der Ernährung und Arbeitsvereinfachungen im Haushalt studiert. Der Vorführungsraum bemüht sich also, die Zentrale zu werden, an die sich alle Abnehmer, insbesondere alle Hausfrauen, mit ihren Fragen und Sorgen vertrauensvoll wenden.

In dieser Hinsicht kann der amerikanische Vorführungsraum geradezu als ein typisches Beispiel für die Einstellung des amerikanischen Geschäftsmannes seinem Kunden gegenüber betrachtet werden. Er ist stets bemüht, seine geschäftlichen Unternehmungen so einzurichten, daß sie das Wohlbefinden seiner Mitmenschen und insbesondere seiner Kunden bessern. Hierher gehört zu-

nächst, daß alle Geschäfte mit möglichster Ruhe und Liebenswürdigkeit abgewickelt werden. Es wird ferner auf gesundheitliche und wirtschaftliche Sicherheit aller Mitarbeiter der allergrößte Wert gelegt. Interessant ist die Art und Weise, wie die Unfälle bekämpft werden. Hier kommt der Sportgeist des Amerikaners den Bestrebungen der Unternehmer zu Hilfe. Man macht die Verminderung der Unfallziffern der einzelnen Abteilungen zu einer sportlichen Konkurrenz durch eine monatliche Veröffentlichung von Unfallstatistiken. Ein Beispiel hierfür bietet Abb. 15. Die Verbesserung der monatlichen Unfallziffer gegenüber dem Mittel der 3 Vorjahre jeder einzelnen Abteilung wird auf der Tafel, die dieses Bild wiedergibt, durch einen Flaggenträger markiert. Die Abteilung, deren Flaggenträger am Ende des Jahres am weitesten gelaufen ist, hat gesiegt. Die Wirkung dieser Wettbewerbsmethode soll außerordentlich gut sein.

Das Bemühen des amerikanischen Unternehmers, möglichst weite Kreise der Öffentlichkeit für seine Bestrebungen zu interessieren und womöglich deren Mitarbeit zu gewinnen, findet seinen Ausdruck auch darin, daß alle größeren Unternehmungen die Öffentlichkeit zur Besichtigung ihrer Anlagen einladen. Bekannt in dieser Hinsicht sind die Fabriken von Ford und die Schlächtereien in Chicago. Daß aber auch Elektrizitätswerke dieselbe Tendenz verfolgen, beweist Abb. 16, auf der das Einladungsschild zur Besichtigung der Niagarakraftwerke wiedergegeben ist.

Zusammenfassend kann man sagen: Was die Größe und Wirtschaftlichkeit der deutschen Kraftwerksanlagen, was die Durchbildung der Verteilungsnetze betrifft, stehen wir kaum hinter Amerika zurück. Unsere Umsatzziffern sind in stetem Anstieg begriffen, so daß wir auch hierin dem amerikanischen Vorbild allmählich näher kommen. Unseren Kundendienst müssen wir weiter ausbauen und auf einen Stand bringen, der unter Berücksichtigung

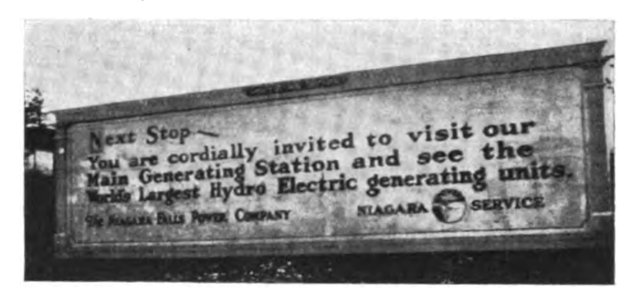


Abb. 16. Plakat der Niagara Falls Power Co.

der Psychologie des deutschen Käufers das leistet, was der amerikanische Kundendienst erreicht hat. Der Erfolg des amerikanischen Kundendienstes beruht in erster Linie auf derselben liebenswürdigen Offenherzigkeit, die uns bei unserer Reise ermöglichte, Einblicke in die Verhältnisse der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft zu gewinnen und die gewünschten Kenntnisse zu sammeln, wofür ich auch an dieser Stelle danken möchte.

Amerikanische Elektrizitätstarife.

Von Dr.-Ing. **Hans Nissel**, Berlin.

Übersicht. Amerika ist besonders in den Haushaltungen erheblich stärker elektrisiert als Deutschland. Abgesehen von den günstigen wirtschaftlichen und geographischen Verhältnissen ist dies auf eine gute Verkaufsorganisation und eine geschickte Tarifpolitik zurückzuführen. Für die Haushaltungen gibt es bei fast allen amerikanischen Elektrizitätswerken Sondertarife, für die man meistens die Form des Blocktarifs gewählt hat. Durch niedrige Preise im zweiten und besonders im dritten Block wird ein starker Anreiz zur weitgehenden Verwendung der Elektrizität im Haushalt geboten. Die mittleren Preise sind zwar, nach dem Kurs umgerechnet, kaum niedriger als die mittleren Haushaltstrompreise deutscher Elektrizitätswerke, doch ist der Unterschied, gemessen an der Kaufkraft des Dollars und der Mark, recht erheblich. Großabnehmer werden meist nach Grundgebührentarifen zu günstigen Bedingungen beliefert. Bemerkenswert sind in Kanada gebräuchliche Pauschaltarife, bei denen der Preis von der Entfernung des Abnehmers vom Kraftwerk abhängt. Entwicklungszahlen der Elektrizitätswirtschaft der Vereinigten Staaten von Amerika und Kanadas und die Zusammensetzung der Abnehmer sowie die an die einzelnen Abnehmerkategorien abgegebenen Kilowattstunden und die erzielten Einnahmen werden unter Verwendung einer Veröffentlichung der NELA mitgeteilt. Die Rolle der Haushaltungen zeigt sich hierbei der Anzahl und den Einkünften nach als sehr bedeutsam.

Die amerikanischen Elektrizitätswerke haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten stark und gleichmäßig entwickelt. Der Grund hierfür ist zunächst in dem Reichtum des Landes, dem hohen Einkommen der breiten Bevölkerungschichten, den günstigen klimatischen und geographischen Verhältnissen und der Kostspieligkeit der menschlichen Arbeitskraft zu suchen, die die weitgehende Verwendung mechanischer Hilfsgeräte in Industrie, Gewerbe und Haushalt notwendig macht. Auch der Krieg, für Amerika eine Zeit wirtschaftlichen Aufschwungs, hat diese Entwicklung gefördert, während Deutschland in diesen Jahren und besonders auch während der Inflation wirtschaftlich sehr stark gehemmt war.

In Deutschland hat diese Entwicklung, die in den Vereinigten Staaten während der letzten zwei Jahrzehnte gleichmäßig vor sich ging, daher erst vor etwa fünf Jahren eingesetzt, und die Sättigung besonders der deutschen Haushaltungen mit Elektrizität hat sich mit einer Intensität vollzogen, die die deutschen Elektrizitätswerke plötzlich vor Aufgaben stellte, in die die amerikanischen nach und nach organisch hineinwuchsen. Abgesehen von den technischen Problemen der Energieerzeugung und -verteilung, die in Deutschland die gleichen waren wie drüben, und bei deren Lösung ein reger Gedanken- und Erfahrungsaustausch zwischen beiden Ländern stattfand, war es besonders die Tariffrage, die — von Amerika für seine Verhältnisse bereits gelöst — in Deutschland einer gründlichen Klärung bedurfte.

Ein wichtiges Problem, das bei der Tarifpolitik der Elektrizitätswerke weitgehende Berücksichtigung erfordert, ist das sog. Spitzenproblem, das aus verschiedenen Gründen in den V. S. Amerika nicht so schwierig ist wie bei uns. Die nordostamerikanischen Großstädte — New York, Chicago, Detroit usw. — liegen erheblich südlicher als Deutschland, nämlich auf der Breite Süditaliens. Daher tritt dort die Dunkelheit in den Wintermonaten später ein als in Deutschland, so daß die Licht- und Kraftbelastung sich nicht so stark überdeckt wie bei uns und die Spitzenbildung in Amerika i. a. schon aus diesem Grunde nicht so ausgeprägt ist.

Wesentlicher jedoch als dieser geographisch begründete Vorteil ist die Tatsache, daß in den Vereinigten Staaten die Elektrisierung der Wohnungen, die zunächst durch die fast ausschließliche Lichtbelastung zur Ausbildung der Spitze erheblich beiträgt, langsam und stetig vor sich ging und der Belastungsverlauf der Wohnungen durch geeignete Tarifmaßnahmen gelenkt werden konnte, während in Deutschland in den Nachinflationsjahren die Anschlußbewegung der Wohnungen besonders in den Großstädten sich z. T. so stürmisch gestaltete, daß eine systematische tarifliche Beeinflussung schwierig war. Abgesehen davon war die finanzielle Lage Deutschlands ja sehr schlecht im Vergleich zu der der Union, so daß z. B. die Beschaffung elektrischer Geräte für den Haushalt vielen Familien unmöglich, zumindest nicht in dem Umfange möglich war wie den Amerikanern und der deutsche Haushalt daher zu einem höheren Prozentsatz ausschließlich Lichtverbraucher blieb. Überdies sind die klimatischen Verhältnisse, worauf bereits hingewiesen wurde, in Deutschland dem Gebrauch elektrischer Geräte, deren Verwendung einen Ausgleich für die Lichtbelastung bietet, nicht so günstig wie in den Staaten. Infolge der südlicheren Lage und der Einwirkung des Golfstromes haben die nordostamerikanischen Städte im Sommer ein sehr heißes Klima, das den Genuß eisgekühlter Getränke zu einer physischen Notwendigkeit macht. Elektrische Kühlschränke und Eisbereitungseinrichtungen sind daher sehr verbreitet und werden, weil die heiße Sommerperiode sich über fast sechs Monate erstreckt, viel ausgiebiger



benutzt, als dies bei uns der Fall sein würde. Diese Geräte zusammen mit der Unzahl Ventilatoren, die man drüben zur Kühlung der Luft in den Verkehrsmitteln, den Büreaus und in Privathaushaltungen verwendet, bilden eine ausgezeichnete Belastung für die Monate, in denen eine Lichtbelastung nur in beschränktem Umfange vorhanden ist. Auch der hohe Wert der menschlichen Arbeitskraft, besonders die hohen Löhne für Dienstpersonal, zwingen, wie erwähnt, die amerikanische Hausfrau, die aus diesem Grunde meist ohne Dienstpersonal arbeitet, zur weitgehenden Verwendung elektrischer Geräte.

Trotz aller dieser für Amerika günstigen Faktoren ist es, abgesehen von den Erfolgen des gut durchgebildeten Kundendienstes, zweifellos zum großen Teil ein Verdienst der amerikanischen Tarifpolitik, daß dort der Stromverbrauch in den Haushaltungen um ein Vielfaches höher ist als in Deutschland, was auf die Belastungsverhältnisse der amerikanischen Elektrizitätswerke wieder außerordentlich vorteilhaft einwirkt. Die Amerikaner haben bei der Gestaltung ihrer Haushalttarife, wenn auch nicht grundsätzlich, so doch in der Form einen wesentlich anderen Weg beschritten als die Deutschen.

Während man in Deutschland den Grundgebührentarif in den letzten Jahren in steigendem Maße auch für Wohnungen, gewerbliche Kleinbetriebe und Läden verwendete, hat man in den Vereinigten Staaten einer anderen Tarifform den Vorzug gegeben: dem Blocktarif. Zwar entspricht der Grundgebührentarif in seinem Aufbau weitgehend dem Verlauf der Selbstkosten eines Elektrizitätswerkes und ergibt mit steigender Benutzungsdauer nach einer Hyperbel fallende Strompreise, worin seine werbende Kraft im wesentlichen begründet liegt. Der Amerikaner zieht jedoch eine Tarifform vor, bei der das Sinken der Strompreise nicht erst rechnerisch ermittelt zu werden braucht, sondern unmittelbar erkennbar ist. Von diesem Gesichtspunkt aus gesehen, treten die wesentlichen sonstigen Vorzüge des Grundgebührentarifs in den Hintergrund. Auch in Deutschland bedurfte es einer umfassenden Werbe- und Aufklärungsarbeit, um die Eigenart des Grundgebührentarifs — das Fallen der Strompreise mit steigender Benutzungsdauer — verständlich zu machen, und ein Teil der Erfolge dieses Tarifs liegt zweifellos in der absoluten Niedrigkeit des Arbeitspreises, wobei die Grundgebühr als unabänderlich fester Betrag — häufig noch mit der Zählermiete identifiziert — von den Abnehmern hingenommen wird.

Anders liegen die Verhältnisse bei einem Blocktarif. Hier sieht der Abnehmer — sei es, daß der Tarif auf der Benutzungsdauer oder auf der Zimmerzahl, auf der Grundfläche der Wohnung oder auf einem anderen Bezugswert basiert — das Fallen der Strompreise bei Überschreitung eines bestimmten Verbrauches. Bezahlt er beispielsweise für die ersten X kWh je Zimmer 40 Pf/kWh und für die nächsten Y kWh je Zimmer 20 Pf/kWh, für den überschießenden Verbrauch jedoch nur 10 Pf/kWh, so besteht zunächst einmal der Anreiz, mehr als X kWh zu entnehmen und, nachdem dieser Verbrauch erreicht ist, auch die Zahl $X + Y$ noch zu überschreiten, um in den Genuß der jeweils verbilligten Preissätze zu gelangen. Der Tarif hat also gegenüber dem Grundgebührentarif für den Laien den Vorteil der leichteren Verständlichkeit, ein Faktor, dem man in Amerika ganz besondere Wichtigkeit beimißt. Damit soll jedoch nichts allgemein Gültiges für oder gegen eine der beiden Tarifformen gesagt sein. Die Verhältnisse liegen in Deutschland und Amerika außerordentlich verschieden, und auch innerhalb der beiden Länder können die örtlichen Verhältnisse für den einen oder den anderen Tarif sprechen.

Ein zweiter bedeutsamer Unterschied zwischen den amerikanischen und den deutschen Haushalttarifen — soweit es sich in Amerika um Blocktarife und in Deutschland um Grundgebührentarife handelt — liegt in folgendem: Würde man bei einem Grundgebührentarif den Leistungspreis proportional den festen und den Arbeitspreis proportional den veränderlichen Selbstkosten berechnen, dann würde man sehr hohe Leistungspreise und sehr niedrige Arbeitspreise erhalten. Dies würde zu einer verhältnismäßig hohen festen Belastung der Abnehmerschaft führen, die für die Mehrzahl der deutschen Kleinverbraucher untragbar ist. Die deutschen Grundgebührentarife sind daher i. a. so kalkuliert, daß ein nicht unwesentlicher Teil der festen Kosten mit in den Arbeitspreis gelegt ist, wodurch die steile Selbstkostenhyperbel in eine verhältnismäßig flache Verkaufspreishyperbel umgewandelt wird. Dieser Aufbau ist für deutsche Verhältnisse angemessen, da die sich aus den Grundgebührentarifen ergebenden mittleren Strompreise bei der hier erreichbaren Benutzungsdauer andernfalls verhältnismäßig hoch sein würden.

Die amerikanischen Blocktarife, in ihrem Aufbau versteckte Grundgebührentarife, bei denen die Grundgebühr in den höheren Preisblocks einbegriffen ist, sind i. a. anders kalkuliert. Hier ist der Unterschied der Strompreise bei hoher und niedriger Benutzungsdauer, wie wir weiter unten sehen werden, oft verhältnismäßig groß, jedenfalls meistens größer als bei deutschen Grundgebührentarifen. Dieser Aufbau bietet naturgemäß, besonders da die Strompreisverbilligung bei gesteigertem Verbrauch klar vor Augen liegt, einen außerordentlich starken Anreiz zur Erhöhung des Stromumsatzes. Allerdings, und darauf sei hier besonders hingewiesen sind die Gesamtstromrechnungen, die selbst bei den verhältnismäßig niedrigen Sätzen der letzten Preisblocks herauskommen, recht erheblich. Der Amerikaner, der gut verdient, braucht darauf nicht besonders Rücksicht zu nehmen, weil auch eine verhältnismäßig hohe Elektrizitätsrechnung in seinem Lebenshaltungsetat nur eine untergeordnete Rolle spielt, während selbst eine kleine Elektrizitätsrechnung in dem außerordentlich beschränkten Etat einer deutschen Arbeiterfamilie schon stark zu spüren ist. Daher steht es außer Zweifel, daß die amerikanischen Tarife selbst unter den oben erwähnten, dem Stromverbrauch förderlichen Eigenarten des dortigen Elektrizitätsmarktes in Deutschland nicht den gleichen Erfolg wie drüben haben würden, u. zw. ganz einfach deswegen, weil die deutsche Durchschnittsfamilie, abgesehen davon, daß die Beschaffung der elektrischen Geräte finanziell vielfach nicht in Frage kommt, nicht in der Lage wäre, so erhebliche Summen für Elektrizität auszugeben. Von den Kosten der elektrischen Arbeit für einen amerikanischen Haushalt kann man sich schon danach einen Begriff machen, daß die Mindestgarantie, die bei Blocktarifen für das Elektrizitätswerk die durch die Grundgebühr gebotene Mindesteinnahme ersetzt, bei den meisten Elektrizitätswerken monatlich 75 cts bis 1 $ (3,15 bis 4,20 RM) beträgt, eine Summe, die für deutsche Verhältnisse untragbar wäre.

Ein Elektrizitätsverbrauch von einigen tausend kWh jährlich ist drüben in einem Haushalt keine Seltenheit. Im Mittel gebraucht ein amerikanischer Haushalt 400 bis 500 kWh jährlich, und in einzelnen Städten beträgt diese Zahl sogar 750 kWh[1]. Selbst wenn man annimmt, daß die Kilowattstunde im Mittel 20 Pf kostet, ergibt sich immerhin eine jährliche Ausgabe von 150 RM. Derartig hohe Stromrechnungen, in Amerika für Haushaltungen ein Mittelwert, gehören bei uns zu den ganz seltenen Einzelfällen. Im allgemeinen kann man in deutschen Großstädten im Mittel mit einem jährlichen Verbrauch von 200 kWh rechnen; in Berlin beträgt er etwa 250 kWh.

Die amerikanischen Elektrizitätstarife sind, nach dem Valutakurs umgerechnet, i. a. kaum niedriger als die deutschen. So beträgt in Detroit der aus dem Haushalttarif folgende mittlere Strompreis 4,67 cts/kWh (19,6 Pf). In Buffalo ergibt sich ein mittlerer Preis von 3,38 cts (14,2 Pf), in Chicago 21,85 Pf/kWh, in Schenectady 14 Pf je kWh. In Berlin beträgt die mittlere Einnahme je Kilowattstunde aus dem Niederspannungstarif für Wohnungen etwa 24 Pf/kWh. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Benutzungsdauer der amerikanischen Haushaltungen ganz wesentlich höher ist und sich die erwähnten verhältnismäßig niedrigen mittleren Strompreise z. T. hieraus erklären. Im allgemeinen sind die amerikanischen Tarife, worauf schon hingewiesen wurde, derart aufgebaut, daß die ersten Preisblocks verhältnismäßig hohe Strompreise ergeben und der Abnehmer erst bei starker Verbrauchssteigerung in den Genuß der niedrigen Preisstufen kommt. Bei den deutschen Verbrauchsziffern würden die amerikanischen Tarife erheblich höhere Strompreise ergeben. Bei dem Vergleich der Preise in Deutschland und in Amerika ist jedoch zu berücksichtigen, daß man den Dollar bezüglich der Kaufkraft nicht mit dem Kurse von 4,20 RM umrechnen darf, sondern daß, bezogen auf die allgemeinen Lebenshaltungskosten, ein Dollar mit etwa 2 bis 2,50 RM zu bewerten ist. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache sind daher die amerikanischen Strompreise als niedrig zu bezeichnen.

Besonders günstige Tarife findet man drüben für Großabnehmer, Eisenbahnen u. dgl. Hier zeigen die Elektrizitätswerke offensichtlich ein außerordentliches Entgegenkommen und sind dazu in der Lage, weil die Benutzungsdauer, d. h. der Belastungsfaktor, i. a. sehr gut ist. Während dieser z. B. bei der BEWAG nur wenig über 30 % beträgt, liegt er bei den meisten amerikanischen

[1] Vgl. M. S. Sloan, Sales Increase or Rate Increase. Nela-Bull. Juni 1929, S. 353.



Elektrizitätswerken bei etwa 50 %, d. h. bei gleicher Leistungsfähigkeit beträgt der Verkauf an Kilowattstunden über 60 % mehr als bei uns. Daß unter diesen Verhältnissen sehr niedrige Strompreise eingeräumt werden können, versteht sich von selbst. So bekommt ein großstädtisches Verkehrsunternehmen bei einem Jahresverbrauch von über 600 Mill kWh den Strom hochspannungsseitig mit etwas über 3 Pf/kWh. Ein anderes derartiges Unternehmen zahlt bei etwa 50 Mill kWh jährlich für Gleichstrom von 1,5 kV etwa 5 Pf/kWh. Bei der sehr guten Ausnutzung des investierten Kapitals können die Elektrizitätswerke natürlich z. T. niedrigere Tarife bieten, als dieses in Deutschland möglich ist.

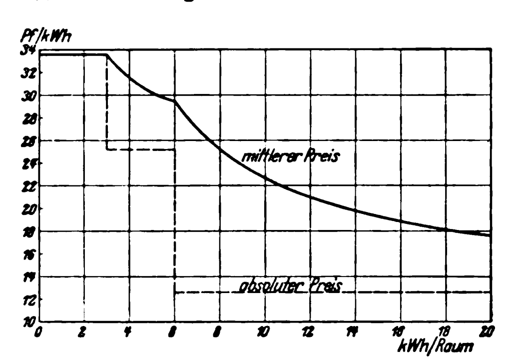


Abb. 1. Wohnungstarif der Commonwealth Edison Co., Chicago, Ill.

Interessant ist die verhältnismäßig große Zahl verschiedener Tarife, die die einzelnen Elektrizitätswerke ihren Kunden zur Auswahl stellen. Da gibt es Tarife für kleine und für große Lichtabnehmer, für gewerbliche Kraftverbraucher, Wohnungen, Eisfabriken, Theater, Stahlwerke, Autobatterieladung usw. Beachtlich ist die fast allgemeine Differenzierung nach Licht und Kraft. Im allgemeinen haben ja nur einige wenige Tarife praktisch Bedeutung, doch entspricht das Angebot der Elektrizität zu den verschiedensten Bedingungen durchaus dem Geschäftsprinzip des Amerikaners. Während man in Deutschland meistens bestrebt ist, möglichst alle Abnehmer nach einheitlichen Bedingungen zu beliefern, und dann notgedrungen zur Durchführung dieses Gedankens die Elektrizität von vornherein nur zu e i n e m ganz bestimmten Tarifsatz anbietet, glauben die Amerikaner durch die Vielfältigkeit ihrer Tarife dem Abnehmer den Bezug besonders schmackhaft zu machen. Es ist zweifellos leichter, einen Verbraucher zu gewinnen, wenn man ihm einen für seine Zwecke zugeschnittenen Tarif offeriert, als wenn man ihn mit einer Reihe von anderen, heterogenen Abnehmern über einen Kamm schert. Selbst wenn der Konsument tatsächlich bei dem Spezialtarif nicht billiger fährt, wird er sich bei größerer Tarifauswahl leichter dazu bestimmen lassen, Anschluß bei einem Elektrizitätswerk zu nehmen, da er rein gefühlsmäßig lieber einen Sondertarif annimmt, der seinen Betriebsverhältnissen entspricht, als sich aus einem allgemeinen Tarif die für seinen Betrieb im besonderen herausspringenden Vorteile herauszusuchen. Daß für die einzelnen Abnehmerkategorien nur ein bestimmter Tarif praktisch in Frage kommt, merkt der Verbraucher nicht, wenn er die große Tarifauswahl sieht. Er empfindet nur das außerordentliche Entgegenkommen seines Elektrizitätswerkes, und das ist es gerade, was die Werke — die, wie bekannt, zum größten Teil privat sind — erreichen wollen.

Wir sprachen oben bereits davon, daß die amerikanischen Tarife im Gegensatz zu den deutschen meistens so aufgebaut sind, daß die festen Kosten verhältnismäßig hoch, die veränderlichen dagegen niedrig sind. Bei Blocktarifen findet diese Tendenz ihren Ausdruck darin, daß die ersten Preisblocks verhältnismäßig hohe Strompreise ergeben, während nach rascher Staffelung die letzten sehr niedrige Preise anbieten. Von diesem Aufbau weichen die Tarife i. a. wenig ab, gleichgültig, ob sie lediglich auf der Menge des entnommenen Stromes oder auf der Benutzungsdauer, der Zimmerzahl, dem gemessenen Maximum oder dgl. basieren. Typische Beispiele sind folgende:

Nach dem Wohnungstarif der Commonwealth Edison Co. in Chicago sind zu bezahlen für:

die ersten 3 kWh monatlich je Raum	8 cts	(33,6 Pf)/kWh
„ nächsten 3 „ „ „ „	6 „	(25,2 Pf)/ „
und darüber	3 „	(12,6 Pf)/ „

Die ersten Kilowattstunden kosten hier fast das Dreifache dessen, was der Verbrauch über 6 kWh je Raum kostet. Dadurch sind die festen Kosten, d. h. der Betrag, der auch bei verhältnismäßig niedrigem Verbrauch in jedem Falle zu zahlen ist, ziemlich hoch, auf der anderen Seite aber sinken die Strompreise rasch, sobald der Konsum sich steigert (vgl. Abb. 1). Die weitgehende Verwendung elektrischer Haushaltgeräte und besonders auch elektrischer Kochherde ist nach dem Tarif durchaus wirtschaftlich, besonders da der Kochstromverbrauch in den billigsten Block fällt. Ähnliche Preise sieht der Wohnungstarif der Edison Electric Illuminating Co. of Boston vor, der jedoch nicht auf der Zimmerzahl, sondern auf der Bodenfläche beruht. Nach ihm kosten die ersten 2 kWh monatlich je

100 qfuß (9,29 m²) Bodenfläche .	8,5 cts	(35,7 Pf)/kWh
die nächsten 70 kWh monatlich .	5,0 cts	(21,0 Pf)/ „
und der Überschuß	3,0 cts	(12,6 Pf)/ „ .

Die Charakteristik dieses Tarifes ist gegenüber dem vorbeschriebenen etwas verschieden dadurch, daß der erste Block einen höheren Preis vorsieht, der zweite zwar niedrigere Preise als im vorigen Tarif erhebt, dafür jedoch eine größere Ausdehnung besitzt. Im Mittel folgen aus diesem Tarif etwas höhere Preise, wenn man einen Raum zu 200 qfuß (18,5 m²) annimmt (vgl. Abb. 2).

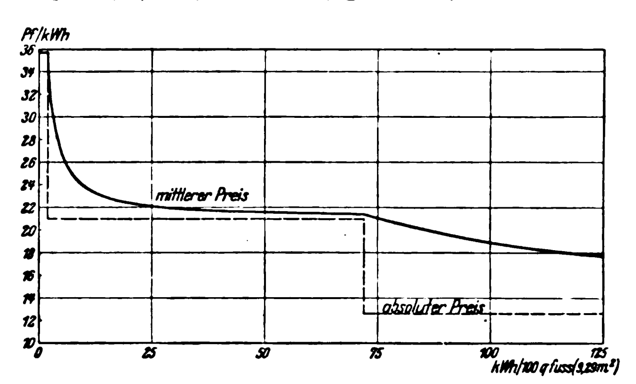


Abb. 2. Wohnungstarif der Edison Electric Illuminating Co. of Boston, Boston, Mass.

Ein Tarif, bei dem sich die Tendenz des starken Abfalles der Strompreise bei steigendem Verbrauch besonders deutlich ausprägt, ist der Haushalttarif der Buffalo General Electric Co., der ähnlich wie der Berliner Grundgebührentarif auf einem fiktiven Leistungswert basiert, der folgendermaßen bestimmt wird:

1. 25 % aller Lampenfassungen mit 40 W bewertet, auf volle 10 W aufgerundet und nicht weniger als 250 W,
2. 2,5 % der Leistungsaufnahme der elektrischen Herde und sonstigen Haushaltgeräte über 1000 W. Geräte mit weniger als 1000 W Anschlußwert und Motoren unter 0,5 PS werden nicht berücksichtigt. Motoren zwischen 0,5 und 1 PS werden mit 25 % ihrer Leistung eingesetzt.

Bezogen auf diese Leistung kosten:

die ersten 60 Benutzungsstunden monatlich	6,0 cts	(25,2 Pf)/kWh
die nächsten 120 Benutzungsstunden monatlich	4,0 cts	(16,8 Pf)/ „
der Überschuß	1,5 cts	(6,3 Pf)/ „ .

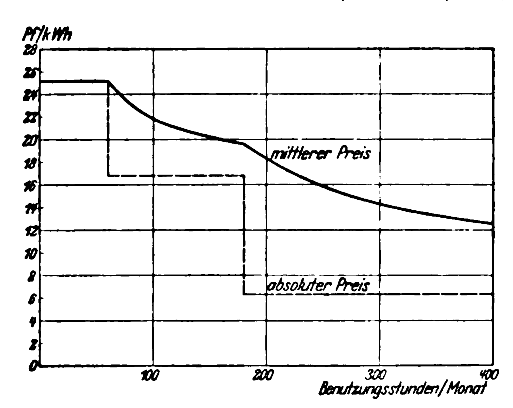


Abb. 3. Wohnungstarif der Buffalo General Electric Co., Buffalo, N. Y.

Die Benutzungsdauer erscheint bei diesem Tarif unverhältnismäßig hoch, da die Leistungswerte willkürlich sehr niedrig angenommen sind (vgl. Abb. 3).

Durch diesen Tarif ist es der Buffalo General Electric Co. gelungen, eine große Anzahl von elektrischen Herden, deren jeder im Mittel etwa 3000 kWh jährlich verbraucht, anzuschließen. Auch die Verwendung elektrischer Haushaltgeräte wurde naturgemäß durch diesen sehr günstigen Tarif außerordentlich gefördert. So beträgt der Verbrauch einer Haushaltung in Buffalo im Mittel 750 kWh jährlich, was selbst für amerikanische Verhältnisse eine Rekordzahl darstellt.

Die drei genannten Tarife sind typische Vertreter der amerikanischen Haushalttarife. Wenn auch die Bezugsbasis verschieden ist, so ist die Form doch im allgemeinen der Blocktarif. Vereinzelt findet man aber auch Grundgebührentarife. Ein Beispiel ist der Haushalttarif der Ohio Public Service Co., Cleveland, der folgende Form hat:

1. Für jeden Zweileiterzähler bis zu 10 A bei 110 V monatlich 1 $ (4,20 RM). Für je 5 A Zählergröße darüber monatlich 60 cts (2,52 RM).
2. Für die ersten 50 kWh monatlich 5 cts (21 Pf)/kWh, für den weiteren Verbrauch 3 cts (12,5 Pf)/kWh.

Man sieht, daß auch dieser Tarif, obgleich er die ausgesprochene Form des Grundgebührentarifes zeigt, doch die in Amerika beliebte Form des Blocktarifes mit verwendet. Zweifellos hat diese Staffelung der Arbeitspreise einen werbenden Wert, den sich auch die Elektrizitätswerke, die grundsätzlich die Form des Grundgebührentarifes vorziehen, nicht entgehen lassen wollen.

Einen verhältnismäßig hohen Haushalttarif benutzt die Public Service Co. of Northern Illinois, die die Provinz um Chicago herum mit Elektrizität versorgt. Hier kosten

die ersten 30 Benutzungsstunden monatlich	10 cts (42,0 Pf)/kWh
die nächsten 30 Benutzungsstunden monatlich	9 cts (37,8 Pf)/ „
und der Überschuß	6 cts (25,2 Pf)/ „ .

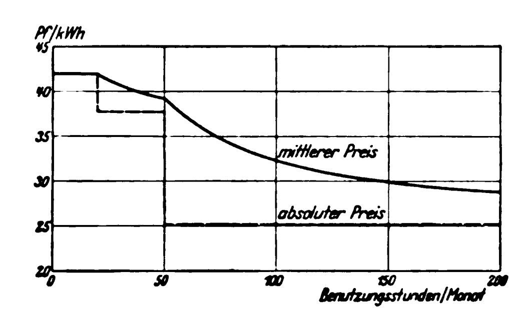


Abb. 4. Wohnungstarif der Public Service Co. of Northern Illinois, Chicago, Ill.

Die Benutzungsdauer wird bei diesem Tarif in Anlagen über 5 kW gemessen, unter 5 kW aus einer Tabelle festgestellt. Der Tarif gilt allgemein für Beleuchtung einschließlich der Wohnungen (vgl. Abb. 4). Da er nicht genügend weit gestaffelt ist, um elektrisches Kochen zu gestatten, sieht die Gesellschaft hierfür einen besonderen Tarif vor, nach dem die ersten 10 kWh monatlich 10,5 cts (44,1 Pf)/kWh kosten und alle weiteren je 3,5 cts (14,7 Pf). Man sieht, daß auch dieser Tarif durchaus nicht besonders niedrige Preise ergibt und bei ihm z. B. in Deutschland das elektrische Kochen wirtschaftlich nicht in Frage käme. Bei dem hohen Einkommen der Amerikaner und den verhältnismäßig hohen Kosten vieler Dinge des täglichen Bedarfes, z. B. der Wohnungen, ist jedoch der Tarif nicht zu hoch; allerdings läßt er eine so ausgedehnte Verwendung der Elektrizität für Kochzwecke, wie sie der Tarif in Buffalo ermöglicht, nicht zu.

Wir haben im Vorstehenden lediglich Haushalttarife betrachtet, da der Verbrauch im Haushalt für die wirtschaftliche Ausnutzung eines Elektrizitätswerkes von besonderer Bedeutung ist und diese Tarife daher sehr wichtig sind. Außerdem haben sie für uns besonderes Interesse, weil sie in Form und Aufbau nicht unwesentlich von den in Deutschland meist gebräuchlichen Haushalttarifen abweichen.

Die Großabnehmertarife sind auch in Amerika in der Mehrzahl Grundgebührentarife mit gemessenem Maximum, doch ist es interessant, hier festzustellen, daß der Trennungstrich nicht, wie bei uns, allgemein zwischen Hoch- und Niederspannungsabnehmer läuft, sondern daß die Wahl des Tarifes i. a. eine Funktion der Größe des Verbrauches ist. Dies hängt mit dem Aufbau der meisten amerikanischen Netze — mit Ausnahme der Netze im Zentrum der Großstädte — zusammen. In den Vereinigten Staaten geht man meistens mit Hochspannungsleitungen bis in die Höfe der Häuser, wo man die Spannung mittels Masttransformatoren auf 2 × 110 V — in Amerika wird auch für Wechselstrom oft die Edison-Schaltung verwendet — herabsetzt. Als Hochspannung sind hier Spannungen von 2400 ... 5000 V anzusehen, die häufig auf Freileitungen, z. T. an dem gleichen Gestänge wie die Niederspannungsleitungen geführt werden. Großabnehmer, die den Strom direkt mit Hochspannung beziehen, werden i. a. mit höheren Spannungen bis etwa zu 14, vereinzelt bis 22 kV beliefert. Dieses Verteilungssystem hat die Eigenart, daß das Niederspannungsnetz in den Anlagekosten nur eine untergeordnete Rolle spielt, da es nur aus kleinen Masttransformatoren und kurzen Freileitungen besteht. Es liegt daher kein Grund vor, einen so einschneidenden Unterschied zwischen Hoch- und Niederspannungstarifen zu machen, wie dies bei uns gerechtfertigt ist, wo das ausgedehnte Niederspannungskabelnetz in den Städten einen sehr großen Teil der gesamten Anlagekosten der Elektrizitätsversorgung trägt. So unterscheiden sich die Hoch- und Niederspannungstarife häufig nur dadurch, daß für den Hochspannungsbezug ein kleiner Abschlag auf die normalen Strompreise gewährt wird oder die Leistungs- und Arbeitspreisstaffel etwas weiter heruntergeht als bei Niederspannungsbezug. Das Beispiel eines Tarifes der letztgenannten Form ist der Tarif der Edison Electric Illuminating Co. of Boston für Großlichtverbraucher. Der Tarif für Großkraftverbraucher ist im Aufbau der gleiche, nur sind die Leistungspreise etwa 40 % niedriger:

1. Niederspannungsbezug:
   a) Leistungspreis:
      150 $ (630 RM) monatlich bei einer Entnahme von 50 kW oder weniger (12,60 RM/kW),
      2,75 $ (11,55 RM)/kW monatlich für die nächsten 600 kW,
      1,80 $ (7,56 RM)/kW für die Mehrleistung.
   b) Arbeitspreis:
      4 cts (16,8 Pf)/kWh für die ersten 4500 kWh monatlich,
      1,15 cts (4,83 Pf)/kWh für die nächsten 100 000 kWh monatlich,
      0,85 cts (3,75 Pf)/kWh für die nächsten 200 000 kWh monatlich,
      darüber 0,75 cts (3,15 Pf)/kWh.
2. Hochspannungsbezug:
   a) Leistungspreis:
      150 $ (630 RM) monatlich bei einer Entnahme von 50 kW oder weniger (12,60 RM),
      2,75 $ (11,55 RM)/kW für die nächsten 100 kW,
      1,375 $ (5,775 RM)/kW für die nächsten 100 kW,
      1,10 $ (5,12 RM)/kW für die Mehrleistung.
   b) Arbeitspreis:
      4 cts (16,8 Pf)/kWh für die ersten 6500 kWh monatlich,
      1,15 cts (4,83 Pf)/kWh für die nächsten 50 000 kWh monatlich,
      0,85 cts (3,57 Pf)/kWh für die nächsten 50 000 kWh monatlich,
      0,75 cts (3,15 Pf)/kWh für die nächsten 200 000 kWh monatlich,
      0,66⅔ cts (2,8 Pf))/kWh für die 1. Million kWh monatlich,
      darüber 0,61 cts (2,56 Pf)/kWh.

Man sieht, daß Hoch- und Niederspannungstarif sich anfänglich überhaupt nicht unterscheiden und erst bei den späteren Staffeln ein Unterschied zutage tritt, während man bei den deutschen Hochspannungstarifen i. a. von vornherein erheblich niedrigere Preise feststellen kann als bei den entsprechenden Niederspannungstarifen. Außerdem vermag bei vielen deutschen Elektrizitätswerken ein Großabnehmer nur dann annehmbare Preise zu erhalten, wenn er seinen Betrieb auf Hochspannungsbezug umstellt, während bei den amerikanischen Tarifen auch solche Verbraucher, bei denen der Hochspannungsbezug aus irgendwelchen Gründen nicht möglich oder zweckmäßig ist, bei Niederspannung fast dieselben Strompreise erhalten können wie bei Hochspannungsbezug.

Einzelne Werke haben auch besondere Hochspannungstarife, z. B. die Buffalo General Electric Co., die für Kraft- und Wärmeverbrauch folgende Hochspannungstarife anbietet:

a) Leistungspreis:
   1 $ (4,20 RM)/kW monatlich für die ersten 15 kW.
   75 cts (3,15 RM)/kW monatlich für die Mehrleistung.



b) Arbeitspreis:
1 cts (4,2 Pf)/kWh für die ersten 3000 kWh monatlich,
0,56 cts (2,35 Pf)/kWh für den Mehrverbrauch.

Die Elektrizität wird als Drehstrom mit 25 Hz und 2,2, 11 oder 22 kV geliefert. Wahlweise wird für die gleichen Zwecke eine Art Pauschaltarif angeboten. Hiernach kosten

die ersten 60 kW 3,62 $ (15,20 RM/kW monatlich,
die Mehrleistung 2,40 $ (10,80 RM)/kW monatlich.

Für diese Pauschalsumme darf die elektrische Arbeit mit 430 Benutzungsstunden monatlich entnommen werden. Geht der Konsum darüber hinaus, so ist der Mehrverbrauch mit 0,56 cts (2,35 Pf)/kWh zu bezahlen. Bei beiden Tarifen wird das mittlere Maximum während 2 min bei 2,2 kV und während 5 min bei 11 und 22 kV zugrunde gelegt im Gegensatz zu den meisten anderen Tarifen, bei denen es während 15 oder 30 min gemessen wird.

Als dritte Variante bietet die Gesellschaft für die gleichen Verwendungszwecke Strom zu dem festen Preis von 2 cts (8,4 Pf)/kWh an.

Wie wir bereits oben bemerkten, befinden sich die meisten Elektrizitätswerke der V. S. Amerika in privaten Händen. Lediglich eine kleinere Zahl, die z. T. nur für die Lieferung der Energie für Straßenbeleuchtung und Straßenbahnen in Frage kommt, steht in kommunaler Verwaltung. Es ist somit nicht verwunderlich, daß die privaten Werke i. a. wirtschaftlicher arbeiten, besonders da vorwiegend die Großstädte von ihnen versorgt werden. In dem Bericht der Tarifkommission der National Electric Light Association 1927/1928[1] finden wir über die Tarife der privaten und kommunalen Werke beachtliches Material, durch das der nach dem Vorstehenden nicht überraschende Nachweis geführt wird, daß die privaten Werke im allgemeinen niedrigere Strompreise haben als die kommunalen. (Die National Electric Light Association entspricht in Amerika etwa der Vereinigung der Elektrizitätswerke und dem VDE in Deutschland.) Die Broschüre bringt zunächst interessante Entwicklungsziffern über die Erzeugung an Elektrizität in den Jahren 1902/1922, aus denen der überragende Anteil der privaten Werke an der Gesamterzeugung der V. S. Amerika eindeutig hervorgeht. Nur etwa 5 % der Kilowattstunden werden von öffentlichen Elektrizitätswerken produziert, wobei es sich, wie oben erwähnt, im wesentlichen um kleinere Werke mit vorwiegend sehr beschränktem Versorgungsgebiet handelt. Man kann daher die Stellung der kommunalen und privaten Werke zueinander keineswegs mit den Verhältnissen in Deutschland in irgendeine Beziehung setzen; abgesehen von dem zahlenmäßigen Mißverhältnis ist dies schon deshalb nicht möglich, weil zwischen der kommunalen Verwaltung in Deutschland und in Amerika ein außerordentlich großer Unterschied besteht. Wir möchten uns ein Eingehen hierauf versagen und lediglich die für Deutschland interessanten Vergleichsziffern aus der Broschüre bringen. In Zahlentafel 1 und Abb. 5 sind die erzeugten Kilowattstunden und die mittleren Einnahmen je 1 kWh der amerikanischen Kraftwerke von 1902/1922 angegeben.

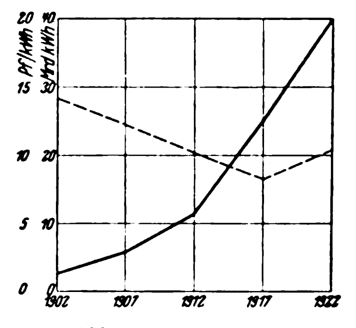


Abb. 5. Gesamterzeugung (ausgezogen) und mittlere Einnahmen je Kilowattstunde (gestrichelt) in den V. S. Amerika.

Zahlentafel 1.
Gesamtelektrizitätserzeugung und mittlere Einnahmen je kWh in den V. S. Amerika 1902/1922.

Jahr	Gesamterzeugung Mill kWh	Mittlere Einnahme cts/kWh	Pf/kWh
1902	2 507,051	3,3580	14,10
1907	5 862,277	2,8933	12,15
1912	11 569,110	2,4819	10,16
1917	25 438,303	1,9736	8,28
1922	40 291,536	2,5326	10,64

[1] Zur Bearbeitung des folgenden Teiles wurde die Schrift „Electric Light and Power Rates in the United States", Serial Report of the Rate Research Committee 1927—1928 der National Electric Light Association. New York 1928, verwandt.

Man sieht aus den Ziffern, daß die mittleren Einnahmen nicht wesentlich niedriger sind als die gleichen Ziffern in den deutschen Großstädten. Anders liegen die Verhältnisse in Kanada, wo der prozentuale Anteil der Wasserkrafterzeugung wesentlich höher ist als in den V. S. Amerika. Hier sind die Strompreise erheblich geringer als in den Staaten. Auch die Zusammensetzung der Elektrizitätswerke ist in Kanada sehr von der in der Union verschieden. Während wir oben feststellten, daß in dieser nur etwa 5 % der Gesamtenergie in öffentlichen Werken erzeugt werden, betrug dieser Prozentsatz in Kanada 1925 35,4 %. Die Versorgung befindet sich in der Provinz Ontario vorwiegend in öffentlicher Hand, während die Provinz Quebec hauptsächlich von privaten Werken versorgt wird. Die Gesamterzeugung Kanadas und die mittleren Bruttoeinnahmen sind für die Jahre 1919/1925 in der Zahlentafel 2 zusammengestellt (vgl. Abb. 6).

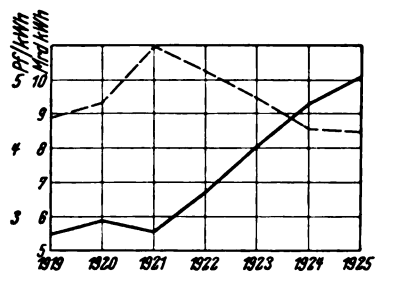


Abb. 6. Gesamterzeugung (ausgezogen) und mittlere Einnahmen je Kilowattstunde (gestrichelt) in Kanada.

Zahlentafel 2.
Gesamtelektrizitätserzeugung und mittlere Einnahmen je kWh in Kanada 1919/25.

Jahr	Gesamterzeugung Mill kWh	Mittlere Einnahme cts/kWh	Pf/kWh
1919	5,497	1,052	4,42
1920	5,894	1,115	4,68
1921	5,614	1,307	5,49
1922	6,741	1,221	5,13
1923	8,099	1,125	4,73
1924	9,315	1,022	4,30
1925	10,110	1,015	4,26

Da, wie erwähnt, ein großer Teil der Energie in Kanada mittels Wasserkraft erzeugt wird, findet man hier häufig Pauschaltarife. Bei der Hydro-Electric Power Commission of Ontario in Toronto sind solche besonders für die Lieferung an Gemeinden gebräuchlich, bei denen der Strompreis eine Funktion der Entfernung des Verbrauchers vom Kraftwerk ist. Die Stromverteilung bis zum letzten Abnehmer liegt in Kanada häufig nicht in den Händen der Kraftwerkgesellschaften, so daß für den Verbraucher höhere Strompreise in Frage kommen werden.

Infolge der niedrigen Strompreise ist der Konsum in Kanada naturgemäß außerordentlich hoch. Für 1925 kann man aus den Angaben des erwähnten Berichtes in den Städten einen Verbrauch von fast 1650 kWh je Kopf der Bevölkerung jährlich errechnen. Diese spezifischen Verbrauchsziffern gehören mit zu den höchsten in der ganzen Welt. Auch die mittleren Einnahmen je Abnehmer sind entsprechend hoch. Bei rd. 1.280 Mill Abnehmer, von denen 1,063 Mill entsprechend 83,7 % Haushaltungen sind, betrug die mittlere jährliche Einnahme je Konsument im Jahre 1925 rd. 62 $, eine Summe, die bei dem hohen spezifischen Verbrauch trotz der niedrigen Preise nicht wundernimmt.

Interessant ist die Verschiebung, die sich in der Höhe der Haushalt- und gewerblichen Tarife in den letzten Jahren vollzogen hat. Während vor dem Kriege die gewerblichen Tarife in der Provinz Ontario (Kanada) i. a. unter den Haushalttarifen lagen, hat sich dieses Verhältnis langsam zugunsten der Haushalttarife verschoben. Im Jahre 1914 war die Höhe der gewerblichen Tarife etwa 80 % der Haushalttarife, 1920 war Preisgleichheit erreicht, und heute ist die Höhe der gewerblichen Tarife, verglichen mit den Haushalttarifen, etwa 140 %. Die Senkung der letzteren betrug in den 19 größten Städten der Provinz Ontario 1907/1926 44 %, die gewerblichen Tarife sanken in der gleichen Zeit um nur 1 %, während die Krafttarife um 20 % gestiegen sind. Die starke Bevorzugung der Haushaltverbraucher, die, wie erwähnt, 83,7 % aller Konsumenten ausmachen, ist beachtlich.

Die Verteilung der Abnehmer auf Haushalt, Gewerbe, Kraftstrom und Sonstiges gibt bezüglich der Zahl, des Jahresverbrauchs und der Einnahmen in Prozenten die Zahlentafel 3 (vgl. Abb. 7).



Zahlentafel 3. Prozentuale Zusammensetzung der Abnehmer und Verteilung des Stromverbrauches und der Einnahmen in Kanada 1926.

Abnehmer		Jahresverbrauch (kWh)	Einnahmen
Art	Zahl %	%	%
Haushalt	83,7	29,7	34,1
Gewerbe	13,8	12,6	19,3
Kraftstrom . . .	2,5	40,2	31,1
Sonstiges	—	17,5	15,5
	100,0	100,0	100,0

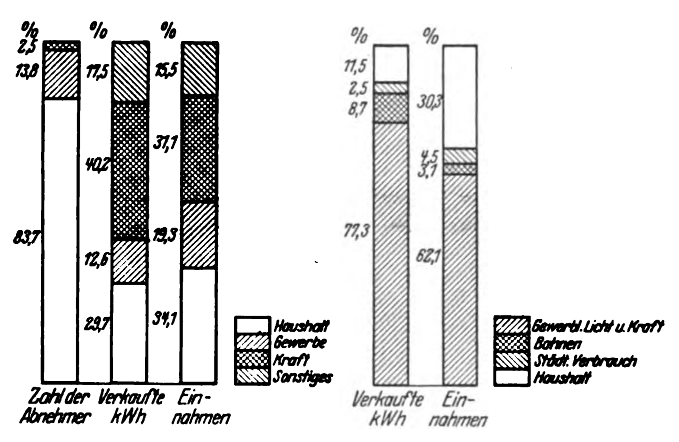


Abb. 7. Prozentuale Zusammensetzung der Abnehmer und Verteilung des Stromverbrauchs sowie der Einnahmen in Kanada 1926.

Abb. 8. Prozentuale Verteilung des Stromverbrauchs und der Einnahmen in den V. S. Amerika 1926.

Aus diesen Zahlen ersieht man, daß es sich bei den Haushaltabnehmern um kleine Verbraucher handelt, während die Kraftstromkonsumenten im wesentlichen Großabnehmer sind.

Bei den Krafttarifen handelt es sich hier vielfach um Pauschaltarife, wobei, ähnlich wie bei den obenerwähnten Tarifen, die Entfernung des Abnehmers vom Kraftwerk für die Höhe der Preise mitbestimmend ist. Pauschaltarife sind hier dadurch gerechtfertigt, daß ein großer Teil der Energie in Wasserkraftwerken erzeugt wird (Niagara-System). In der Stadt Toronto betrug der Krafttarif 1926 beispielsweise im Mittel 25,90 $/PS und Jahr (109 RM), während im gleichen Jahr der gewerbliche Tarif Preise von 2,7 cts/kWh (10,4 Pf) und der Haushalttarif solche von 1,87 cts/kWh (7,9 Pf) ergab. Ohne Kenntnis der Benutzungsdauer läßt sich aus diesen Angaben natürlich ein zahlenmäßiges Verhältnis zwischen Haushalt- und Krafttarif nicht ableiten. Auf Grund der Einnahmen ergibt sich jedoch, daß die Krafttarife um ein mehrfaches niedriger sind als die Haushalttarife.

Interessant sind in diesem Zusammenhange auch folgende Angaben, die den Prozentsatz der verbrauchten Kilowattstunden und der Einnahmen bei den einzelnen Abnehmergruppen in den Vereinigten Staaten zeigen. Zahlentafel 4 gibt die Verteilung des Stromverbrauches und der Einnahmen auf die einzelnen Abnehmergruppen der V. S. Amerika im Jahre 1926 (vgl. Abb. 8).

Zahlentafel 4. Prozentuale Verteilung des Stromverbrauches und der Einnahmen auf die einzelnen Abnehmergruppen in den V. S. Amerika 1926.

Art der Abnehmer	Jahresverbrauch (kWh) %	Einnahmen %
Gewerbliches Licht und Kraft .	77,3	62,1
Bahnen	8,7	3,1
Städtischer Verbrauch (Straßenbeleuchtung usw.)	2,5	4,5
Haushalt	11,5	30,3
	100,0	100,0

Die mittlere Einnahme für Haushaltstrom betrug im Jahre 1926 6,99 cts/kWh (29,35 Pf), für gewerbliche Zwecke stellte sich der mittlere Preis auf 2,13 cts/kWh (8,94 Pf); der Haushaltstrom war also 3,3 mal so teuer als der gewerbliche Strom. Der Kraftstrompreis betrug im Mittel 1,46 cts/kWh (6,65 Pf). Haushaltstrom war also 4,8 mal so teuer als Kraftstrom.

Für Beleuchtungszwecke wurden im Jahre 1926 21 % der Gesamterzeugung verbraucht und 64 % aller Einkünfte vereinnahmt. Der Lichtpreis betrug 5,7 mal soviel als der Kraftstrompreis.

Danach kann man feststellen: Die Krafttarife sind in Amerika i. a. außerordentlich niedrig, die Preise für Haushaltstrom unter Zugrundelegung der gleichen Benutzungsdauer kaum geringer als in Deutschland, doch ergeben die amerikanischen Haushalttarife (vorwiegend Blocktarife) bei dem hohen Verbrauch und der guten Benutzungsdauer der Haushaltungen günstigere Preise als die deutschen Tarife. Die Erkenntnis, daß den Haushaltungen wegen ihrer großen Zahl selbst bei einem verhältnismäßig niedrigen Verbrauch jedes einzelnen Haushaltes im Gesamtstromumsatz eine große Bedeutung zukommt, hat die Amerikaner frühzeitig zu einer Förderung dieses Konsums durch geeignete Tarife veranlaßt. Eine kritiklose Übertragung der amerikanischen Tarifpolitik auf deutsche Verhältnisse ist jedoch nicht möglich, da die grundsätzlichen Bedingungen der beiden Länder völlig verschieden sind. Wichtig und auch für deutsche Verhältnisse nachahmenswert ist jedoch das für den Laien überzeugend rasche Sinken der Strompreise bei Steigerung des Umsatzes. Die Blocktarife in der in der amerikanischen Praxis erprobten Form verdienen neben den Grundgebührentarifen zweifellos auch bei uns Beachtung.

Berechnung der durch die Windungsisolation hervorgerufenen Vergrößerung der Induktivität von eisenlosen Drosselspulen.

Von Ing. J. **Hak**, Paris.

Übersicht. Im folgenden werden einige Formeln angegeben, welche den Einfluß der Windungsisolation bei der Berechnung von eisenlosen, kreisrunden Drosselspulen zu berücksichtigen gestatten. Zwei zur bequemen Lösung der Formeln bestimmte Nomogramme werden ebenfalls wiedergegeben.

Bei allen mathematisch abgeleiteten Formeln für die Selbstinduktivität von eisenlosen Spulen wird vorausgesetzt, daß der Strom den Wicklungsraum vollständig und gleichmäßig erfüllt, wodurch allein die Durchführung der Integration über den ganzen Wicklungsraum ermöglicht wird. Es ist zwar möglich, auch Summationsformeln abzuleiten, welche eine Summe sämtlicher Selbstinduktivitäten aller Windungen und eine Summe aller Gegeninduktivitäten enthalten; für die praktische Berechnung werden aber solche Formeln kaum bequem, wie leicht einzusehen ist. Eine, wenn auch unverkürzt und genau abgeleitete, aber durch Integration entstandene Formel für die Selbstinduktivität einer Spule ergibt deswegen immer einen zu kleinen Wert, da durch die Konzentrierung des Stromes in dem wirklich bestehenden Windungsquerschnitt eine Vergrößerung der Induktivität hervorgerufen wird. Diese Vergrößerung kann mit ziemlich großer Annäherung der Wicklungslänge proportional gesetzt werden, d. h. es kann nur die Vergrößerung der Selbstinduktivität einzelner Windungen ohne die Veränderung der Gegeninduktivitäten zwischen Windungen berücksichtigt werden.

Die Selbstinduktivität L_1 einer Windung, falls D_1 ihren mittleren Durchmesser und δ_1 den mittleren geometrischen Abstand des Leiterquerschnittes von sich selbst in Zentimeter bezeichnen, ist bei $D_1 \gg \delta_1$ (was für jede Windung einer Spule angenommen werden kann), genügend genau durch

$$L_1 = 2\,\pi\,D_1 \left(\ln \frac{4\,D_1}{\delta_1} - 2\right) \quad [\mathrm{cm}]$$

gegeben. Eine Verkleinerung von δ_1 und δ_2 hat demnach eine Vergrößerung der Induktivität von

$$\Delta L_1 = 2\,\pi\,D_1 \ln \frac{\delta_1}{\delta_2}$$



zur Folge. Für die ganze Spule wird diese Vergrößerung

$$\Delta L = 2\pi n D \ln \frac{\delta_1}{\delta_2},$$

wenn L die Spuleninduktivität bei nichtberücksichtigter Windungsisolation, D den mittleren Spulendurchmesser in Zentimeter und n die Windungszahl bezeichnen.

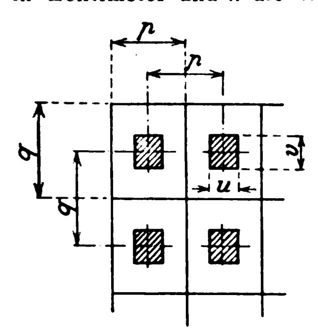


Abb. 1. Reaktanzspule mit rechteckigem Leiterquerschnitt. Induktivitätsvergrößerung ΔL nach Gl. (1) oder (6) oder nach Nomogramm I.

Abb. 2. Reaktanzspule mit rundem Leiterquerschnitt; Gl. (2) und (7), Nomogramm II.

Handelt es sich um eine Reaktanzspule, bei der die Querschnittsabmessungen der rechteckigen Leiter u, v und die Abstände der Windungen p, q betragen (Abb. 1), so ist $\delta_1 = 0{,}2235\ (p+q)$ und $\delta_2 = 0{,}2235\ (u+v)$, so daß die Induktivitätsvergrößerung (in Zentimeter)

$$\Delta L = 2\pi n D \ln \frac{p+q}{u+v} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

ist. Für eine ähnliche Spule mit rundem Leiterquerschnitt mit dem Durchmesser δ (Abb. 2) ist $\delta_2 = 0{,}7788\ \delta/2$ und

$$\Delta L = 2\pi n D \left(\ln \frac{p+q}{\delta} - 0{,}55\right). \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

Kann man für eine dicht bewickelte Spule annehmen, daß die Windungen den Wicklungsquerschnitt regelmäßig und mit „kleinstem Füllfaktor" erfüllen (Abb. 3), so hat man

$$\Delta L = 2\pi n D \left(\ln \frac{2d}{\delta} - 0{,}55\right), \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

wo d der Außendurchmesser des isolierten Drahtes ist. Für eine mit „größtem Füllfaktor" bewickelte Spule (Abb. 4) hat man dagegen

$$\Delta L = 2\pi n D \left(\ln \frac{1{,}87\, d}{\delta} - 0{,}55\right). \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

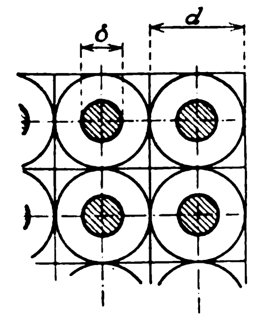


Abb. 3. Drahtspule; Gl. (3) und (9), Nomogramm II.

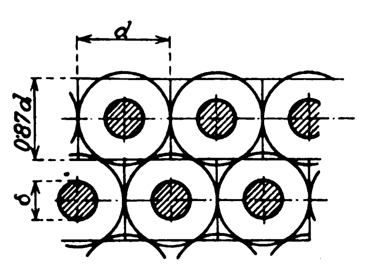


Abb. 4. Drahtspule; Gl. (4) und (9), Nomogramm II.

In einer nicht mit gleich entfernten Windungen aber in geneigten Schichten gewickelten Reaktanzspule ändert sich der Abstand q für jede Windung. Ist die Neigung aller Schichten dieselbe, so kann in die Gl. (1) oder (2) ein sich für die ganze Spule ergebender mittlerer Wert von q eingesetzt werden. Ändert sich dagegen die Schichtenneigung (Abb. 5), so wäre in die Gl. (1) oder (2) statt $(p+q)$ der geometrische mittlere Wert

$$\overset{2}{}\,[(p+q_1)(p+q_2)(p+q_3)\ \ldots]^{m}, \quad \ldots\ldots \quad (5)$$

wo m die Schichtenanzahl bedeutet, einzusetzen. In der Mehrzahl der Fälle ergibt aber dieser Ausdruck einen dem arithmetischen Mittel von $(p+q)$ sehr naheliegenden Wert, d. h. man kann auch in diesem Falle so rechnen, als wenn die Windungen regelmäßig über den Wicklungsquerschnitt verteilt wären.

Die in den obigen Gleichungen nicht berücksichtigte Veränderung der Gegeninduktivität von einzelnen Windungspaaren hängt mit der Veränderung des mittleren geometrischen Abstandes von zwei Windungsquerschnitten voneinander bei einer Verkleinerung dieser Querschnitte zusammen. Die Gegeninduktivität von zwei Windungen, deren Querschnitte $(p \cdot q)$ sind, ist eine andere als diejenige von denselben Windungen mit den Querschnitten $(u \cdot v)$. Dieser Unterschied ist für entferntere Windungen sehr gering, so daß nur die benachbarten oder naheliegenden Windungen zu berücksichtigen wären. Da aber diese Gegeninduktivität von benachbarten oder naheliegenden Windungen nur einen Teil der gesamten Induktivität der Spule vorstellt, ist auch die nicht berücksichtigte Induktivitätsänderung nur gering. Die von Rosa[1] für verschiedene Windungszahlen für den Fall der Abb. 3 durchgeführte Berechnung ergibt durchschnittlich für diese Induktivitätsänderung einen Wert $+0{,}1\, Dn$. Wenn auch der entsprechende Wert für die Wicklung nach der Abb. 1 oder 2 etwas höher ausfallen würde, so beträgt er höchstens nur einige Prozent des Wertes von ΔL nach der Gl. (1) oder (2) und kann praktisch unberücksichtigt gelassen werden.

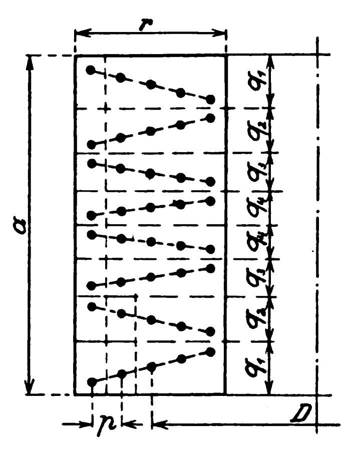


Abb. 5. Reaktanzspule mit geneigten Windungsschichten, Gl. (5).

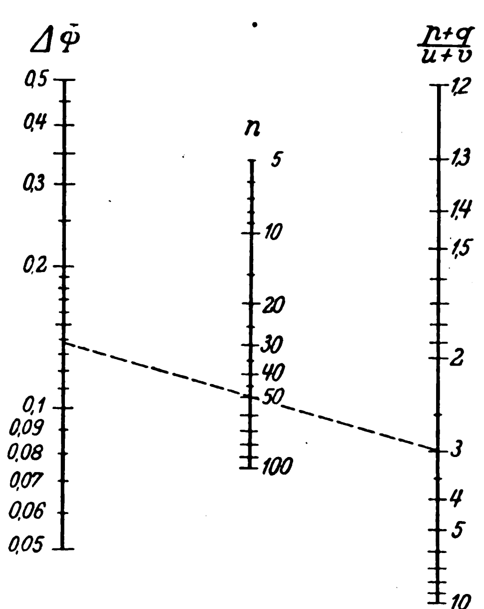


Abb. 6. Nomogramm I. Bestimmung von $\Delta\Phi$ für rechteckige Leiterquerschnitte.

Bezeichnet man mit a die axiale und mit r die radiale Querschnittsausdehnung der Wicklung (Abb. 5) und setzt man für die Spuleninduktivität

$$L = n^2 D \Phi \,.\, 10^{-6} \quad [\mathrm{mH}]$$

ein, so ist die Einheitsinduktivität Φ eine nur von der Spulenform, d. h. von den Verhältnissen $\alpha = a/D$ und $\varrho = r/D$ abhängige Funktion und kann graphisch durch eine Kurvenschar im Koordinatensystem α - ϱ dargestellt werden[2]. Rechnet man mit Hilfe dieser Φ-Kurven, so ist es vorteilhaft, die durch die Windungsisolation hervorgerufene Induktivitätsvergrößerung ΔL auf eine Vergrößerung $\Delta\Phi$ des Wertes von Φ zurückzuführen. Den Gleichungen (1) bis (4) entsprechend hat man dann

für die Abb. 1 $$\Delta\Phi = \frac{2\pi}{n} \ln \frac{p+q}{u+v}, \quad \ldots\ldots \quad (6)$$

[1] Rosa, Bull. Bur. of Stand. Bd. 3, S. 5.
[2] ETZ 1929, S. 193 u. 488.

für die Abb. 2 $\Delta\Phi = \frac{2\pi}{n}\left(\ln\frac{p+q}{\delta} - 0{,}55\right)$, ... (7)

für die Abb. 3 $\Delta\Phi = \frac{2\pi}{n}\left(\ln\frac{2\,d}{\delta} - 0{,}55\right)$, ... (8)

für die Abb. 4 $\Delta\Phi = \frac{2\pi}{n}\left(\ln\frac{1{,}87\,d}{\delta} - 0{,}55\right)$. . . . . (9)

Zur Lösung der Formel (6) bzw. der Formeln (7) bis (9) können die Nomogramme I bzw. II (Abb. 6 und 7) benutzt werden.

Beispiel 1. Eine Reaktanzspule von $D = 100$, $a = 120$, $r = 48$, $n = 80$; Anordnung nach der Abb. 2 mit $p = 6$, $q = 12$, $\delta = 2$. Für $\alpha = 1{,}2$ und $\varrho = 0{,}48$ ergibt die Kurventafel I (ETZ 1929, S. 194) den Wert $\Phi = 4{,}10$. Für $(p+q)/\delta = 18/2 = 9$ und $n = 80$ ergibt das Nomogramm II (Abb. 7) den Wert $\Delta\Phi = 0{,}13$. Die Induktivitätsvergrößerung beträgt also etwa 3 %, und die Induktivität ist $L = 80^2 \cdot 100\,(4{,}10 + 0{,}13) \cdot 10^{-6} = 2{,}70$ mH gegen 2,62 mH bei nichtberücksichtigter Induktivitätsvergrößerung.

Beispiel 2. Eine mit rundem Isolierdraht ($\delta = 0{,}24$, $d = 0{,}4$) gewickelte Spule nach der Abb. 4 mit $D = 10$, $a = 17{,}5$, $r = 2{,}5$, $n = 300$. Auf der Kurventafel II (ETZ 1929, S. 194) findet man für $\alpha = 1{,}75$ und $\varrho = 0{,}25$ den Wert $\Phi = 3{,}70$. Mit $1{,}87\,d/\delta = 3{,}11$ und $n = 30$ ergibt das Nomogramm II $\Delta\Phi \cdot 10 = 0{,}12$, so daß $\Delta\Phi = 0{,}012$ ist. Die Induktivitätsvergrößerung fällt in diesem Falle unter die bei Benutzung der Φ-Kurven erzielbare Genauigkeit; sie beträgt nur etwa 0,3 % und kann praktisch, falls der genauere Wert von Φ rechnerisch nicht ermittelt werden sollte, vernachlässigt werden.

Beispiel 3. Eine nach der Abb. 5 gebaute Reaktanzspule mit $D = 80$, $a = 88$, $r = 40$, $p = 8$, $q_1 = 14$, $q_2 = 12$, $q_3 = 10$, $q_4 = 8$, $\delta = 2{,}4$, $n = 40$. Für $\alpha = 1{,}1$ und $\varrho = 0{,}5$ ergibt die Kurventafel I den Wert $\Phi = 4{,}25$. Nach (5) ist $(22 \cdot 20 \cdot 18 \cdot 16)^{1/4} = 18{,}9$ und mit $18{,}9/2{,}4 = 7{,}9$ und $n = 40$

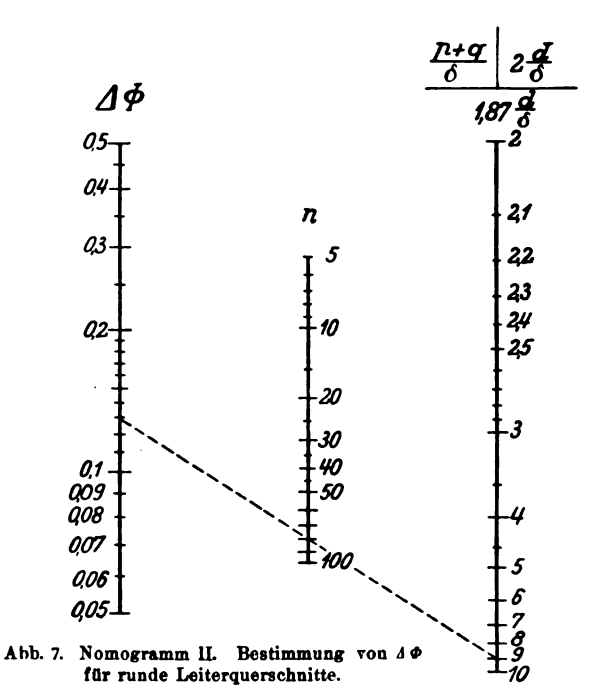


Abb. 7. Nomogramm II. Bestimmung von ΔΦ für runde Leiterquerschnitte.

ergibt das Nomogramm II den Wert 0,24. Die gesuchte Induktivität beträgt also $L = 40^2 \cdot 80 \cdot (4{,}25 + 0{,}24) \cdot 10^{-6} = 0{,}575$ mH.

Österreichische Elektrizitätsgesetzgebung.

Von E. **Honigmann**, Wien.

Im vorigen Jahr wurde bekanntlich das bereits zwei Jahre vorher abgelaufene Elektrizitätsförderungsgesetz in einer neuen Form vom Nationalrat verabschiedet, das im großen und ganzen eine Verlängerung, teilweise auch eine Veränderung des Gesetzes vom Jahre 1924 bedeutet[1]. Von diesem bzw. dem Wasserkraftförderungsgesetz von 1921 bzw. seiner Novellierung von 1922 unterscheidet es sich dadurch, daß die Befreiung von der Körperschaftsteuer, der bekanntlich nur Aktiengesellschaften und Gesellschaften m. b. H., keine Einzelfirmen oder Handelsgesellschaften unterliegen, nicht mehr obligatorisch gewährt, sondern dem Ermessen des Finanzministeriums anheimgestellt wird, u. zw. auf mindestens 10 und höchstens 20 Jahre, vom Betriebsbeginn gerechnet. Diese Begünstigung ist auf Großkraftwerke, welche während mindestens 6 Monaten 5000 Brutto-PS erzeugen, beschränkt, wenn der Baubeginn in die Zeit zwischen 1. I. 1927 und 31. XII. 1931 fällt. Eine handelspolitisch äußerst wichtige Neuerung bedeutet die Bestimmung, daß diese Vergünstigung an die Ausführung der Bauten durch einheimische Firmen und mit nur inländischen Maschinen und sonstigen Betriebseinrichtungen geknüpft ist, sofern solche in Österreich in erforderlicher Güte überhaupt und nicht erheblich teurer erhältlich sind. Eine weitere Bedingung ist, daß nach Ablauf des dritten Betriebsjahres mindestens 55 % der erzeugten elektrischen Arbeit an Dritte abgegeben werden. Die beantragte Beschränkung der Stromabgabe an heimische Verbraucher wurde glücklicherweise fallen gelassen, so daß der für die österreichische Zahlungsbilanz so bedeutsame Stromexport nicht behindert ist. Den Aktionären ist bis einschließlich 1934 eine Verzinsung von 9 % und von dann ab eine solche zwischen 7 und 9 % als Höchstgrenze des steuerfreien Reinertrages eingeräumt. Für die über die Dauer der Steuerfreiheit hinaus zulässigen Abschreibungen sind ebenso wie über die Begünstigungen für Leitungs- und Verteilungsunternehmungen neue Bestimmungen getroffen worden. Damit ist dem gesetzlichen Interregnum ein Ende bereitet und der Industrie und der Energiewirtschaft wieder freiere Bahn eröffnet worden.

Nun ist endlich auch Anfang Juli vom Nationalrat das „Elektrizitätsgesetz" verabschiedet worden, das Grundsätze für das Elektrizitätswesen aufstellt, die für die Erlassung von Ausführungsgesetzen maßgebend sein sollen. Schon das Bundesverfassungsgesetz sah die Teilung des Elektrizitätswesens in solche Dinge vor, die in die Kompetenz des Bundes (Staates) einerseits, der Bundesländer anderseits fallen. Bundessache ist die Gesetzgebung über die Grundsätze, Landessache die Erlassung von Ausführungsgesetzen sowie deren Vollziehung. Das alte Grundsatzgesetz ist bereits voriges Jahr abgelaufen und nur provisorisch verlängert worden, so daß die Herausgabe eines neuen nicht mehr länger verschoben werden konnte. Dabei wurden die Wünsche der Fachkreise zum großen Teil berücksichtigt, obwohl an mancher Stelle Kritik geübt wird.

Der Inhalt des Gesetzes soll in aller Kürze hier wiedergegeben werden. Der erste Teil behandelt die der Landesgesetzgebung unterliegenden Agenden. Zunächst wird definiert, was unter „Stromlieferungsunternehmungen" zu verstehen ist und was als „Eigenanlage" im Sinne des Gesetzes gelten soll. Als letztere sind außer den Anlagen, die nur für den eigenen Bedarf des Inhabers dienen, auch solche zu verstehen, die überschüssigen Strom von weniger als 20 kW Anschlußwert oder höchstens 10 % der Gesamtleistung an Dritte abgeben. Alle Stromlieferungsunternehmungen bedürfen einer Bewilligung und sind den Geboten der Lieferungspflicht, der behördlichen Tarifhoheit und einem Monopolverbot unterworfen. Eigenanlagen sind davon ausgenommen. Bei der Bewilligung ist auf die Bestimmungen der Gewerbeordnung und der Angestellten- und Arbeiterschutzgesetze, den Lokalbedarf u. dgl. Rücksicht zu nehmen. Die Lieferungspflicht besteht darin, daß niemandem innerhalb des Versorgungsgebiets und nach Maßgabe der Leistungsfähigkeit Stromabgabe verweigert werden darf, daß eine willkürliche Unterbrechung des Betriebs untersagt ist und Anschlüsse an ein Ortsverteilungsnetz innerhalb des Versorgungsgebiets gegen Kostenersatz hergestellt werden müssen. Das Stromlieferungsunternehmen darf die Energieabgabe nicht davon abhängig machen, daß es die Ausführung der Installationsarbeiten und die Lieferung der dafür notwendigen Materialien bzw. Verbrauchsartikel sich oder bestimmten dritten Personen vorbehält. Ausgenommen davon sind nur Elektrizitätszähler. Die Stromabgabebedingungen, die Höhe der Tarifsätze usw. bedürfen der behördlichen Genehmigung. Die Kraftwerke sowie Eigenanlagen von mindestens 500 kW Gesamtleistung können in gewissen Notfällen vorübergehend für öffentliche Zwecke zur Stromabgabe gegen Entschädigung herangezogen werden. Die Bewilligungen wie die Festsetzung der Pflichten sind Sache der Bundesländer, die auch mit der Durchführung des Verfahrens bei Einräumung von Leitungsrechten (Wegerecht), Enteignung und Entschädigung betraut sind.

Der zweite Teil des Elektrizitätsgrundsatzgesetzes, der die der Kompetenz des Bundes überlassenen Dinge be-

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1310.

handelt, befaßt sich zunächst mit der Normalisierung und Typisierung elektrischer Anlagen und will somit die ersten Grundlagen für spätere Schaffung eines einheitlichen österreichischen Stromversorgungsgebiets festlegen. Stromart, Periodenzahl und Spannung, letztere abgestuft nach der Zweckbestimmung der Leitungen, sollen möglichst einheitlich gewählt werden. Der Bundesminister für Handel und Verkehr erhält das Recht, technische Vorschriften zu erlassen oder die vom Elektrotechnischen Verein in Wien oder anderen Fachstellen ausgearbeiteten Vorschriften für obligatorisch zu erklären. Auch bei Eigenanlagen von mehr als 500 kW, die für den Verbund mit anderen Kraftwerken in Betracht kommen, dürfen Abweichungen von der normalen Periodenzahl nur unter besonderen Umständen gestattet werden. Die erwähnten Sicherheitsvorschriften beziehen sich nicht nur auf Errichtung, Instandhaltung und Betrieb von Starkstromanlagen, sondern auch auf die Einrichtung von gewissen Fabrikationsanlagen und den Vertrieb von Gegenständen, die an elektrische Anlagen angeschlossen werden sollen. Über die Abgrenzung des Einflußbereichs verschiedener Elektrizitätsanlagen, Leitungsverlegung einschließlich Schalt- und Umspannanlagen, Sicherungsmaßnahmen und deren Kosten, ferner Kreuzung von Starkstromleitungen mit Eisenbahn- und Telegraphenanlagen sind im Gesetz eingehende Bestimmungen getroffen, ebenso über die Aufsicht des Bundes, die Genehmigung für Errichtung, Änderung und Erweiterung derartiger Anlagen, die Zuständigkeit zu den verschiedenen politischen Behörden, das Ermittlungsverfahren, Überprüfung des Baus und Betriebs, das Erlöschen der Genehmigung, schließlich über die Behandlung von Starkstromanlagen für Eisenbahn- und Bergbauzwecke; auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden. Leitungsanlagen, die sich auf zwei oder mehrere Bundesländer erstrecken bzw. auf ihrem Weg die Grenzen eines Bundeslandes überqueren, sind ebenfalls besonderen gesetzlichen Vorschriften unterworfen, wobei i. a. analoge Bestimmungen, wie bereits geschildert, Geltung finden.

Von besonderem Interesse ist, daß nunmehr für Stromlieferungsunternehmungen sowie Inhaber von Eigenanlagen die gesetzliche Pflicht besteht, den Bundes- und Landesbehörden alle zur Aufstellung einer Elektrizitätsstatistik erforderlichen Angaben und Nachweisungen kostenlos zu liefern, und daß der Bundesregierung das Recht, eine solche Statistik anzuordnen und die Grundsätze dafür vorzuschreiben, eingeräumt wird. Ferner ist die Anlegung eines durch Bundesgesetz einzuführenden Elektrizitätsbuches, das dem Grundbuch für Realitäten entspricht, vorgesehen; schließlich auch die Bildung eines Elektrizitätsbeirats, der auf Wunsch des genannten Bundesministeriums diesem Gutachten über alle Fragen des Elektrizitätswesens abzugeben hat und der aus Vertretern der Elektrizitätswirtschaft, Delegierten der Handels- und Arbeiterkammern und aus elektrotechnischen Fachleuten in einer Gesamtzahl von nicht mehr als 25 bestehen soll.

Sehr wichtig sind die Satzungen, die den Austausch elektrischer Arbeit mit dem Ausland betreffen. Aus- und Einfuhr unterliegen, abgesehen von Ausnahmefällen (z. B. gegenseitige Aushilfe) einer besonderen Genehmigung, die sich auf bestimmte Höchstleistungen, Energiemengen, Dauer usw. erstreckt. Werke, die eine Ein- oder Ausfuhrbewilligung besitzen, müssen bei Errichtung und Erweiterung ihrer Stromerzeugungs- oder Verteilungsanlagen die erforderlichen Maschinen und sonstigen Betriebseinrichtungen im Inland beziehen bzw. von inländischen Unternehmungen herstellen lassen, außer wenn die betreffenden Einrichtungen daselbst überhaupt nicht oder nicht in der erforderlichen Güte oder nur zu erheblich höheren Preisen geliefert werden können. Also eine analoge Bestimmung, wie schon im Elektrizitätsförderungsgesetz vorgesehen. In solchen Stromexportunternehmungen muß die Mehrheit des Vorstandes und der leitenden Beamten die österreichische Bundesbürgerschaft besitzen. Ihr Sitz muß in Österreich liegen, und die inländischen Interessen müssen auch hinsichtlich der Beteiligung am Grundkapital und des Einflusses auf die Geschäftsführung genügend gewahrt sein. Die Dauer der Lieferungsverträge darf 25 Jahre nicht übersteigen. Beschränkungen sind auch für den Fall vorgesehen, daß es sich um Energiemengen handelt, die im Verhältnis zum Gesamtbedarf des Inlands oder wegen ihres Wertes als Spitzen- oder Speicherkraft für die heimische Energiewirtschaft von besonderer Bedeutung sind. Außer dem Handelsminister, der im Einvernehmen mit den Ministern für Land- und Forstwirtschaft und für Finanzen die Genehmigung zu geben hat, ist vor der Bewilligungserteilung auch die betreffende Landesregierung zu hören. Schließlich enthält das Gesetz noch Straf-, Übergangs- und Schlußbestimmungen.

Wie man sieht, wird den Ländern ein überwiegender Einfluß bei der Regelung des Elektrizitätswesens eingeräumt. Obwohl sie sich beim Ausbau der österreichischen Wasserkraftwerke zweifellos große Verdienste erworben haben, wird doch die sogenannte Föderalisierung des Elektrizitätswesens bekämpft, teils weil darin ein Hindernis für die Ausführung eines großzügigen, das ganze Bundesgebiet umfassenden Elektrizitätswirtschaftsprogramms erblickt wird, teils weil die Länder, wie die Abgabengesetzgebung zeigt, die Entwicklung der Elektrizitätsverwertung durch übermäßige Besteuerung hemmen, und weil schließlich politische Gegensätze auch auf diesem Gebiet sich geltend machen. Wie wichtig aber die Zusammenfassung des gesamten Elektrizitätswesens nach großen, einheitlichen Gesichtspunkten wäre, geht daraus hervor, daß bei den kürzlich gepflogenen österreichisch-deutschen Wirtschaftsverhandlungen eine gemeinsame Regelung des gesamten Elektrizitätsrechts in beiden Reichen angeregt worden ist. Bestehen doch zwischen diesen wesentliche gemeinsame Interessen, da Deutschland bereits jetzt beträchtliche Strommengen aus den Alpen erhält und weitere bedeutsame Projekte zur Ergänzung dieser Beziehungen der Verwirklichung entgegenreifen.

Konstanthaltung der Drehzahl von Maschinen für Signalzwecke.

Von Dr. **Walter Dornig,** Berlin.

Übersicht. Durch Vergleich von Oszillogrammen wird gezeigt, daß die von verschiedenen Seiten behauptete zusätzliche Einwirkung der Schwerkraft zur Fliehkraft bei horizontaler Welle wohl in geringem Maße vorhanden ist und sein muß, aber auf alle Fälle keinerlei Nutzen bringt. Dieselbe Regelungsanordnung vertikal aufgestellt, also mit ausgeschalteter Schwerkrafteinwirkung, regelt mindestens ebenso gut.

In meiner früheren Arbeit[1] habe ich nachgewiesen, daß bei horizontaler Welle ein mehrmaliges Öffnen und Schließen der Kontakte bei jeder Umdrehung stattfindet und es ist darin auch gesagt[2], daß das Zusammenwirken von Fliehkraft ± Schwerkraft bei horizontaler Welle mit dem Regelungsvorgang an sich nicht das geringste zu tun hat. Im folgenden Satz ist weiter bemerkt, daß die Regelung an vertikalen Wellen genau so gut arbeitet. Den Beweis dafür zu erbringen, ist der Zweck der vorliegenden Mitteilung.

Der größte Wert wurde auf die Erreichung eines ganz einwandfreien Resultates gelegt und darum aus der normalen Fabrikation ein beliebiger Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer herausgenommen, der mit Kugellagern ausgerüstet war und infolgedessen sowohl horizontal als auch vertikal laufen kann. Die Drehzahlkonstanthaltung war in etwas verbesserter Form, aber grundsätzlich so ausgeführt und geschaltet, wie die Abb. 1 u. 2 auf S. 1713 der ETZ 1928 zeigen. Der Umformer lieferte auf der Wechselstromseite 330 Hz bei 3300 U/min, d. s. 6 Hz bei 1 Umdrehung. Diese Frequenz wurde als Zeitmarke (obere Wellenlinie) für die Oszillogramme benutzt. Die Aufnahmen erfolgten in einem Laboratorium der AEG gleich denen meiner vorgenannten früheren Arbeit.

Zuerst wurde der Umformer in normaler Stellung mit horizontaler Welle laufend montiert und in dieser Lage wurden die Abb. 6, 7, 8 und 9 aufgenommen[3], die im großen und ganzen wieder dasselbe Ergebnis haben wie die Abb. 3, 4 und 5 in der ETZ 1928, S. 1714. Die Kurzschlußbürste, die den rhythmischen Kurzschluß entsprechend den Abb. 3 a, 4 a und 5 a hervorruft, war natürlich für den vorliegenden Zweck abgehoben, um völlig einwandfrei die Anzahl, Lage und Dauer der Kontaktkurzschlüsse beobachten zu können.

Ohne nun an der Anordnung irgendwelche Veränderungen vorzunehmen, wurde lediglich der Umformer vertikal aufgestellt, die Einwirkung der Schwerkraft somit vollständig aufgehoben. Unter diesen Verhältnissen entstanden die Oszillogramme nach den Abb. 6 a, 7 a, 8 a und 9 a.

Die Gegenüberstellung der Oszillogramme mit horizontaler Welle (mit Schwerkrafteinwirkung) zu denen mit vertikaler Welle (ohne Schwerkrafteinwirkung) zeigt

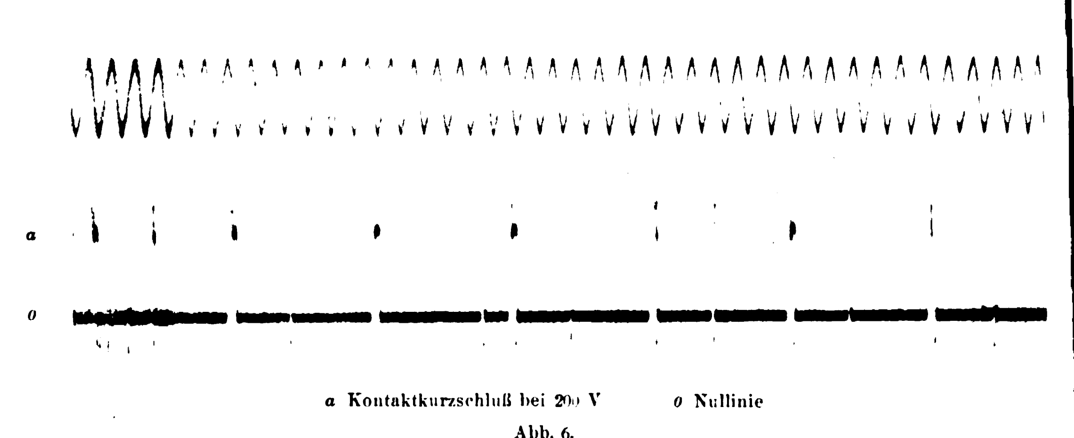
[1] W. Dornig, ETZ 1928, S. 1713.
[2] S. 1715, 1. Sp., letzter Satz.
[3] Die Abbildungen sind hier im Anschluß an die der früheren Arbeit des Verfassers beziffert.



völlig einwandfrei, daß in beiden Fällen eine grundsätzliche Regelmäßigkeit der Kontakttätigkeit vorhanden ist, u. zw. erfolgen die Kurzschlüsse in einem Rhythmus von ½ Umdrehung, was besonders deutlich aus den Abb. 6 a, 7 a, 8 a und 9 a mit vertikaler Welle zu konstatieren ist. Die Abb. 6, 7, 8 und 9 mit horizontaler Welle lassen ebenfalls ohne weiteres erkennen, daß auch hier der Rhythmus von 1/2 Umdrehung ganz grundsätzlich genau so vorherrschend ist wie bei vertikaler Welle, daß er aber durch die wenn auch minimale Einwirkung der Schwerkraft gestört wird. Von irgendeinem Nutzen, den die Schwerkrafteinwirkung angeblich bringen soll, kann keine Rede sein; im Gegenteil kann nur festgestellt werden, daß das Vorhandensein der Schwerkraft eher schädlich als nützlich ist, weil die Regelmäßigkeit des Regelungsvorganges gestört wird. Dieser aufgezwungene Stoß durch die Schwerkrafteinwirkung im Zeitmaße einer ganzen Umdrehung muß zusätzlich wieder ausgeregelt werden. Auf die Güte der Drehzahlkonstanz selbst hat diese schädliche Schwerkrafteinwirkung natürlich nur einen kleinen Einfluß, da eben die regelmäßige Überlagerung der Schwerkraft zur Fliehkraft durch die Kontaktdauer bzw. -anzahl mit kompensiert wird.

Daß bei konstanter Spannung und Leistung des Umformers die Kontaktschlüsse regelmäßig sein müssen, liegt ja auf der Hand; aber daß sie immer bei jeder halben Umdrehung rhythmisch erfolgen, u. zw. unabhängig von der Netzspannung, dürfte vielen Fachleuten unerwartet sein. Die Erklärung liegt darin, daß es praktisch unmöglich ist, eine umlaufende Schwungmasse absolut genau auszubalancieren und somit Schüttelschwingungen zu vermeiden. Der benutzte Umformer lief nicht etwa besonders unruhig sondern so, wie es bei einer normalen, gut ausgewuchteten Maschine handelsüblich ist; man kann sogar sagen, daß der Umformer besonders wenig vibrierte. Gewisse Schwingungen an bewegten Teilen werden eben im-

Mit horizontaler Welle.



a Kontaktkurzschluß bei 200 V   *o* Nullinie

Abb. 6.

a Kontaktkurzschluß bei 210 V   *o* Nullinie

Abb. 7.

a Kontaktkurzschluß bei 220 V   *o* Nullinie

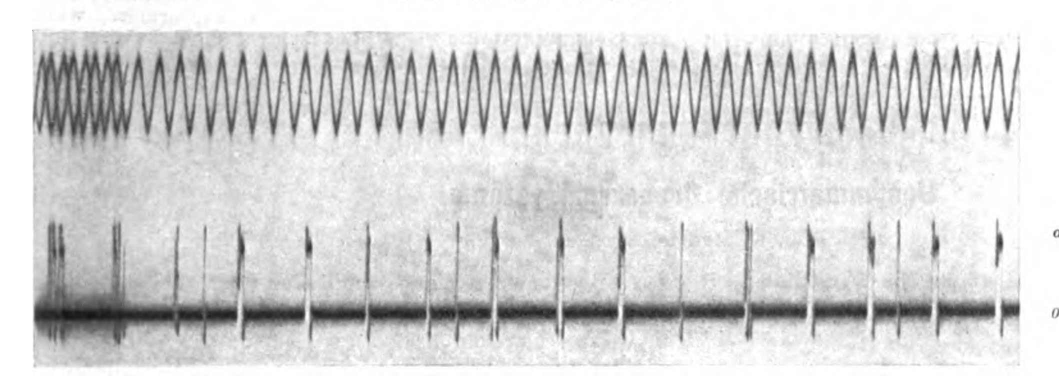
Abb. 8.

a Kontaktkurzschluß bei 230 V   *o* Nullinie

Abb. 9.

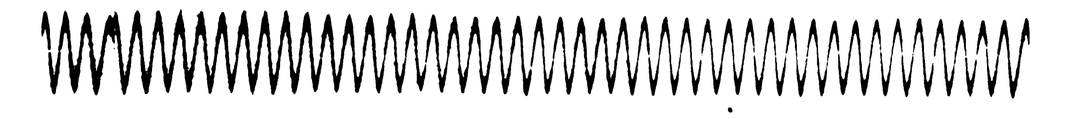
mer vorhanden sein, und diese bestimmen den Rhythmus der Kontaktschlüsse. Es lag nahe, die Lagerung der Maschine und damit deren Schwingungszahl zu ändern; aber es war kein Erfolg zu spüren, alles blieb konstant. Es kann wohl angenommen werden, daß grundsätzlich jede nicht mathematisch genau ausgewuchtete Schwungmasse die Welle bei jeder Umdrehung einmal hin- und herbiegt und somit zu zwei Erschütterungen der Kontakte Anlaß gibt und deren Funktionieren einleitet. Bei horizontaler Welle kann die zusätzliche Schwerkraft je nach Winkelmaß der Lage der Fliehkraftfeder zum Schwerpunkt der rotierenden Masse mehr oder weniger die grundsätzlich gegebene Regelmäßigkeit des Kontaktbildes verschieben.

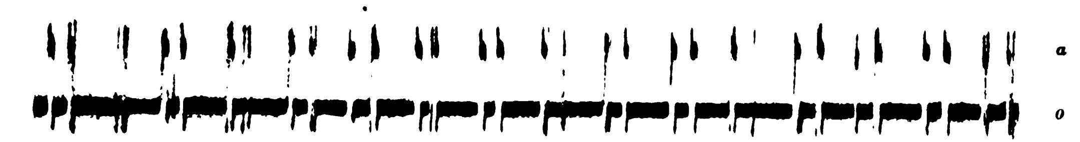
Mit vertikaler Welle.



a Kontaktkurzschluß bei 200 V *o* Nullinie

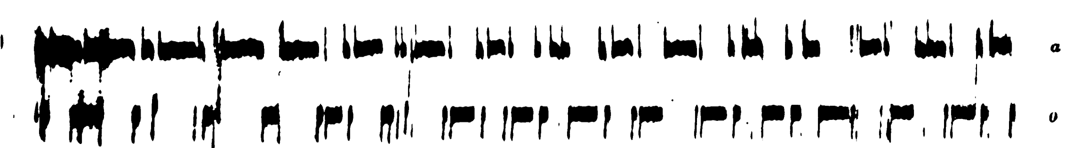
Abb. 6 a.





a Kontaktkurzschluß bei 210 V *o* Nullinie

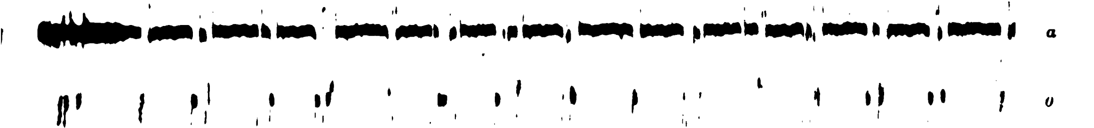
Abb. 7 a.



a Kontaktkurzschluß bei 220 V *o* Nullinie

Abb. 8 a.





a Kontaktkurzschluß bei 230 V *o* Nullinie

Abb. 9 a.

Diese wird erstens bestimmt durch die Größe des durch den Kontaktschluß getasteten Widerstandes und dessen schlagartige Einwirwirkung auf den Motor. Ist der Widerstand relativ klein, wie es bei Anwendung von mehreren Kontakten nach DRP. 374 560 möglich ist, dann wächst die Anzahl der Kurzschlüsse; ist aber nur ein großer Widerstand zu tasten bei Benutzung nur einer Kontaktfeder, dann müssen Pendelungen eintreten, u. U. über mehrere Umdrehungen hinweg. Diesen grundsätzlich einfachen Arbeitsbedingungen überlagern sich nun die Schüttelschwingungen der Maschine, die den Rhythmus von ½ Umdrehung diktieren, und dazu kommt bei horizontaler Welle noch die weitere aber viel einflußlosere Überlagerung durch das Gewicht der Fliehkraftfeder, das aber im Rhythmus einer ganzen Umdrehung arbeitet. Das Zusammenwirken dieser zwei oder drei Kräfte wird in den Oszillogrammen sehr anschaulich wiedergegeben.

Die auffallenden Zwillingsstöße bei jeder halben Umdrehung (besonders gut nach Abb. 7 a) sind eine Folge der Schüttelschwingungen, die die Eigenfrequenz der Fliehkraftfeder anstößt. Wäre die Feder nicht schwingungsfähig bzw. würde sie eine sehr niedrige Eigenfrequenz besitzen, dann würde wohl nur ein Kontakt bei jeder halben Um-

drehung erfolgen, aber selbstverständlich von entsprechend längerer Dauer, so daß die Einwirkungszeit auf den Motor dieselbe ist.

Nach den Oszillogrammen wird eine Feder im Durchschnitt 4-... 6mal in jeder Umdrehung kurzgeschlossen. Da man aber meistens mit 3 um 120° oder 4 um 90° am Umfange versetzten Federn arbeitet, erfolgen im Mittel etwa 20 Kontaktkurzschlüsse während jeder Umdrehung. Das bedeutet ein sehr elastisches, stoßfreies Arbeiten des Motors und damit eine außerordentlich präzise Drehzahlkonstanz auch bei großen Spannungschwankungen. Mit nur einer Feder dagegen treten Pendelungen in jeder oder über mehrere Umdrehungen hinweg ein, wodurch bei hoher Frequenz ein Trillerton entstehen kann. Die Anwendung nur einer Feder verlangt fast konstante Spannung, u. U. durch Vorschaltung eines besonderen Umformers, wenn die Genauigkeit von 1/10 % oder mehr erreicht werden soll.

Unsymmetrische Drehstromsysteme.

Von G. **Hauffe**, Dresden.

Übersicht. Es wird eine graphische Darstellung zur raschen Bestimmung der Unsymmetrie von Drehstromnetzen beschrieben.

Jedes unsymmetrische Drehstromsystem

$$\mathfrak{U}_{12} + \mathfrak{U}_{23} + \mathfrak{U}_{31} = 0$$

kann in zwei symmetrische zerlegt werden, deren eines

$$\mathfrak{p}_{12} + \mathfrak{p}_{23} + \mathfrak{p}_{31} = 0$$

mit diesem gleichläufig ist und die größere Amplitude hat, während das andere

$$\mathfrak{q}_{12} + \mathfrak{q}_{23} + \mathfrak{q}_{31} = 0$$

gegenläufig ist und die kleinere Amplitude hat. Es ist dann

$$\mathfrak{U}_{12} = \mathfrak{p}_{12} + \mathfrak{q}_{12},$$
$$\mathfrak{U}_{23} = \mathfrak{p}_{23} + \mathfrak{q}_{23},$$
$$\mathfrak{U}_{31} = \mathfrak{p}_{31} + \mathfrak{q}_{31}.$$

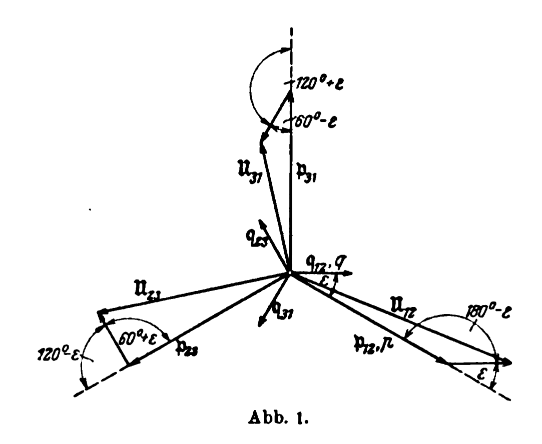


Abb. 1.

In Abb. 1 ist ein unsymmetrisches System gezeichnet, wie es auf den beiden gegenläufigen Systemen entsteht. $\mathfrak{q}_{12}$ eilt gemäß Zeichnung um ε° vor $\mathfrak{p}_{12}$ vor. Aus Abb. 1 sind folgende drei Beziehungen ablesbar:

$$U_{12}^2 = \quad U^2 = p^2 + q^2 + 2\,p\,q\cos\varepsilon\,,$$
$$U_{23}^2 = a^2\,U^2 = p^2 + q^2 - 2\,p\,q\cos(60° + \varepsilon)\,,$$
$$U_{31}^2 = b^2\,U^2 = p^2 + q^2 - 2\,p\,q\cos(60° - \varepsilon)\,.$$

Daraus folgt

$$\left.\begin{aligned} a^2 &= \frac{\xi^2 + 1 - 2\,\xi\cos(60° + \varepsilon)}{\xi^2 + 1 + 2\,\xi\cos\varepsilon}\,, \\ b^2 &= \frac{\xi^2 + 1 - 2\,\xi\cos(60° - \varepsilon)}{\xi^2 + 1 + 2\,\xi\cos\varepsilon} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (1)$$

Hierin ist $\xi = \frac{p}{q}$ das Verhältnis der Amplitude des gleichläufigen symmetrischen Systems zur Amplitude des gegenläufigen symmetrischen Systems. Praktisch läßt man hierfür mit Rücksicht auf den Motorbetrieb keine zu hohen Werte zu. Nach den Normen[1] gilt ein System auch dann noch als symmetrisch, wenn die Amplitude des gegenläufigen Systems 5 % der Amplitude des gleichläufigen Systems beträgt. Dort ist auch ein graphisches Verfahren zur Bestimmung der Amplituden der gegenläufigen Systeme angegeben. Überdies hat G. Rasch[2] ein rechnerisches Verfahren zur Bestimmung der Unsymmetrie ermittelt.

Im folgenden soll nun eine einfache Tafel zur Kontrolle der Symmetrieverhältnisse beschrieben werden. Für die Größe der Unsymmetrie eines Drehstromsystems ist nicht die Größe sondern nur die Gestalt des Dreiecks der verketteten Spannungen maßgebend. Im allgemeinen wird man das Amplitudenverhältnis $\xi = p : q$ und den Phasenwinkel ε zwischen $\mathfrak{p}_{12}$ und $\mathfrak{q}_{12}$ zur Charakterisierung der Unsymmetrie heranziehen. Diese Größen stehen mit den der Messung leicht zugänglichen Werten

$$a = \frac{U_{23}}{U_{12}}\,, \qquad b = \frac{U_{31}}{U_{12}} \quad \ldots\ldots (2)$$

in dem Zusammenhang, der durch Gl. (1) gegeben ist. ξ nimmt in Abhängigkeit von der prozentualen Unsymmetrie Werte an, die in Zahlentafel 1 zusammengestellt sind:

Zahlentafel 1.

Unsymmetrie in % .	1	2	3	4	5
$\xi = p : q$	100	50	33,3	25	20

ε kann alle Werte von 0 ... 360° durchlaufen. Es liegt nun nahe, Gl. (1) für a und b bei konstantem ξ als Parameterdarstellung (Parameter ist ε) zu betrachten und a bzw. b als Funktionen von ε bei konstantem ξ zu berechnen. Trägt man dann b über a auf, so ergeben sich ellipsenähnliche Figuren, an die die prozentuale Unsymmetrie angeschrieben werden kann. Das ist in Abb. 2 geschehen. Der Gebrauch dieser Tafel ist sehr einfach und gestaltet sich folgendermaßen: Man mißt die drei verketteten Spannungen und errechnet nach Gl. (2) die Verhältnisse a und b. Sucht man den Punkt a-b auf, so ergibt seine Lage ein Urteil über die Netzverhältnisse. Liegt er auf oder innerhalb einer der fünf ellipsenähnlichen Figuren, so ist die Unsymmetrie in Prozent gleich oder kleiner als die Unsymmetrie, die der betreffenden Kurve zugeordnet ist.

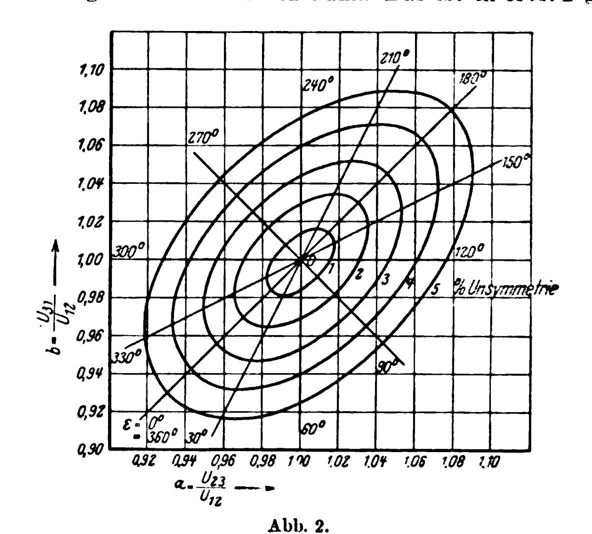


Abb. 2.

[1] R. E. M./1923, § 15.

[2] ETZ 1925, S. 1446.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Pumpspeicheranlagen[1]. — In Amerika ist vor kurzem am Rocky River eine große Pumpspeicheranlage in Betrieb genommen worden. Es ist dies die erste große Anlage dieser Art in Amerika. Sie hat ein Speicherbecken mit rd. 170 000 000 m^3; das Gefälle beträgt 75 m. Im Krafthaus ist ein Generator aufgestellt mit 24 000 kW und zwei Pumpen, die je 8000 PS benötigen bei einer Wassermenge von rd. 7 m^3/s. Die Aufstellung eines zweiten Generators ist für später vorgesehen.

Die Inbetriebnahme dieser Anlage hat die Veranlassung dazu gegeben, daß in der Zeitschrift der Soc. of Civ. Eng. ein Aufsatz erschienen ist über Pumpspeicherwerke, in dem in der Hauptsache europäische Anlagen betrachtet werden. Es werden in diesem Aufsatz die Pumpspeicherwerke in drei Gruppen eingeteilt, nämlich:

1. in solche Anlagen, die reine Pumpspeicherwerke sind (Abb. 1);
2. in solche Anlagen, die neben der Pumpenspeicherung noch ein größeres Becken haben, um einen Ausgleich der Wassermengen für längere Zeit hervorrufen zu können (Abb. 2) und
3. in solche Pumpspeicherwerke, bei denen die Pumphöhen nur einen Teil des auszunutzenden Gefälles darstellen (Abb. 3).

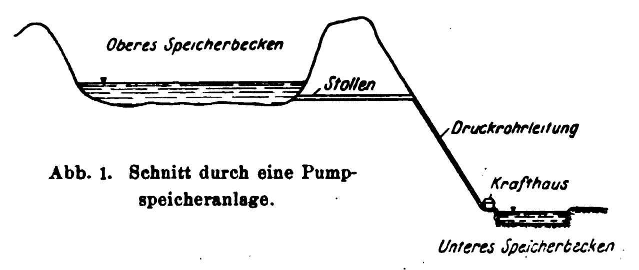


Abb. 1. Schnitt durch eine Pumpspeicheranlage.

Zur ersten Gruppe gehören die meisten Anlagen, die als Pumpspeicherwerke bekannt sind. Zur zweiten Gruppe gehören Anlagen wie Hemfurth, Rempen des Wäggitalwerkes usw. Zur letzten Gruppe gehören Anlagen, wie Schwarzenbach, Fully usw.

Die Besprechung der wirtschaftlichen Vorteile der Pumpspeicherwerke bietet nichts Neues. Es kann hier auf die in deutscher Sprache erschienene Literatur verwiesen werden. Interessant ist die Aufstellung über ausgeführte und projektierte Pumpspeicherwerke. In dem Aufsatz sind 42 Anlagen erwähnt, die bereits ausgeführt sind. Die Zahl stimmt jedoch mit den Tatsachen nicht ganz überein, da unter den Anlagen verschiedene sind, die noch nicht ausgeführt sind; andere sind zweimal aufgeführt; wieder andere sind irrtümlicherweise als Pumpspeicherwerke bezeichnet, so z. B. Walchensee. Bei anderen Angaben läßt es sich überhaupt nicht feststellen, welche Anlagen gemeint sind. Die Zahl von 42 geht dadurch auf 31 zurück. Es bleiben die in folgender Tafel

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 599; 1929, S. 499, 1413.

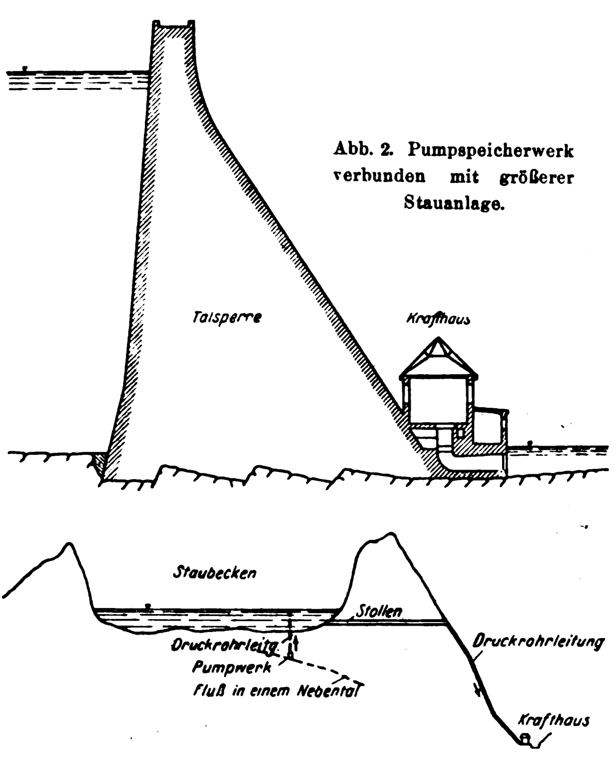


Abb. 2. Pumpspeicherwerk verbunden mit größerer Stauanlage.

Abb. 3. Pumpspeicherwerk mit Pumpwerk in einem Nebental (Pumphöhe kleiner als das Nutzgefälle).

Nr.	Name der Anlage	Pumphöhe	Nutzgefälle	Beckeninhalt		Pumpleistung		Generatorleistung	Bemerkung
		m	m	oben	unten	m^3/s	PS	PS	
1	Zürich	157	—	18 000	—	—	700	—	
2	Choindez	600	—	—	—	—	—	—	
3	Clüs	314	—	—	—	—	—	—	
4	Olten-Aarburg (Ruppoldingen)	315	—	12 000	—	—	800	—	
5	Brunnenmühle (Heidenheim)	102	—	—	—	—	240	—	
6	Schaffhausen	161	—	75 000	—	0,7	2 × 1000	—	
7	Clenezzo	430	—	—	—	—	2 × 785	—	
8	Chevenoz (Evian Thonon)	396	—	10 000	—	0,085	2 × 800	—	
9	Stura di Viù (Funghera)	134—154	—	50 000	50 000	1,6	2 × 4000	2 × 4000	
10	Cornabbia	25	—	—	—	—	5780	—	
11	Viverone	139—149	—	480 000	—	2,065	1 × 4500 1 × 1250 2 × 2000	1 × 4000 1 × 1250 2 × 2000	
12	Neckartenzlingen	121,7—128,8	—	17 450	—	0,23	320 220	—	
13	Mill Creek Nr. 2 Mourray, Utah	42	300	—	—	0,11	100	2 600	
14	Fully	138	1600	5 100 000	—	0,2	600	12 000	
15	Fridingen	176	—	32 000	—	0,6	3 × 620	—	
16	Tübingen	122	—	6 600	—	0,11	190	—	
17	Ueberlingen	110	—	1 500 000	—	0,3	580	800	
18	Schwarzenbach	183—252	366	16 000 000	—	2,2	8320—9900	—	
19	Münster i. Elsaß	393—401	—	18 000	18 000	0,43	2 × 370 1 × 2100 1 × 560	2 × 2100	
20	Ilsee	198	969	—	—	0,67	1500	—	
21	Belleville (Girod)	500—420	—	—	—	0,44	2 × 4500	—	
22	Reutlingen (Kirchentellingsfurt)	135	—	80 000	—	1,015	—	2 × 895	
23	Rempen (Wäggital)	215—265	—	368 000	—	5,0	4 × 5100	4 × 19 000	
24	Zweribach	477	—	10 200	—	0,12	1000	2 × 780	
25	Tremorgio	854—906	—	7 600 000	—	0,82	2 × 6400	15 000	
26	Niederwartha	145	—	1 900 000	1 900 000	3,9	108 000	120 000	
27	Hemfurth	37,5	—	—	—	13,7	2 × 8350	33 000 KVA	
28	Hengstey	160	—	1 200 000	—	—	—	—	
29	Mittweida	115	—	130 000	—	—	2500	—	
30	Maen	385	810	—	—	1,6	2 × 3550 2 × 1275	—	
31	Rocky River	69	—	—	—	14,0	16 200	33 300	

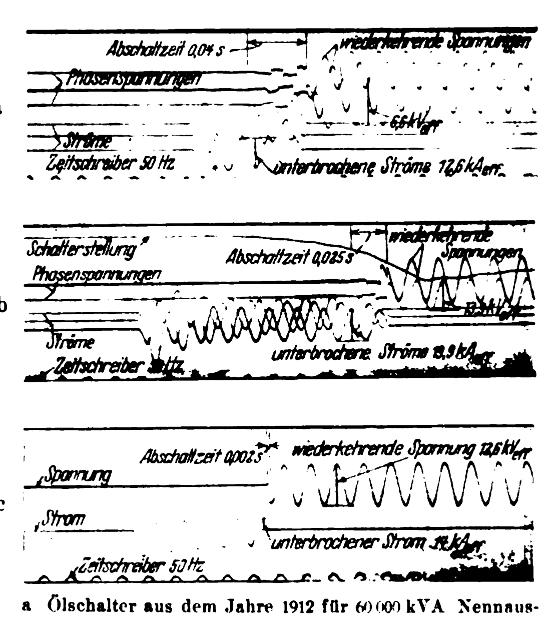
aufgeführten Werke übrig, zu denen noch einige weitere hinzukommen, die sich in der amerikanischen Veröffentlichung nicht vorfinden, so z. B. die Anlagen Montjovet, Gran Croce und Promeron (Valtournanche).

In der Aufstellung der projektierten Anlagen sind verschiedene Werke erwähnt, die auch bereits aus der deutschen Literatur bekannt sind, wie z. B. das Our-Kraftwerk. In verschiedenen Fällen handelt es sich um Projekte, wie sie gerade in den letzten Jahren häufig aufgetaucht sind, ohne daß damit gesagt ist, daß es sich um wirklich ernsthafte Projekte handelt, mit deren Verwirklichung in absehbarer Zeit zu rechnen ist. In der Beschreibung einzelner ausgeführter Anlagen sind zum größeren Teil europäische Anlagen erwähnt, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, da darüber bereits genügend in der deutschen Literatur gesagt ist. Die einzige ältere Anlage in Amerika ist das Mill-Creek-Werk Nr. 2, eine kleinere Anlage, der keine besondere Bedeutung zukommt, und neuerdings, wie bereits eingangs erwähnt, das Werk am Rocky River. Bei den deutschen Anlagen ist besonders dem Speicherwerk Hengstey Aufmerksamkeit geschenkt, da es bezüglich der Installation die größte bisher ausgeführte Anlage darstellt. (W. K. Freeman, Proc. Am. Soc. Civ. Engs. Bd. 54, S. 2457.) *Wch.*

nehmendem Durchmesser von 16 auf 32 mm zunehmende Wandstärke auf; der untere 820 m lange Teil wurde aus mit Stahlbändern bandagiertem Stahlrohr von 0,91 m innerem Durchmesser hergestellt. Die mit Motorantrieb ausgestatteten Einlaßventile werden von dem Kraftwerk aus gesteuert. Die gesamten Baukosten stellten sich auf 31,5 Mill RM, sonach verhältnismäßig sehr hoch, erscheinen aber durch die Jahresspeicherung wirtschaftlich noch gerechtfertigt. (El. World Bd. 92, S. 733.) *Bp.*

Apparate.

Die Entwicklung im Hochleistungsschalterbau. — Eine am 20. VI. in dem neu errichteten Hochleistungsprüffeld der SSW stattgefundene Vorführung hatte den Zweck, ein Stück aus dem Entwicklungsgang der Schaltertechnik darzulegen. Der Abschaltversuch an einem Ölschalter aus dem Jahre 1912 ergab noch bei 4facher Überlastung ein Verlöschen des Lichtbogens; der Kessel wurde aber abgetrieben, und die Schaltgase entzündeten sich; der Brand erlosch jedoch von selbst (Abb. 4 a). Ein neuzeit-



a Ölschalter aus dem Jahre 1912 für 60 000 kVA Nennausschaltleistung. Abgeschaltete Leistung 250 000 kVA. Ausschaltzeit 0,04 s.
b neuzeitlicher Löschkammerschalter für 30 kV, 2000 A. Nennausschaltleistung 750 000 kVA. Abgeschaltete Leistung 890 000 kVA. Ausschaltzeit 0,025 s.
c einpoliger Expansionsschalter für 400 000 kVA Nennausschaltleistung. Abgeschaltete Leistung, bezogen auf den dreipoligen Schalter, 580 000 kVA. Ausschaltzeit 0,002 s.

Abb. 4. Abschaltversuche.

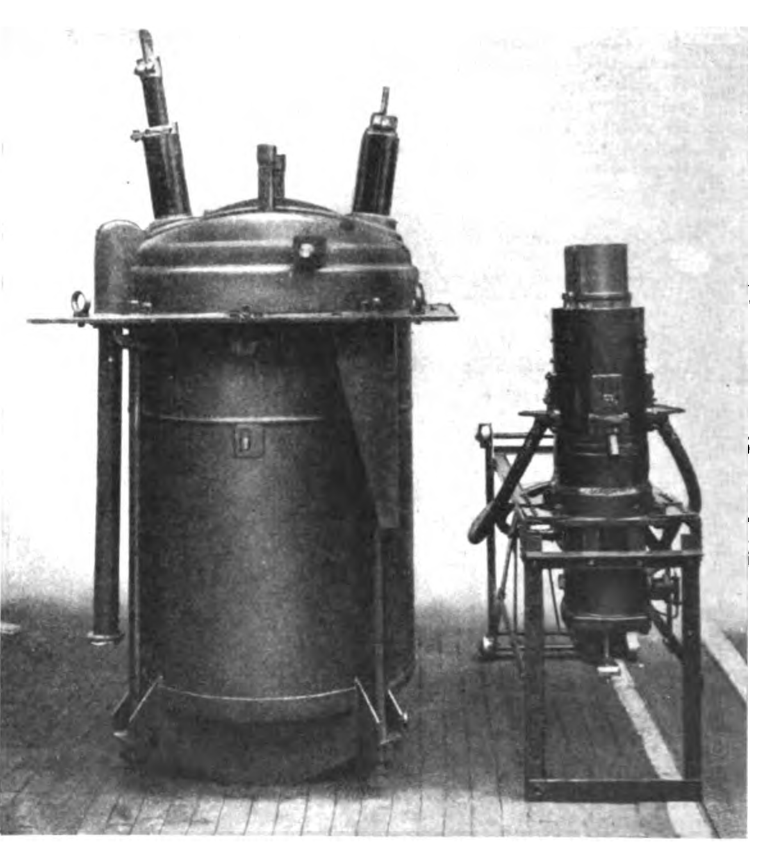


Abb. 5. Hochleistungs-Ölschalter und (rechts daneben) Expansionsschalter.

Das Bucks-Creek-Kraftwerk. — Das Bucks-Creek-Kraftwerk der Great Western Power Co. in Nordkalifornien ist als die bis jetzt mit größtem Gefälle arbeitende Wasserkraftanlage der V. S. Amerika bemerkenswert. In ihm wird bei 8,5 m³/s größter Wasserführung ein Nutzgefälle von 717 m ausgewertet, wogegen das statische Gefälle 781 m beträgt. Der verhältnismäßig hohe Gefällsverlust erklärt sich aus der zwecks Einbeziehung eines als Jahresspeicher verwertbaren Beckens notwendig gewordenen langen Oberwasserführung. Das Nutzwasser wird in zwei 35 000 PS-Pelton-Zwillingsturbinen verarbeitet, deren jede einen 25 000 kVA- (20 000 kW-) Drehstromgenerator antreibt. Die 450 PS-Erregermaschinen haben getrennten Freistrahlturbinenantrieb. Der Strom wird in zwei aus Einphaseneinheiten gebildeten Drehstromtransformator-Gruppen von je 25 000 kVA von 11 auf 165 kV heraufgesetzt und mit dieser Spannung in das allgemeine Netz der Gesellschaft eingeleitet; für später ist eine Erhöhung der Übertragungsspannung auf 240 kV beabsichtigt. Von den wasserbaulichen Anlagen sind die beiden je 1460 m langen Druckrohre erwähnenswert, deren jedes aus zwei Abschnitten besteht. Der obere 640 m lange Abschnitt ist dreifach vernietet und weist bei von 1,37 auf 1,07 m ab-

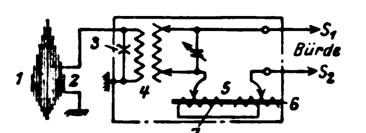
licher Hochleistungs-Löschkammerschalter für 30 kV, 2000 A bewältigte dagegen einwandfrei die Schaltleistung. Öl- und Gasauswurf waren verschwindend gering (Abb. 4 b).

Wenn man in neuester Zeit wieder versucht, vom Ölschalter auf den Luftschalter überzugehen, so hat dies seinen Grund hauptsächlich darin, daß in wenigen Fällen beim Zusammentreffen ungünstiger Umstände das Schalteröl sich entzündet und der entstandene Brand mit seiner starken Qualmbildung zu einer Unterbrechung der Stromlieferung und Gefährdung des Bedienungspersonals geführt hat. Auf Grund eingehender Untersuchungen haben die SSW daher einen sogenannten Expansionsschalter entwickelt, der in weniger als $^1/_{100}$ s Leistungen bis zu 600 000 kVA abschaltet. Er beruht darauf, daß durch einen vom Lichtbogen erzeugten und plötzlich expandierenden Gasstrom der Lichtbogen zum Erlöschen gebracht wird. Als besonderer Vorteil der Konstruktion ist anzusehen, daß der Schalter unabhängig von einer fremden Druckluftquelle arbeitet, also ähnlich wie der Ölschalter für sich allein betriebsfähig ist. Abb. 5 zeigt die Ansicht von je einem Pol eines Hochleistungs-Ölschalters und des Expansionsschalters von annähernd gleicher Lei-

stung und läßt den geringen Raumbedarf des letzteren erkennen. Zum Schluß wurde der Expansionsschalter bei einer Leistung von 450 000 kVA vorgeführt, wobei er die ihm aufgedrückte Leistung in weniger als $^1/_{100}$ s unter kaum sichtbarer Feuererscheinung abschaltete (Abb. 4c). *Ka.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Spannungsmessung unter Zuhilfenahme von Kondensatordurchführungen. — Für höhere Betriebspannungen werden normale Wandler zur Messung der Netzspannung und zur Betätigung von Auslösern und Relais unverhältnismäßig umfangreich und teuer. Man hat daher u. a. die bekannten Kondensatordurchführungen in ihrer Eigenschaft als Spannungsteiler herangezogen, nach Abb. 6 einen Belag derselben herausgeführt und die so ab-



1 Kondensatordurchführung
2 Anzapfung
3 Funkenstrecke
4 Transformator
5 Drosselspule
6 Schieber
7 Hauptspule

Abb. 6. Schaltbild der Spannungs-Meßeinrichtung mit Kondensatordurchführung.

genommene Teilspannung durch einen kleinen Spannungswandler weiter auf die Gebrauchspannung der Instrumente und Relais herabgesetzt. Der Sekundärkreis dieses Wandlers enthält zur Regelung der Spannung und Phasenverhältnisse einen regelbaren Kondensator und eine Regeldrosselspule. Primärseitig ist noch eine Schutzfunkenstrecke zur Ableitung von Überspannungen vorgesehen und das Ganze in einem geerdeten, wetterfesten Blechkasten untergebracht, der an den die Kondensatordurchführungen tragenden Schalter- oder Transformatorenkessel gehängt wird. Ein biegsames Kabel stellt die Verbindung zur Anzapfung der Durchführung her; zum Anschluß der Instrumentleitungen sind zwei Klemmen S_1 und S_2 vorgesehen. Um die für jede Frequenz und Bürde notwendigen Abgleichungen der Meßeinrichtung rasch vornehmen zu können, sind ferner alle Verbindungen von den Anzapfungen des kleinen Transformators und der Regeldrossel an ein Schaltbrett mit Kurbelschaltern geführt, das ebenfalls im Innern des Blechkastens untergebracht ist. Die Umschaltung des Kondensators erfolgt durch kleine Messerschalter an diesem Schaltbrett.

Die Einrichtung ist ihrer Natur nach in erster Linie zur Messung der Leitungsspannung gegen Erde bestimmt. Zur Messung der Netzspannung müssen die Sekundärwicklungen zweier solcher in benachbarten Phasen liegenden Apparate in Reihe geschaltet werden. Für Zwecke der Synchronisierung wird je eine Einrichtung auf der Sammelschienen- und Leitungseite der die Kondensatordurchführungen tragenden Ölschalter benötigt, wobei in Netzen mit nicht unmittelbar geerdetem Nullpunkt zweckmäßig die Reihenschaltung der in benachbarten Phasen eingebauten Apparate angewandt wird. Im 132 kV-Netz einer großen Kraftverteilungsgesellschaft wurden auch die Spannungskreise der Watt- und Blindleistungsmesser unmittelbar an die von der Westinghouse Electric & Mfg. Co. in der vorbeschriebenen Form hergestellten Spannungs-Meßeinrichtungen angeschlossen. Die Stromzeiger und Stromwicklungen der verschiedenen Zähler werden aus Durchführung-Stromwandlern gespeist. Der ganze Meßkreis ist dabei für Vollast richtig abgeglichen worden, so daß die Angaben der Leistungs- und Blindverbrauchmesser nur bei hoher Belastung genau sind, was aber erwünscht ist und für Werkabrechnungen ausreicht. Bei Verrechnung an die Verbraucher erscheint die Anwendung dieses Verfahrens allerdings weniger empfehlenswert.

Die Belastbarkeit der neuen Spannungsmeßeinrichtung ist abhängig von der primären Netzspannung und beträgt z. B. bei 110 kV 12 VA, bei 154 kV 20 VA und bei 220 kV 30 VA bei 60 Hz. Für größere Bürden im Meßstromkreis müssen zwei Apparate in jeder Phase parallel oder die Apparate zweier benachbarter Phasen in Reihe geschaltet werden, wobei die zulässige Bürde auf das Doppelte bzw. 1,73fache der obengenannten Werte steigt. Die Abgleichung der Apparate auf richtige Spannung und Phasenlage durch Veränderung der Schaltung des Transformators, Kondensators und der Drossel soll für jeden Fall in wenigen Minuten ausführbar sein, und weitere Wartung, gelegentliche Nachprüfung ausgenommen, daß sich im Gehäuse kein Kondenswasser niedergeschlagen hat, sollen nicht erforderlich sein. (V. B. Jones, The Electric Journ. Bd. 26, S. 54.) *O. N.*

Beleuchtung.

Firmenschildbeleuchtung. — Die auf S. 304 der ETZ 1929 beschriebene Beleuchtung der Firma Knagge & Peitz, München, ist zwar mit Kandem-Leuchten ausgerüstet, jedoch, wie wir inzwischen erfuhren, von dem Ingenieur Erich Rosenberg, München, Herzog-Rudolf-Straße 20, ausgeführt worden.

Heizung. Öfen.

Belastungsverhältnisse beim elektrischen Herd und Heißwasserspeicher. — Der elektrische Küchenherd hat bei den Hausfrauen als Effektherd in der dem Gasherd nachgebildeten Form den größten Anklang gefunden, während die Form des Speicherherdes sich bisher noch nicht recht Eingang zu verschaffen wußte. Ing. Seehaus, Mitlödi (Schweiz), hat nun einen Speicherherd konstruiert, welcher in seiner Wirkungsweise dem Gasherd ähnelt, so daß eine weitere Verbreitung dieser Type zu erwarten steht. Dabei taucht die Frage auf, ob für die Elektrizitätswerke die Speicherherde wirklich so wünschenswert sind, als anfangs wegen der Vermeidung der Kochstromspitze angenommen wurde. Ing. Hasler berichtet über Erfahrungen in Züricher Wohnkolonien, in welchen für Küche und Bad ausschließlich Elektrizität verwendet wird. Es muß daher der gesamte Energieverbrauch im Haushalt berücksichtigt werden, nicht der des Speicherherdes allein. Die Untersuchung erstreckte sich auf 100 Herde mit je 6,2 kW Anschlußwert — alle mit Bratofen und Hochleistungsplatte — und 100 Boiler mit je 1,3 kW Anschlußwert. Die Messungen ergaben als Mittelwerte für jeden Herd eine Morgenspitze von 0,35 kW, eine Mittagspitze von 1,0 kW und eine Abendspitze von 0,70 kW. Besonders hervorzuheben ist die Verwendung der Hochwattplatte, welche durch bedeutende Beschleunigung des Kochvorganges den Wünschen der Hausfrauen näherkommt. Es hat sich dabei gezeigt, daß die anfänglich befürchtete Verschlechterung der Netzbelastungskurve durch die Hochwattplatte keineswegs eingetreten ist. Hingegen zeigte es sich, daß die Boilerbelastung für den Verlauf der Kurve beinahe von größerer Bedeutung als die Herdbelastung ist. Einer Höchstleistung von 100 kW mittags steht eine solche von 130 kW um Mitternacht gegenüber. Die Einschaltung der Speicher erfolgt in Gruppen zwischen 22 h und 24 h, die selbsttätige Ausschaltung bei Erreichung einer Temperatur von 80 ... 85 ° und ergibt daher einen langsamen Abfall der Belastungskurve zwischen 2 ... 6 h, welcher durch die Verringerung des Anschlußwertes und Verlängerung der Aufheizzeit noch günstiger gestaltet werden kann. Aus den Kurven geht aber weiter hervor, daß bei der Herd-Boiler-Kombination nachts kein Platz mehr für die Speicherherdbelastung ist. Würden in den 100 Wohnungen noch Speicherherde mit 500 W Anschlußwert angeschlossen werden, würde sich die Nachtbelastung um etwa 40 % vergrößern, was infolge erhöhter Transformatorenleistung usw. für die Werke unwirtschaftlich wäre. Es ist daher das Problem der Speicherherde wie auch der Speicheröfen für Raumheizung von seiten der Elektrizitätswerke nochmals genau zu prüfen.

Zu den Folgerungen von Ing. O. Hasler nimmt Prof. Dr. Wyssling, Wädenswil, wie folgt Stellung: Für die Beurteilung des Einflusses der Speicherbelastungen auf die Verteilnetze müssen die Änderungen der Höchstleistungen in einzelnen Straßenleitungen, ganzen Ortsleitungen und ganzen Werken unterschieden werden. Es ist erforderlich, nicht nur den Einfluß des Herdes und Heißwasserspeichers zu berücksichtigen, sondern das Zusammenwirken aller Belastungen eines Elektrizitätswerkes zu prüfen. Wenn auch die Belastungspitzen der Heißwasserspeicher in der Nacht höher sind als die Kochstromspitzen in der Mittagszeit, so wirkt sich das doch auf die Gesamtbelastung des Werkes ganz verschieden aus, da während der Nachtzeit fast keine anderen Belastungen auftreten, die Kochzeit jedoch mit den Tagesspitzen teilweise zusammenfällt. Es gibt daher genügend Werke, die mit der Stromlieferung für den Heißwasserspeicher — selbst wenn diese die Kochstromspitze übersteigt — die Nachtenergie nicht voll ausnutzen und daher für die stärkere Verwendung von Nachtspeicherheizöfen eintreten. Diese Maßnahmen werden sich immer nach den örtlichen Verhältnissen des Elektrizitätswerkes richten müssen, insbesondere nach der Belastungskurve aus den übrigen Anschlüssen. Der günstigste Fall der Speicherleistung ist die gleichmäßige Verteilung der täglich benötigten

Energie auf 24 h, wobei noch gewisse Sperrzeiten berücksichtigt werden können, wie dies beim Seehausschen Speicherherd der Fall ist. Dem gegenüber steht die reine Nachtspeicherung der Speicheröfen und Heißwasserspeicher, welche die ganze Energieaufnahme in die Nachtstunden und eventuell noch die Zeit des Mittagtales verlegen, sich also besonders bei der von Ing. Hasler angeregten gruppenweisen Einschaltung für die Belastung günstig auswirken. Selbst Halbspeicher, welche auch unter Tags wiederholt aufgefüllt werden, können bei entsprechender Regelung der Füllzeiten zum Ausgleich des Belastungsdiagrammes dienen. Die gleichmäßige Verteilung der Belastung auf die 24 h beim Seehausschen Speicherherd wird sich daher, wenn er sich in der Praxis bewährt, für die Elektrizitätswerke günstig auswirken.

Ing. Paul Seehaus, Mitlödi, betont, daß man aus den Beobachtungen einer bestimmten Wohnkolonie keine allgemeinen Schlußfolgerungen ziehen könne, und weist besonders darauf hin, daß sich gerade durch den Speicherherd und den Heißwasserspeicher durch entsprechende Regelung der Energieaufnahme das Belastungsdiagramm äußerst günstig beeinflussen läßt. Im ungünstigsten Falle, wenn neben den Sperrzeiten noch eine verminderte Tages- und vermehrte Nachtbelastung gewünscht wird, genügt es, den Heißwasserspeicher nur nachts anzuschließen, um ein Gleichbleiben der Nachtbelastung und Sinken der Tagesspitze um 50 % zu erzielen, da sich die Herdspeicherenergie als Grundbelastung über 24 h verteilt. Schon wenige Sperrstunden, entsprechend geregelt, reichen für beide Geräte hin, um recht ungünstige Belastungen fast völlig auszugleichen, durch den Anschluß von Speicherherden an die Lichtinstallation lassen sich erhebliche Verbesserungen des Belastungsfaktors erzielen. Diese Ausführungen werden durch Diagramme sowie Mitteilungen über die Durchbildung des Seehausschen Speicherherdes ergänzt. (O. Hasler, Bull. SEV Bd. 19, S. 736 u. 789.) *Ktw.*

Die Herstellung von elektrischen Heizapparaten. — Bei der Edison Electric Appliance Co. bestehen die Heizelemente der Bügeleisen, Kochtöpfe, Brenneisen, Waffeleisen usw. aus Drahtspiralen, die in Stahl- oder Kupferrohren liegen, die mit Magnesiumoxyd als Schutz gegen Oxydation gefüllt sind. Bei Bügeleisen und Kochtöpfen wird dieses Element in den eisernen Heizkörper eingegossen, so daß beide Teile zusammen ein Ganzes bilden.

Die Rohre, die einen Durchmesser von ⅜″ ... ½″ haben, werden auf Länge geschnitten und beiderseits auf Zentriermaschinen ausgebohrt zur Aufnahme von Deckelscheiben, durch die die Drahtspirale in der Mitte des Rohres gehalten wird. Die Spiralen bestehen aus Nickel-Chrom-Draht von 100 ... 400 mm Länge je nach Erfordernis. Wenn die Spirale ins Rohr eingelegt wird, wird das untere Ende durch eine Scheibe, das obere durch einen Bügel gehalten. Darauf werden je 20 Rohre in ein Regal gestellt, welches unter Füllrümpfen mit Magnesiumoxyd steht. Das Regal wird ständig durch einen Motor in rüttelnde Bewegung gesetzt, während das Pulver einläuft, wodurch ein gutes Setzen bezweckt wird, damit das Rohr vollständig ausgefüllt wird. Dann ersetzt man den Bügel durch eine Scheibe und glüht die Rohre in einem gasgefeuerten Ofen, in dem sie durch drei Nickel-Chrom-Röhren von 100 mm Dmr. gehen, die am entgegengesetzten Ende 2 m aus dem Ofen als Kühlzone hinausragen. Die Temperatur in den Rohren wird auf 760 ... 815 ° gehalten. Vor und nach dem Glühen werden die Heizkörper je 1/64″ im Durchmesser reduziert, wodurch die Packung noch fester wird. Schließlich werden die Rohre auf die gewünschte Form gebracht, die entweder flach oder quadratisch ist, worauf eine Prüfung auf gute Isolation stattfindet.

Die Herstellung von Bügeleisen und Heizelementen für Kochtöpfe geschieht auf kontinuierlichen Gießmaschinen in Form eines Drehtisches von ungefähr 3 m Dmr., der von einem Motor angetrieben wird. Die Formen bestehen aus dem unteren feststehenden und dem oberen beweglichen Teil, der mechanisch geöffnet und geschlossen wird. Wenn die Form geöffnet ist, wird das Heizelement eingelegt, und sobald sie geschlossen ist, wird Eisen eingegossen. Vor dem Einlegen werden die Elemente vorgewärmt. (The Iron Age Bd. 122, S. 1221.) *Ill.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Diagramme für die Parallelschaltung beliebiger Scheinwiderstände. — Es wird ein neues Vektordiagramm angegeben, welches die Parallelschaltung beliebiger Scheinwiderstände in zeichnerisch sehr einfacher Weise darzustellen gestattet. Sind zwei Scheinwiderstände, z. B. eine verlustreiche Induktanz und eine verlustreiche Kondensanz gegeben, die parallel geschaltet werden sollen, so wird zur Darstellung des Resultates folgendermaßen verfahren: Auf den beiden zugehörigen Vektoren werden in den Anfangs- und Endpunkten je eine Senkrechte errichtet. Diese vier Senkrechten bilden miteinander vier Schnittpunkte. Zwei davon, nämlich die Schnittpunkte je einer Anfangs- mit je einer Endpunktsenkrechten werden miteinander verbunden, und auf die Verbindungslinie wird vom Anfangspunkt das Lot gefällt. Dieses Lot ist bereits der gesuchte Vektor. Für diesen Vektor wird die Bezeichnung „der harmonische Vektor" der beiden gegebenen vorgeschlagen, da er gleich dem halben harmonischen Mittel ist. Das Verfahren kann eine „Reziprokaddition" genannt werden, wie sich aus dem mathematischen Ausdruck dafür ergibt. Wendet man diese Methode in umgekehrter Richtung an, so läßt sich ein Vektor in zwei andere zerlegen, wofür der Ausdruck „harmonische Zerlegung" vorgeschlagen wird.

Das beschriebene Diagramm ist nicht anwendbar auf Scheinwiderstände, deren Vektoren genau die Winkel 0° oder 180° miteinander bilden. Hierfür sind allerdings andere einfache Diagramme anwendbar. Bei der Reziprokaddition von Vektoren, die miteinander den Winkel 90° bilden, ergibt sich ein sehr einfaches Sonderdiagramm, das schon 1919 durch E. Orlich veröffentlicht worden ist.

Für die Parallelschaltung beliebiger Scheinwiderstände gibt es allerdings auch schon ein Diagramm von E. Orlich. Obgleich das hier neu mitgeteilte Diagramm natürlich zu demselben Resultat führt wie das von E. Orlich, ist der geometrische Weg doch vollkommen verschieden. (H. Rukop, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 443.)

Die Permeabilität des Eisens bei Gleichstrom-Vormagnetisierung. — Vor einigen Jahren wurde von Spooner[1] eine Formel zur Berechnung der Permeabilität des Eisens bei Gleichstrom-Vormagnetisierung angegeben. Diese Formel lautet:

$$\mu_J = \mu_{B_m}(a + b\,\Delta B \,.\, 10^{-3}).$$

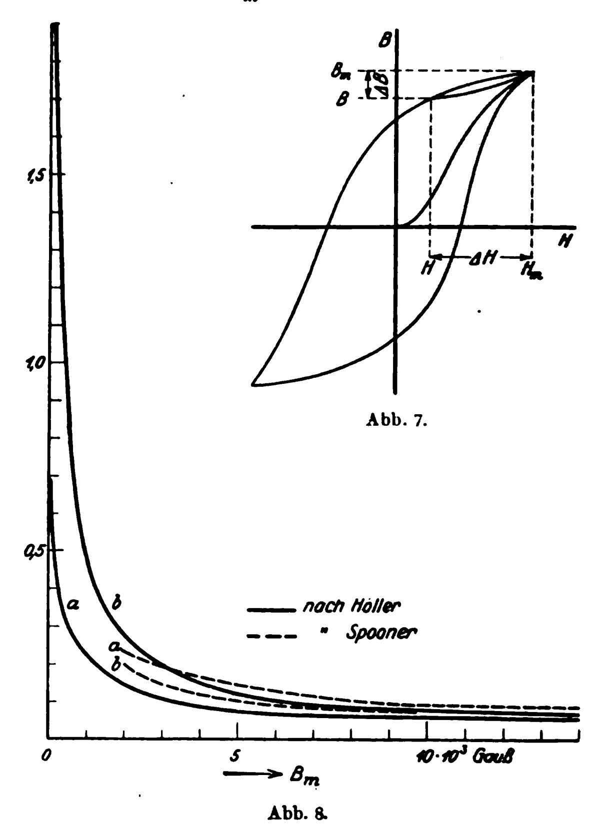


Abb. 7.

Abb. 8.

Hierin ist $\mu_J = \Delta B\,\Delta H$ und $\mu_{B_m} = B_m/H_m$ (Abb. 7). a und b sind Zahlenwerte, die vom magnetischen Material einigermaßen unabhängig sind und nur von der maximalen Induktion B_m abhängen. Die Kurven für a und b in Funktion von

[1] Spooner, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 42, S. 42.

B_m wurden von Spooner in dem Bereich von 2000 ... 18 000 Gauß für verschiedene Magnetstähle bestimmt. Da schon die von Spooner für die a-Kurve experimentell gefundenen Werte sehr stark von der mittleren Kurve abwichen, so war es von Interesse, festzustellen, ob auch für die in der Elektrotechnik gebräuchlichen Dynamobleche und Siliziumlegierungen die gewonnenen Werte für a und b Gültigkeit besitzen. Außerdem ist es oft erwünscht, die Konstanten auch für kleinere Induktionen als für 2000 Gauß zu kennen.

Es wurde deshalb eine große Anzahl von ballistischen Messungen an sieben geschlossenen Blechringen aus Eisen und siliziumhaltigem Material ausgeführt. Die in Abb. 8 dargestellten Kurven für a und b stellen Mittelwerte aus den von Höller gemessenen Werten dar; zum Vergleich sind die Spoonerschen Kurven gestrichelt mit eingezeichnet. Insbesondere die neue a-Kurve zeigt eine erhebliche Abweichung gegenüber der von Spooner. Rechnet man mit der von Höller verbesserten Formel, so stimmen für Dynamo- und siliziumlegierte Bleche die Ergebnisse besser mit den einzelnen Meßwerten von Spooner und anderen Forschern überein als bei Verwendung der Spoonerschen Konstanten. Es wurde weiterhin nachgewiesen, daß die Spoonersche Formel auch für überlagerten Wechselstrom von 50 Hz verwendbar ist. — Bei den Messungen an noch nicht gealterten Eisenringen im Bereich kleiner Induktionen zeigte sich, daß bei konstanter Dauermagnetisierung die Ausschläge am ballistischen Galvanometer beim Kommutieren fortwährend zunehmen. Es wurden noch 50 h nach Beginn der Magnetisierung Zunahmen beobachtet. Diese Erscheinung scheint auf magnetischen Nachwirkungen zu beruhen. (E. Höller, Dr.-Ing.-Dissertation, T. H. Stuttgart 1928.) *Sb.*

Lichtbogen mit kleiner Stromdichte. — Speziell für die sog. „kalten" Bogen stellte Langmuir die Theorie auf, daß Elektronen aus der Kathode durch das Feld der positiven Raumladung befreit würden. In diesem Falle ist eine bestimmte Mindestfeldstärke erforderlich (etwa 10^6 V/cm) und ferner läßt sich nachweisen, daß aus diesem Kleinstwert unter Berücksichtigung der übrigen Bedingungen des normalen Bogens auch ein Mindestwert der kathodischen Stromdichte folgt, den Slepian und Haverstick zu etwa 1000 A/cm² berechnen. Die Verfasser hatten bereits früher eine Entladung mit kalter Kathode und offenbar sehr geringer Stromdichte beobachtet, an der nun die Bedingung des Stromdichte-Mindestwertes nachgeprüft wurde. Zu dem Zweck wurden nacheinander verschiedene Röhren mit verschiedenen Gasfüllungen unter geringem Druck (einige cmHg) mit einem Schalter in ein 500 V-Gleichstromnetz in Reihe gelegt; ein parallel liegender Schalter schloß die Röhre 0,06 s nach Einsetzen der Entladung kurz. Strom und Spannung wurden oszillographiert, die Fläche des Kathodenfleckes photographiert und außerdem nach den Spuren ausgemessen.

Die Versuche ergaben bei Strömen von 18 ... 25 A und Bogenspannungen von 62 ... 20 V Stromdichten an der Kathode zwischen 7 und 120 A/cm²! Selbst wenn an diesen Werten gewisse Korrekturen z. B. infolge der Wanderung des Kathodenflecks nötig sind, so liegen die Zahlen doch noch weit unter dem oben berechneten Mindestwert von 1000 A/cm². Durch Beobachtung mit der Zeitlupe konnte gezeigt werden, daß der Fehler in der Stromdichtebestimmung nicht über 100 % beträgt. Die Theorie der Elektronenbefreiung durch das Feld ist also in diesem Falle nicht anwendbar. Die Verfasser erklären vielmehr die Entladung mit Hilfe der von Slepian aufgestellten Theorie, nach der der Strom ohne Unterstützung durch Elektronen allein von positiven Ionen getragen wird, die in einer hoch erhitzten und stark ionisierten Gasschicht dicht vor der Kathode entstehen. (J. Slepian u. E. J. Haverstick, Phys. Rev. Bd. 33 (1929), S. 52.) *Wi.*

Verschiedenes.

Ehrung von Friedrich von Hefner-Alteneck. — Auf Anregung der Siemens-Ring-Stiftung, zu deren Aufgabe es gehört, das Andenken an verstorbene verdienstvolle Männer der Naturwissenschaften und Technik wachzuhalten, ist vor längerer Zeit in Berlin-Siemensstadt und nun auch in München eine Straße nach Friedrich von Hefner-Alteneck, dem Mitarbeiter von Werner von Siemens und angesehenen Pionier der Elektrotechnik, benannt worden. — Der betreffende Straßenzug in München geht von der Braumauerbrücke bis zur Brudermühlbrücke längs der Isar. An ersterer wurde gleichzeitig eine Gedenktafel mit einem Relief vom Kopfe Hefner-Altenecks und folgender Inschrift enthüllt:

> Friedrich von Hefner-Alteneck.
> * 27. April 1845 † 7. Januar 1904.
>
> Ein Pionier der Elektrotechnik. Er gab 1872 der Dynamomaschine die nach ihm benannte Konstruktion und erfand 1878 die Differential-Bogenlampe sowie 1884 als Lichteinheit die Hefner-Kerze.
>
> Unter Hefners Leitung wurde bei dieser Brücke die elektrische Beleuchtung zum ersten Male zu Fundierungsarbeiten verwendet.
>
> Errichtet von der Siemens-Ring-Stiftung.

Bei der Enthüllungsfeier hielt Herr Prof. Dr. Paschen, der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, eine Ansprache; ferner sprachen noch Herr Prof. Dr.-Ing. E. h. G. de Thierry (in Abwesenheit durch Mikrophon aus Berlin) für den deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine, Herr Direktor Reinhart als Vertreter des Siemens-Konzerns, Herr Direktor Oberbaudirektor Zell für den Verband Deutscher Elektrotechniker, den Elektrotechnischen Verein München und die Beleuchtungstechnische Gesellschaft und Herr Direktor Strauß im Namen des Vereins deutscher Ingenieure. Herr Staatssekretär Ritter von Frank erinnerte zum Schluß als Vertreter der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft an die großen Verdienste Hefner-Altenecks auf dem Gebiete des Eisenbahnsicherungswesens.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Elektrizitätsversorgung der Provinz Sachsen und den bedeutenden Anteil des Provinzialverbandes an deren Entwicklung hat der Landeshauptmann, wie Elgawe berichten, in einer Broschüre[2] geschildert. Danach war der Verband Ende März an folgenden Elektrizitätsunternehmungen beteiligt:

Unternehmen	Nennwert der Beteiligung in 1000 RM
Überlandzentrale Südharz G. m. b. H.	3276,6
Elektrizitätswerk Sachsen-Anhalt A. G.	2437,8
Landelektrizität G. m. b. H.	750,0
Landkraftwerke Leipzig A. G.	1831,8
Kraftwerk Thüringen A. G.	1742,1
Überlandzentrale Mansfelder Seekreis A. G.	838,7
Thüringenwerk A. G.	40,0
Großkraftwerk Erfurt A. G.	308,0
El. Kleinbahnen im Mansfelder Bergrevier A. G.	400,8

Wie dann ausgeführt wird, drängen die Verhältnisse in der Elektrizitätswirtschaft auf eine weitere Zusammenfassung der Versorgungsunternehmungen zu einem einheitlichen Ganzen, um dadurch eine Rationalisierung und Senkung der Strompreise herbeizuführen. Ferner komme es darauf an, die Belieferung der Provinz mit elektrischer Arbeit an Großunternehmungen anzulehnen, die es gestatten, daß der provinzielle Einfluß in der Erzeugung und Verteilung gewahrt bleibe. Innerhalb der einzelnen Unternehmungen, an denen der Provinzialverband sich beteiligt habe, und der etwa zu gründenden großen Gesellschaft sei in erster Linie auf die Einführung veredelter Tarife hinzuwirken.

Dem Inhalt einer von Elgawe auszugsweise wiedergegebenen Denkschrift „Hessen und seine Wirtschaft" des Landesstatistischen Amts entnehmen wir, daß die dortige, größtenteils auf der Verwertung fester Brennstoffe beruhende Elektrizitätserzeugung, die 1927 229,5 Mill kWh betrug, also knapp 1 % der Reichsproduktion, und von der rd. 53 % auf öffentliche Elektrizitätswerke entfielen, zur Befriedigung des Bedarfs nicht ausreiche. 1925 hätten noch etwa 30 Mill kWh aus Bayern eingeführt werden müssen, und nur rd. 0,6 Mill kWh seien an Nachbargebiete abgegeben worden. Durch den Ausbau des Kraftwerks Wölfersheim auf etwa 24 000 kW würde man künftig jährlich rd. 60 Mill kWh gewinnen, von denen etwa ein Drittel abzunehmen die Stadt Frankfurt a. M. vertraglich verpflichtet sei.

Das Bauprogramm der Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A. G., das als Nachtrag für 1928 einen Anleihebedarf von 12,279 Mill RM und als erstes Bauprogramm für 1929 einen solchen von 51,933 Mill

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1423.
[2] „Aufgaben und Leistungen des Provinzialverbandes von Sachsen."

Reichsmark, im ganzen also 64,212 Mill RM vorsicht, ist vom Haushaltsausschuß des Magistrats angenommen worden. Die Gesellschaft hat kürzlich den 800 000. Zähler installiert.

Aus dem Geschäftsbericht der Städtischen Elektrizitätswerke Frankfurt a. M. für 1927/28 geht hervor, daß die Versorgung der Stadt zum größeren Teil durch die beiden eigenen Kraftwerke Gutleutstraße und Ohmstraße (am 31. III. 1928 insgesamt 64 655 kW) sowie außerdem durch Strombezug (6000 kW) von der Preußischen Elektrizitäts-A. G. gedeckt worden ist. Anfangs des Berichtsjahres hatte man als zweite Fremdstromquelle das Schwelkraftwerk Hessen-Frankfurt a. M.-A. G. (Hefrag) in Wölfersheim zu errichten begonnen, das nunmehr Strom über die bestehende 100 kV-Leitung der Preag dem Elektrizitätswerk zuführt. Weiter sollen die aus den Untermainstufen bei Griesheim und Eddersheim etwa von Ende 1931 an anfallenden Strommengen vom Elektrizitätswerk abgenommen werden. Die Eigenerzeugung beider Zentralen der Stadt betrug 85,652 Mill kWh (65,927 i. V.) und der Fremdstrombezug 19,634 Mill kWh (20,277 i. V.), so daß sich insgesamt ein Ausbringen von 105,286 Mill kWh ergibt, d. s. rd. 22 % mehr als 1926 (86,205 Mill kWh). Als höchste Belastung nennt der Bericht 40 570 kW, als Belastungsfaktor nahezu 30 % und als Ausnutzungsfaktor rd. 23 %. Nutzbar abgegeben wurden bei 14,5 % Verlust und 157 200 kW Anschlußwert am Ende der Berichtszeit (149 516 i. V.) einschl. des Eigenbedarfs insgesamt 90,011 Mill kWh (72,693 i. V.), also rd. 24 % mehr als 1926/27, wovon 34,482 Mill kWh auf Beleuchtung, 32,173 auf Kraftabgabe und 21,380 Mill kWh auf die Straßenbahnen entfielen. Durchschnittlich je Tag haben die Werke 0,246 Mill kWh und je Abnehmer (zusammen 103 703) im Jahr 868 kWh geliefert (823 i. V.).

Die eigenen und der Gesellschaft nahestehenden Elektrizitätsunternehmungen der Rheinischen Elektrizitäts-A. G., Mannheim, haben 1928 ähnliche Ergebnisse gebracht wie im Vorjahr, dagegen waren die zum Konzern gehörenden Fabrikationsunternehmungen nicht voll beschäftigt und litten unter ungünstiger Preisstellung. Der Gewinn aus Beteiligungen, Unternehmungen und Bauausführungen betrug 3 741 275 RM (3 339 667 i. V.), der Reingewinn mit Vortrag 1 385 815 RM (1 403 610 i. V.) und die Dividende wieder 9 % auf 12,5 Mill RM Stammaktienkapital.

Der Geschäftsbericht der Sächsischen Elektrizitätswerk- und Straßenbahn-A. G., Plauen i. Vogtl., für 1928 weist auf die Gründung der „Kraftwerk und Straßenbahn Gera A. G. hin, der auf die Dauer ihres Bestehens die ausschließliche Konzession für die Versorgung des Stadtgebiets mit elektrischer Arbeit und für den Betrieb der dortigen Straßenbahn erteilt worden ist. Da die Geraer Elektrizitätswerk- und Straßenbahn-A. G. nunmehr eine Holding-Gesellschaft geworden ist, hat man ihre Firma in Elektrizitäts- und Bahn-Anlagen A. G. geändert und den Sitz nach Dresden verlegt.

Die Entwicklung der Stromversorgung in Riesa war, wie die Elektrizitätswerk Riesa A. G. in ihrem ersten Bericht sagt, 1928 günstig. Der Anschlußwert ist von 3115 auf 3687 kW, die Stromabgabe von 1,373 auf 1,562 Mill kWh gestiegen. Die Betriebseinnahmen einschl. Installationsgewinn betrugen 462 313 RM, der Reingewinn 76 987 RM und die Dividende 7 % auf 1 Mill RM Aktienkapital.

Der Gesamtanschlußwert des Fränkischen Überlandwerks A. G., Nürnberg, hat sich 1928 von 130 709 auf 140 628 kW erhöht, und die Stromabgabe ist von 29,916 auf 36,512 Mill kWh, d. h. um 22 % gegen 1927 gewachsen. Eine 20 kV-Speiseleitung nach dem Mittelpunkt des im Vorjahr erschlossenen Feuchtwanger Gebiets kam in Betrieb, und mit dem Bau einer 60 kV-Leitung zur Errichtung eines Speisepunktes bei Weißenburg i. B., dem Verbrauchsknotenpunkt des Südgebiets, hat die Gesellschaft begonnen. Für den Bezug von Beleuchtungstrom wurde ein neuer Grundgebührentarif (Haushalttarif) eingeführt, den Kleinbeziehern von Lichtstrom ist durch Begrenzung des kWh-Preises nach oben eine Verbilligung der Stromkosten verschafft worden, und außerdem hat man den Kraftstromtarif für das Kleingewerbe durch einen Benutzungsdauerrabatt verbessert. Der Überschuß erreichte 1 639 152 RM (1 318 943 i. V.); aus dem Reingewinn von 545 170 RM (537 312 i. V.) kamen wieder 7 % Dividende auf 7,2 Mill RM Stammaktienkapital zur Auszahlung. Wie in der G.-V. mitgeteilt wurde, ist die Arbeitsgebühr für landwirtschaftliche und gewerbliche Kraft ab 1. V. 1929 um 3 Pf/kWh ermäßigt worden.

Die Thüringische Landeselektrizitätsversorgungs-A. G. „Thüringenwerk", Weimar, hat 1928 rd. 97 Mill kWh, z. T. durch Uebernahme der Grundbelastung, an thüringische Elektrizitätswerke bzw. gemäß besonderer Abmachungen als Aushilfe geliefert (50,752 i. V.) bei 27 000 kW höchster gleichzeitiger halbstündiger Spitzenbelastung. Die Jenaer Elektricitätswerke A. G. sind für einen Teil ihres Stromversorgungsgebiets zum festen Bezug übergegangen. Nach einer Vereinbarung mit der Kraftwerk Thüringen A. G. wurde deren Gesamtstrombedarf in den Sommermonaten von der Berichterstatterin gedeckt, was auch für 1929 gilt. Die gegenseitige Lieferungsunterstützung zwischen ihr und der Bayerischen Elektricitäts-Lieferungs-Gesellschaft ist häufiger, wenn auch in geringem Umfang, von beiden Beteiligten in Anspruch genommen worden. Als Erträgnis aus Stromlieferung, Zinsen und Sonstigem werden 813 814 RM (2 255 810 i. V.) und als Überschuß 270 677 RM (43 650 i. V.) ausgewiesen. Auf Grund dieses Ergebnisses konnte die Gesellschaft wieder mit der Ausschüttung einer Dividende, u. zw. zunächst von 3 % bei 8 Mill RM Aktienkapital beginnen.

Auch bei der Jenaer Elektricitätswerke A. G. hat das Geschäftsjahr 1928 befriedigt. Der Gesamtanschlußwert betrug 24 131 kW (23 158 i. V.) und die nutzbare Stromabgabe 7,539 Mill kWh (6,543 i. V.). Es war möglich, in einem großen Teil der Landgemeinden nun auch Tarifermäßigungen durchzuführen. Auf den Strombezug vom Thüringenwerk wurde oben schon hingewiesen: für die Überlandversorgung deckt die Gesellschaft ihren Strombedarf indessen nach wie vor bei der Firma Carl Zeiß. Aus Stromlieferung und Installationen hat sie 2 222 522 RM eingenommen (2 112 093 i. V.) und bei 528 672 RM Reingewinn (527 719 i. V.) wieder 12 % Dividende auf 3,5 Mill RM Aktienkapital gezahlt, das nunmehr um 1 Mill RM erhöht worden ist.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Freileitungen.

Die Kommission hat die zu den neuen „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen V. S. F./1930" gehörenden DIN VDE-Normblätter für Isolatoren und Isolatorstützen:

DIN VDE 8002 Stützenisolatoren Reihe HD für Starkstrom-Freileitungen. Nennspannungen 0,5 bis 35 kV,
DIN VDE 8003 Stützenisolatoren Reihe HW für Starkstrom-Freileitungen. Nennspannungen 0,5 bis 35 kV,
DIN VDE 8004 Stützenisolatoren Reihe VHD, verstärkt, für Starkstrom-Freileitungen. Nennspannungen 0,5 bis 35 kV,
DIN VDE 8005 Stützenisolatoren Reihe VHW, verstärkt, für Starkstrom-Freileitungen. Nennspannungen 0,5 bis 35 kV,
DIN VDE 8007 Kappenisolatoren Reihe K für Starkstrom-Freileitungen,
DIN VDE 8008 Vollkernisolatoren Reihe MK für Starkstrom-Freileitungen,
DIN VDE 8040 Isolatorstützen, gerade, für Stützenisolatoren Reihe HD nach DIN VDE 8002,
DIN VDE 8041 Isolatorstützen, gebogen, für Stützenisolatoren Reihe HD nach DIN VDE 8002,
DIN VDE 8042 Isolatorstützen, gerade, für Stützenisolatoren Reihe HW nach DIN VDE 8003,
DIN VDE 8043 Isolatorstützen, gebogen, für Stützenisolatoren Reihe HW nach DIN VDE 8003,
DIN VDE 8044 Isolatorstützen, gerade und gerade verstärkt, für Stützenisolatoren der Reihen VHD und VHW nach DIN VDE 8004 und 8005,
DIN VDE 8045 Isolatorstützen, gebogen, für Stützenisolatoren der Reihen VHD und VHW nach DIN VDE 8004 und 8005;

ausgearbeitet, die nachstehend im Entwurf veröffentlicht werden.

Noch nicht endgültig

Stützenisolatoren Reihe HD

für Starkstrom-Freileitungen

Nennspannungen 0,5 bis 35 kV

Elektrotechnik

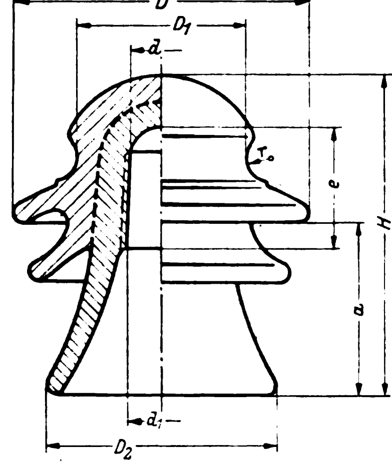
DIN

Entwurf 1

VDE 8002

Maße in mm **Ersatz VDE 8000**

Glasiert mit Ausnahme des Stützenloches



Bezeichnung eines Stützenisolators Reihe HD für 15 kV Nennspannung:

Stützenisolator HD 15 VDE 8002

VDE-Bezeichnung	D	D_1 für einteilige Ausführung	D_1 für mehrteilige Ausführung	D_2	H	a	d	d_1	e	r	Nennspannung kV nach R.E.H.	Bruchfestigkeit kg mindestens einteilig	Bruchfestigkeit kg mindestens mehrteilig
HD 6	120	65	70	95	130	70	28	31	50	9	bis 6	1300	—
HD 10	135	70	80	110	145	82	28	31	55	9	„ 10	1500	1200
HD 15	150	70	80	120	165	95	28	31	60	9	„ 15	1700	1400
HD 20	175	85	90	145	205	125	28	32	65	10	„ 20	2000	1700
(HD 25)	205	90	100	165	240	151	32	36	80	10	„ (25)	2300	2000
HD 30	230	100	115	185	280	180	38	43	90	10	„ 30	2500	2200
(HD 35)	260	107	135	210	320	210	40	45	100	12	„ (35)	2700	2400

Die den eingeklammerten Größen zugeordneten Nennspannungen sind in DIN VDE 2 nicht enthalten.

Zulässige Abmaße ± 5%
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Die Stützenisolatoren der Reihe HD müssen mit einem Ursprungzeichen und der Herstellung-Jahreszahl gestempelt sein.
Innere Durchbildung der Isolatoren, ob ein- oder mehrteilig, Verbindung der Einzelteile und Gewindeart bleiben den Herstellern überlassen.
Prüfverfahren nach den „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an" des VDE
Werkstoff: Keramischer Werkstoff nach den Bestimmungen des VDE. Farbe ist bei Bestellung anzugeben
Isolatorstützen, gerade, siehe DIN VDE 8040, gebogen, siehe DIN VDE 8041

Oktober 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

Einsprüche sind in doppelter Ausfertigung bis zum 31. Oktober 1929 an die Geschäftsstelle des VDE zu richten.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1454.)

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Da sich verschiedene Unstimmigkeiten zwischen den durch die Jahresversammlung 1914 in Kraft gesetzten „Vorschriften für die Prüfung von Eisenblech" einerseits und dem im Jahre 1926 aufgestellten Normblatt DIN VDE 6400 Dynamobleche, Technische Lieferbedingungen, anderseits gezeigt haben, so sah sich die Kommission für Maschinen und Transformatoren veranlaßt, die erstgenannten Bestimmungen einer Neubearbeitung zu unterziehen.

Die Kommission veröffentlicht nachstehend den Entwurf dieser Neubearbeitung, gegen den etwaige Einsprüche und Vorschläge in d o p p e l t e r Ausfertigung bis längstens zum 1. Dezember 1929 an die Geschäftsstelle des VDE zu richten sind.

Entwurf 1.

Regeln für die Lieferung und Prüfung von Dynamoblechen R. E. D./1931.

Inhaltsübersicht.

I. Gültigkeit.

II. Begriffserklärungen.

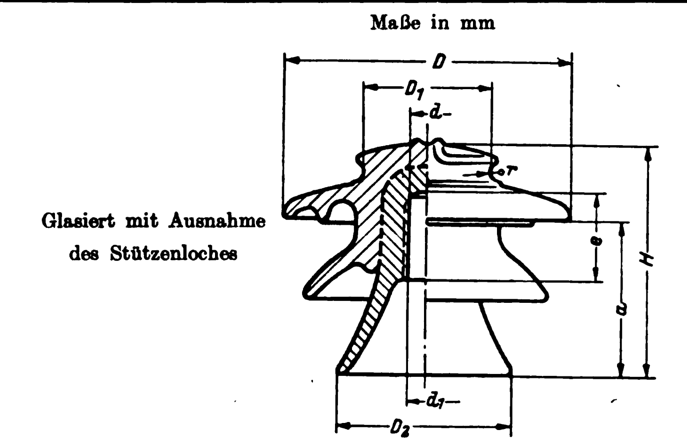
III. Normen.

IV. Bestimmungen.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1453.)

Stützenisolatoren Reihe HW für Starkstrom-Freileitungen Nennspannungen 0,5 bis 35 kV	Noch nicht endgültig Elektrotechnik	**DIN** Entwurf 1 VDE 8003

Maße in mm



Bezeichnung eines Stützenisolators Reihe HW für 15 kV Nennspannung:
Stützenisolator HW 15 VDE 8003

VDE-Bezeichnung	D	D_1 für einteilige Ausführung	D_1 für mehrteilige Ausführung	D_2	H	a	d	d_1	e	r	Nennspannung kV nach R.E.H.	Bruchfestigkeit kg mindestens einteilig	Bruchfestigkeit kg mindestens mehrteilig
HW 6	125	63	—	70	85	40	28	30	43	9	bis 6	1300	—
HW 10	150	71	—	82	100	50	28	31	45	9	„ 10	1500	—
HW 15	190	90	90	108	135	75	32	35	58	10	„ 15	2100	1700
HW 20	215	93	93	120	155	92	34	37	64	10	„ 20	2300	1900
(HW 25)	255	110	110	147	190	123	36	40	75	10	„ (25)	2800	2300
HW 30	290	130	130	173	230	154	40	45	87	10	„ 30	3000	2500
(HW 35)	330	142	142	198	270	192	44	49	97	11	„ (35)	3200	2700

Die den eingeklammerten Größen zugeordneten Nennspannungen sind in DIN VDE 2 nicht enthalten.

Zulässige Abmaße ± 5%
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Die Stützenisolatoren der Reihe HW müssen mit einem Ursprungzeichen und der Herstellung-Jahreszahl gestempelt sein.
Innere Durchbildung der Isolatoren, ob ein- oder mehrteilig, Verbindung der Einzelteile und Gewindeart bleiben den Herstellern überlassen.
Prüfverfahren nach den „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an" des VDE
Werkstoff: Keramischer Werkstoff nach den Bestimmungen des VDE. Farbe ist bei Bestellung anzugeben.
Isolatorstützen, gerade, siehe DIN VDE 8042, gebogen, siehe DIN VDE 8043

Oktober 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1455.)

I. Gültigkeit.

§ 1. Geltungsbeginn.

Diese Regeln treten am 1. Januar 1931 in Kraft.

§ 2. Geltungsbereich.

Diese Regeln gelten allgemein für die Prüfung von Dynamoblechen. Abweichungen hiervon sind ausdrücklich zu vereinbaren.

II. Begriffserklärungen.

§ 3. Eisenverlust und Verlustzahl.

Eisenverlust ist die bei praktisch sinusförmigem Verlauf der induzierten Spannung auf einen bestimmten Höchstwert der magnetischen Induktion bezogene Leistungsaufnahme der Blechprobe.

Verlustzahl ist der hieraus bei einer bestimmten Frequenz für 1 kg Eisen sich ergebende Anteil.

§ 4. Alterungszahl.

Alterungszahl ist die prozentuale Verlustzunahme infolge Alterungserscheinung der Bleche.

§ 5. Biegezahl.

Biegezahl ist die Mindestzahl der Biegungen, die bis zum Eintritt des Bruches vorgenommen werden können, wobei eine Biegung um 90° nach einer Richtung und zurück jeweils als halbe Biegung gezählt wird.

III. Normen.

§ 6. Blecharten.

Unterschieden werden je nach der Legierung normale, schwach legierte, mittelstark legierte und hochlegierte Bleche.

§ 7. Technische Lieferbedingungen.

Als Normen für die Blechdicke, das spezifische Gewicht, die Biegezahl, die Verlustzahl, die Alterungszahl und die magnetische Induktion gelten die in Tafel 1 (S. 1455) angegebenen Werte des Normblattes DIN VDE 6400.

IV. Bestimmungen.

§ 8. Allgemeines.

Für die Messung der Eisenverluste und der Magnetisierbarkeit dient ein magnetischer Kreis, der nur Eisen der zu prüfenden Art enthält und den Ausführungsbestimmungen gemäß zusammengesetzt ist.

(Fortsetzung auf S. 1456.)



(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1454.)

Kappenisolatoren Reihe K

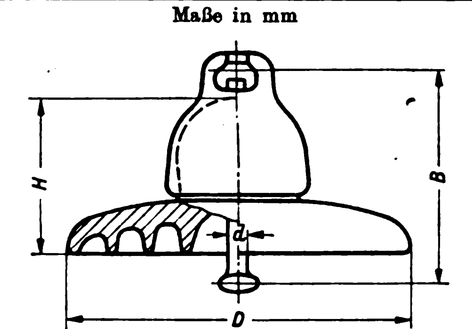
für Starkstrom-Freileitungen

Noch nicht endgültig

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 8007

Maße in mm



Bezeichnung eines vollständigen Kappenisolators Reihe K, Größe 2:

Kappenisolator K 2 VDE 8007

VDE-Bezeichnung	Keramischer Teil: Höhe *H*	Keramischer Teil: Tellerdurchmesser *D*	Klöppelpfanne passend zu Klöppel DIN VDE 8060 Nennmaß *d*	Baulänge *B*	Bruchlast mindestens kg	Prüflast kg 1 m	Prüflast kg 1 h
K 1	80	170	11	110	3000	1700	2000
K 2	100	250	16	135	5000	2500	3000
K 3	120	250	16	170	7000	3400	4000
K 4	120	280	16	170	7000	3400	4000
K 5	140	280	16	185	8500	4300	5000
K 6	140	280	20	190	10000	5300	6200
K 7	140	350	24	200	12000	5700	6700
K 8	160	350	24	230	18000	7200	8500

Zulässige Abmaße ± 5%
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Innere Durchbildung der Isolatoren und Verbindung der Einzelteile bleiben den Herstellern überlassen.
Werkstoff: Keramischer Teil nach den Bestimmungen des VDE
Anschlußmaße für Klöppelbolzen und -pfannen nach DIN VDE 8060
Farbe ist bei Bestellung anzugeben.

Oktober 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1456.)

Tafel 1.
Technische Lieferbedingungen nach DIN VDE 6400.

	Art		I normale Dynamobleche				II schwach legierte Bleche	III mittelstark legierte Bleche	IV hochlegierte Bleche	
1	Dicke in mm		0,5	0,75	1,0	1,5	0,5	0,5	0,35	0,5
2	Spezifisches Gewicht	mit Zunder	7,8				7,75	7,65	7,55	
		entzundert	7,85				7,8	7,7	7,6	
3	Biegezahl (Mindestwert)		10	—	—	—	10	10	2	
4	Verlustzahlen in Watt (Größtwert)	V_{10}	3,6	—	8	—	3,0	2,3	1,3	1,7
		V_{15}	8,6	—	19	—	7,4	5,6	3,25	4,0
5	Alterung in % (Verlustzunahme) (Größtwert)		9				7,5	6,5	5	
6	Magnetische Induktion (Kleinstwerte)	B_{25}	15 300		—		15 000	14 700	14 300	
		B_{50}	16 300		—		16 000	15 700	15 500	
		B_{100}	17 300		—		17 100	16 900	16 500	
		B_{300}	19 800		—		19 500	19 300	18 500	

Anmerkung zu 1: Die Abweichungen der Blechdicken sollen nicht mehr als ± 10 % der vorgeschriebenen betragen, die größte zulässige Abweichung innerhalb einer Tafel darf 10 % nicht überschreiten.

Grübchen oder Wärzchen dürfen nicht in größerer Anzahl vorhanden sein. Die Blechdicke soll jedoch nicht gerade unmittelbar an solchen Stellen selbst ermittelt werden.

Anmerkung zu 2: Diese Werte sind unabhängig von den Meßwerten, für die Berechnung der Verlustzahl maßgebend.

Anmerkung zu 3: Diese Werte gelten nur als unverbindliche Richtwerte. Die Stanzfähigkeit der Bleche wird gewährleistet.



(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1455.)

Stützenisolatoren Reihe VHD

verstärkt
für Starkstrom-Freileitungen
Nennspannungen 0,5 bis 35 kV

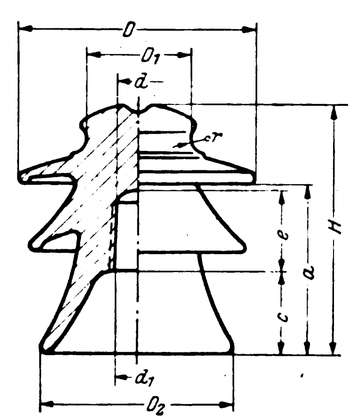
Noch nicht endgültig

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 8004

Maße in mm

Glasiert mit Ausnahme des Stützenloches



Bezeichnung eines verstärkten Stützenisolators Reihe VHD für 15 kV Nennspannung:
Stützenisolator VHD 15 VDE 8004

VDE-Bezeichnung	D	D_1	D_2	H	a	c	d	d_1	e	r	Nennspannung kV nach R. E. H.	Bruchfestigkeit kg mindestens
VHD 10	135	70	110	130	82	32	28	31	55	9	bis 10	800
VHD 15	150	70	120	150	95	36	28	31	60	9	„ 15	900
VHD 20	175	85	145	185	125	57	28	32	65	10	„ 20	1000
(VHD 25)	205	90	165	215	153	70	32	36	75	10	„ (25)	1100
VHD 30	230	100	185	250	180	85	38	43	90	10	„ 30	1200
(VHD 35)	260	107	210	290	210	110	40	45	100	12	„ (35)	1300

Die den eingeklammerten Größen zugeordneten Nennspannungen sind in DIN VDE 2 nicht enthalten.

Zulässige Abmaße ± 5%
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Die Stützenisolatoren der Reihe VHD müssen mit einem Ursprungzeichen und der Herstellung-Jahreszahl gestempelt sein.
Innere Durchbildung der Isolatoren, Verbindung der Einzelteile und Gewindeart bleiben den Herstellern überlassen.
Prüfverfahren nach den „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an" des VDE
Werkstoff: Keramischer Werkstoff nach den Bestimmungen des VDE. Farbe ist bei Bestellung anzugeben.
Isolatorstützen, gerade, siehe DIN VDE 8044, gebogen, siehe DIN VDE 8045.

Oktober 1929. Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1457.)

§ 9. Proben.

Die Probe muß mindestens 4 Tafeln des zu untersuchenden Dynamobleches entnommen werden und wiegt etwa 10 kg.

Die zur Prüfung verwendeten Blechstreifen von 500 mm Länge und 30 mm Breite sind zur Hälfte längs der Walzrichtung und zur Hälfte quer der Walzrichtung mit einem scharfen Werkzeug gratfrei zu schneiden und dürfen vor der Prüfung keiner weiteren mechanischen Beanspruchung unterliegen; sie werden durch Zwischenlagen von Seidenpapier zu einem Paket von 30 mm Höhe abwechselnd so übereinander geschichtet, daß an keiner Stelle eine gegenseitige Berührung eintritt.

§ 10. Apparat zur Verlustbestimmung.

Die Verlustmessung wird mit einem Epstein-Apparat nach dem einfachen Wattmeter- oder Differentialverfahren vorgenommen.

§ 11. Nennung der Verlustzahl.

Die Verlustzahl ist bei den Höchstwerten der magnetischen Induktionen

$$\mathfrak{B}_{max} = \begin{cases} 10\,000 \text{ CGS-Einheiten (Gauß)} \\ 100 \, \frac{\mu V s}{cm^2} \end{cases} \quad \text{als } V_{10}$$

und

$$\mathfrak{B}_{max} = \begin{cases} 15\,000 \text{ CGS-Einheiten (Gauß)} \\ 150 \, \frac{\mu V s}{cm^2} \end{cases} \quad \text{als } V_{15}$$

bei 50 Hz und 20° in W/kg anzugeben.

§ 12. Bestimmung der Alterungszahl.

Die Alterungszahl ist aus einer zweiten Bestimmung der Verlustzahl rechnerisch zu ermitteln, nachdem die Probe durch Erwärmung während 600 h bei einer Temperatur von 100° künstlich gealtert ist.

§ 13. Apparate zur Induktionsbestimmung.

Zur Bestimmung der magnetischen Induktionen wird der Epstein-Apparat nach Gumlich-Rogowski oder das Differentialverfahren nach Siemens & Halske benutzt.

§ 14. Nennung der Magnetisierbarkeit.

Zur Beurteilung der Magnetisierbarkeit ist die Induktion B bei zwei verschiedenen Feldstärken im Eisen und zwar nach Wahl bei zweien der Werte

	25	50	100	300 Aw/cm
als	B_{25}	B_{50}	B_{100}	B_{300}

anzugeben.

(Fortsetzung auf S. 1457.)

(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1456.)

Stützenisolatoren Reihe VHW

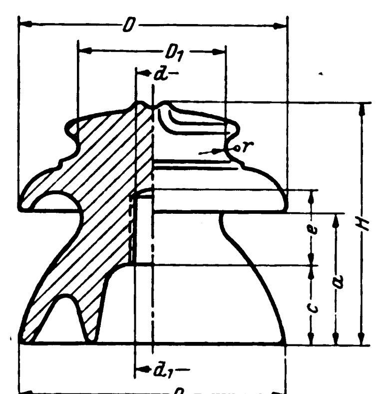
verstärkt
für Starkstrom-Freileitungen
Nennspannungen 0,5 bis 35 kV

Noch nicht endgültig
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 8005

Maße in mm

Glasiert mit Ausnahme des Stützenloches



Bezeichnung eines verstärkten Stützenisolators Reihe VHW für 15 kV Nennspannung:
Stützenisolator VHW 15 VDE 8005

VDE-Bezeichnung	D	D_1	D_2	H	a	c	d	d_1	e		Nennspannung kV nach R. E. H.	Bruchfestigkeit kg mindestens
VHW 10	160	110	160	135	66	30	28	31	55	10	bis 10	1300
VHW 15	180	120	180	155	85	30	28	31	65	10	„ 15	1400
VHW 20	200	120	200	170	95	40	28	32	70	10	„ 20	1500
(VHW 25)	230	125	230	200	120	60	32	36	75	10	„ (25)	1600
VHW 30	270	125	270	240	150	80	38	43	90	10	„ 30	1700
(VHW 35)	300	135	300	270	170	95	40	45	100	10	„ (35)	1800

Die den eingeklammerten Größen zugeordneten Nennspannungen sind in DIN VDE 2 nicht enthalten.

Zulässige Abmaße ± 5%
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Die Stützenisolatoren der Reihe VHW müssen mit einem Ursprungzeichen und der Herstellung-Jahreszahl gestempelt sein.
Innere Durchbildung der Isolatoren, Verbindung der Einzelteile und Gewindeart bleiben den Herstellern überlassen.
Prüfverfahren nach den „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an“ des VDE
Werkstoff: Keramischer Werkstoff nach den Bestimmungen des VDE. Farbe ist bei Bestellung anzugeben.
Isolatorstützen, gerade, siehe DIN VDE 8044, gebogen, siehe DIN VDE 8045.

Oktober 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1458.)

§ 15. Bestimmung der Biegezahl.

Zur Beurteilung der Zähigkeit dient der Umbiegeversuch, bei dem ein in der Walzrichtung entnommener Blechstreifen von 30 mm Breite bei 20° zwischen den Klemmbacken mit einem Rundungshalbmesser von 5 mm um 180° bis zum Bruch hin und her gebogen wird.

§ 16. Toleranzen.

Auf die nach vorstehenden Verfahren ermittelten Werte der Verlust- und Alterungszahlen sowie der magnetischen Induktionen sind keine Abweichungen nach der ungünstigen Seite zulässig.

§ 17. Schiedsprüfungen.

In Zweifelsfällen entscheidet das Ergebnis einer Untersuchung durch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt; wird eine solche nach diesen Bestimmungen gewünscht, so ist dieses in einem Prüfungsantrag ausdrücklich, und zwar unter Hinzufügung der garantierten Verlustzahl V_{10} anzugeben.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär.
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Bekanntmachung.

Es wird hiermit bekanntgegeben, daß die seinerzeit der Firma Elektron-Niedersachsen, Hannover, erteilte Genehmigung zur Benutzung des VDE-Zeichens für Sicherungspatronen (D-System) 10, 15, 20 und 25 A, 500 V zurückgezogen worden ist, da die Kontrollprüfungen wiederholt ein schlechtes Ergebnis hatten.

Betr.: Unberechtigte Verwendung des VDE-Zeichens.

Es befinden sich Sicherungspatronen 35, 50, 60, 80 und 100 A, 500 V mit dem Ursprungszeichen (M) und dem VDE-Zeichen im Handel. Für Erzeugnisse, die das erwähnte Ursprungszeichen tragen, ist jedoch die Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens nicht erteilt worden. Es liegt also ein Mißbrauch dieses Zeichens vor. Vor dem Ankauf solcher Patronen muß also, soweit sie das VDE-Zeichen tragen, gewarnt werden.

(Fortsetzung auf S. 1458.)



(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1457.)

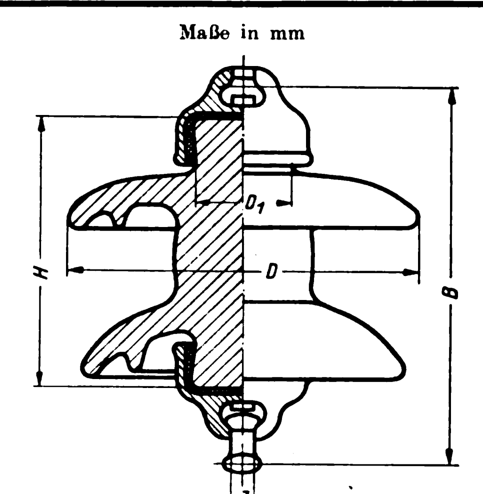
Vollkernisolatoren Reihe MK
für Starkstrom-Freileitungen

Noch nicht endgültig

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 8008

Maße in mm



Bezeichnung eines vollständigen Vollkernisolators Reihe MK, Größe 2:
Vollkernisolator MK 2 VDE 8008

VDE-Bezeichnung	Keramischer Teil			Klöppelpfanne passend zu Klöppel DIN VDE 8060	Baulänge	Bruchlast mindestens	Prüflast kg	
	Höhe *H*	Tellerdurchmesser *D*	Einspannstelle Durchmesser D_1	Nennmaß *d*	*B*	kg	1 m	1 h
MK 1	140	170	50	11	205	3000	1700	2000
MK 2	170	200	60	11	230	3500	1700	2000
MK 3	160	220	65	16	240	5000	3000	3500
MK 4	150	230	65	16	230	5000	3000	3500
MK 5	220	280	75	16	310	7000	3800	4500
MK 6	210	250	85	16	300	8500	4300	5000
MK 7	210	280	85	16	300	8500	4300	5000

Zulässige Abmaße ± 5%
Fehlende Maße sind freie Konstruktionsmaße.
Innere Durchbildung der Isolatoren und Verbindung der Einzelteile bleiben den Herstellern überlassen.
Werkstoff: Keramischer Teil nach den Bestimmungen des VDE
Anschlußmaße für Klöppelbolzen und -pfannen nach DIN VDE 8060
Farbe ist bei Bestellung anzugeben.

Oktober 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1459.)

Das vorher erwähnte Ursprungszeichen ist nicht mit dem ähnlichen Zeichen zu verwechseln. Die Firma, welche das zuletzt angegebene Zeichen führt, besitzt für verschiedene Ausführungen ihrer Sicherungen die Prüfzeichengenehmigung.

Prüfstelle des Verbandes deutscher Elektrotechniker
Zimmermann.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Bekanntmachung.

Der Elektrotechnische Verein beabsichtigt, aus Anlaß seines bevorstehenden 50jährigen Bestehens eine Festschrift herauszugeben. In dieser sollen auch die im Weltkriege gefallenen Mitglieder des Vereins ehrenvoll genannt werden. Da der Geschäftsführung seinerzeit leider nicht alle gefallenen Mitglieder bekannt geworden sind, bitten wir unsere Mitglieder, in ihren Kreisen gefälligst nähere Ermittelungen vorzunehmen und uns die Namen der Betreffenden unter möglichster Angabe des Todesjahres und des Aufenthaltsortes bei Beginn des Krieges mitzuteilen. Für jede einzelne Mitteilung ist die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins dankbar.

Vorläufige Anzeige.

Der Elektrotechnische Verein wird in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin im kommenden Winter eine Vortragsreihe über:

„Funktionentheorie und ihre Anwendung in der Technik"

veranstalten. Die Vortragsreihe wird aus einem mathematischen, die Grundlagen der Theorie umfassenden Teile und einem technischen, die wichtigsten Anwendungen behandelnden Teile bestehen.

Beginn: Ende Oktober, Ende: Mitte März.
Zeit: Montags 18½ ... 20 Uhr.
Ort: Hörsaal Nr. 141 der Technischen Hochschule zu Berlin.

(Fortsetzung auf S. 1460.)



(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1458.)

Noch nicht endgültig

Isolatorstützen

gerade

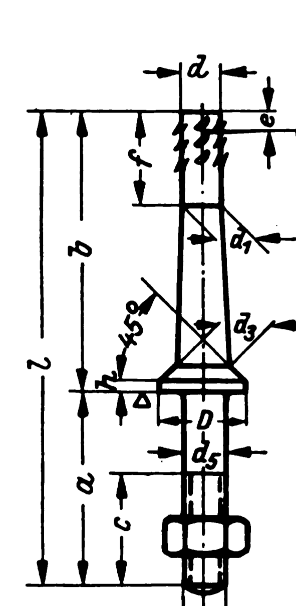
für Stützenisolatoren Reihe HD nach DIN VDE 8002

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 8040

Maße in mm

Form I Form II Form III



Bezeichnung einer geraden Isolatorstütze HDS 6/20 B mit Mutter für einen Isolator HD 20:
Isolatorstütze HDS 6/20 B VDE 8040

VDE-Bezeichnung	Form	a	b	c	D [2]	d	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5 [4]	e	f	g	h	l	Zulässiger Zug P in kg [3]	Für Stützen-isolator
HDS 6a [1]	I	105		65	40		—	—	—	7/8″	22		—	—	4	255	130	
HDS 6b [1]	II	105	150	65	45	22	23	—	29	7/8″	22	10	50	—	5	255	300	HD 6
HDS 6c [1]	III	135		75	55		25	30	36	1 1/8″	28,5		50	20	6	285	600	
HDS 6/10a [1]	I	105	175	65	40	22	—	—	—	7/8″	22	10	—	—	4	280	105	HD 6 u. 10
HDS 6/20A	I	105		65	40	25	—	—	—	1″	25,5		—	—	4	355	110	
HDS 6/20 B	II	135	250	75	55	24	25	—	33	1″	25,5	12	65	—	6	385	300	HD 6, 10, 15 u. 20
HDS 6/20 C	III	170		80	60	24	27	35	44	1 3/8″	35		65	30	6	420	600	
HDS 25 A	I	135		65	45		—	—	—	1 1/8″	28,5		—	—	5	420	135	
HDS 25 B	II	135	285	65	60	28	28	—	37	1 1/8″	28,5	18	85	—	6	420	300	HD 25
HDS 25 C	III	170		80	65		28	38	46	1 3/8″	35		80	60	6	455	600	
HDS 30 A	I	135		65	50		—	—	—	1 1/4″	32		—	—	5	460	175	
HDS 30 B	II	135	325	65	55	32	32	—	39	1 1/4″	32	25	90	—	6	460	300	HD 30
HDS 30 C	III	170		80	65		32	39	48	1 1/2″	38		90	50	7	495	600	
HDS 35 A	I	150		65	55		—	—	—	1 3/8″	35		—	—	6	505	210	
HDS 35 B	II	150	355	65	70	35	35	—	50	1 1/2″	38	20	95	—	7	505	600	HD 35
HDS 35 C	III	170		80	90		38	52	63	1 7/8″	48		95	75	9	525	1120	

[1] Nicht zulässig auf nicht geerdeten Konsolen. — [2] Der Bund darf nicht aufgeschweißt, sondern muß aus dem vollen Eisen angestaucht werden. Die Bundunterfläche muß rechtwinklig zur Stützenachse liegen. — [3] Eine Beanspruchung von 1600 kg/cm² vorausgesetzt. — [4] Zulässige Abweichung + 0,5.

Ausführung: roh (mit Ausnahme der bearbeiteten Bundunterflächen bei den Stützen Form II u. III) mit Rostschutzanstrich

Gewinde: Whitworth nach DIN 11

Werkstoff: Flußstahl St. 37. 11

Rohe Sechskantmuttern aus Flußstahl nach DIN 428

Oktober 1929. Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1460.)

(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1159.)

Noch nicht endgültig

Isolatorstützen

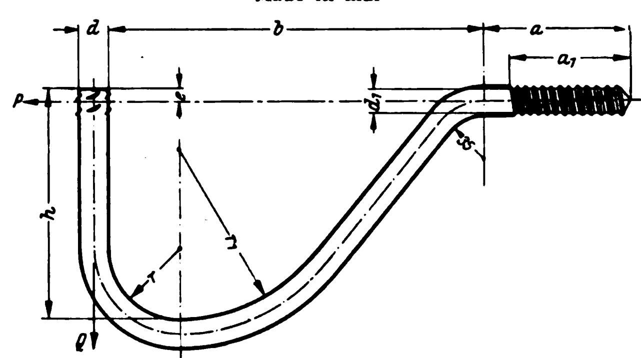
gebogen

für Stützenisolatoren Reihe HD nach DIN VDE 8002

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 8041

Maße in mm



Bezeichnung einer gebogenen Isolatorstütze HDS 20 E für einen Isolator HD 20:

Isolatorstütze HDS 20 E VDE 8041

VDE-Bezeichnung	a	a_1	b	d	d_1	e	h	r	r_1	Zulässiger Zug in kg²) P	Q	Für Stützenisolator
HDS 6e¹)	120	100	310	22	17	10	150	45	95	112	52	HD 6
HDS 6/15 E	120	100	310	25	20	11	210	60	140	115	76	HD 6, 10 u. 15
HDS 20 E	120	100	310	25	20	14	250	80	155	100	76	HD 20
HDS 25 E	120	100	350	26	21	18	285	80	180	100	76	HD 25

¹) Nur zulässig bei nicht geerdeten Konsolen.
²) Eine Beanspruchung von 1600 kg/cm² vorausgesetzt.

Ausführung: roh mit Rostschutzanstrich
Gewinde: Holzschraubengewinde
Werkstoff: Flußstahl St 37.11

Oktober 1929 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1461.)

Voraussichtlicher Preis für sämtliche Vorträge:
für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins . . 16 RM
für deutsche Studenten . . . . 8 „
für andere Teilnehmer . . . . 24 „

Die näheren Festsetzungen werden rechtzeitig bekanntgegeben werden.

Bekanntmachung.

Der Elektrotechnische Verein hat in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin im Winter 1927/28 eine

Vortragsreihe über das Gebiet der Relais- und Schutzschaltungen

veranstaltet.

Die Vortragsreihe war entsprechend der Bedeutung des Themas sehr stark besucht. Bei ihrer Veranstaltung wurde bereits beschlossen, die sehr wertvollen Vorträge durch Drucklegung festzuhalten. Sie sind jetzt, herausgegeben von Herrn Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. Reinhold Rüdenberg im Verlag von Julius Springer in Berlin erschienen und stellen in ihrem Aufbau einen systematischen Lehrgang der Relaisschutztechnik dar. Die neuesten Schaltungen und Konstruktionen sind noch während der Drucklegung berücksichtigt worden, so daß die Veröffentlichung dem heutigen Stande der Praxis voll entspricht. Nähere Auskunft über Inhalt, Umfang und Ausstattung des Werkes gibt die Verlagsbuchhandlung Julius Springer.

Wir machen unsere Mitglieder besonders darauf aufmerksam, daß sie nach vertraglicher Abmachung des Elektrotechnischen Vereins mit der Verlagsbuchhandlung berechtigt sind, die Vorträge direkt vom Verlag zu einem Vorzugspreise von 19,15 RM (statt 25,50 RM) zu beziehen.

Nachtrag

zum Sitzungsbericht vom 8. I. 1929¹.

Besprechung des Vortrags²

des Herrn Dr. Adolph, Direktor und Vorstandsmitglied der Berliner Städtische Elektrizitätswerke A. G.

über

„Amerikanische Elektrizitätswirtschaft".

Vorsitz: Herr Präsident Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner.

Herr **Bloch:** Ich glaube, es würde uns interessieren, wenn wir von Breslau erfahren könnten, wie der Vortrag dort verstanden und aufgenommen worden ist.

Vorsitzender: Vielleicht haben Sie, meine Herren in Breslau, die Güte, uns zu sagen, ob Sie alles gut verstanden haben und ob es mit den Lichtbildern so gut funktioniert hat wie bei uns.

Herr **Lasch,** Breslau: Wir haben hier außerordentlich gut verstanden und danken dem Elektrotechnischen Verein und auch der BEWAG dafür, daß sie uns Herrn Dipl.-Ing. PETERS hierher gesandt hat, der in wunderbarer Weise uns die Lichtbilder vorgeführt hat. — Zu dem Vortrag selbst möchte ich erwähnen, daß wir in Breslau und in Schlesien überhaupt bezüglich der Verbreitung der elektrischen Beleuchtung noch wesentlich hinter dem zurückstehen, was in Berlin auf diesem Gebiete schon erreicht worden ist. Der Rückschlag in Schlesien ist durch die schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse und dadurch begründet, daß wir in der Ausgestaltung unserer Tarife nicht frei sind, ein Übelstand, der sich bei vielen anderen Gemeinden auch geltend macht. Die Städte sind heute dar-

(Fortsetzung auf S. 1462.)

¹ ETZ 1929, S. 174.
² S. 1429 dieses Heftes.

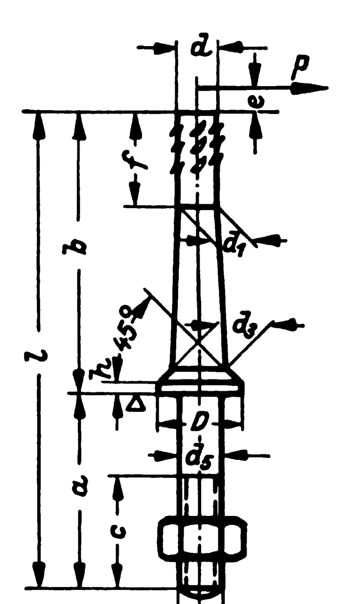
(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1460.)

Isolatorstützen gerade für Stützenisolatoren Reihe HW nach DIN VDE 8003 Noch nicht endgültig Elektrotechnik	**DIN** Entwurf 1 VDE 8042

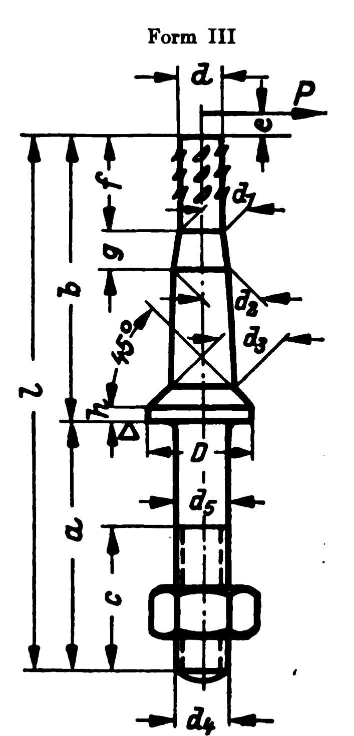
Maße in mm

Form I

Form II



Form III



Bezeichnung einer geraden Isolatorstütze HWS 20 B mit Mutter für einen Isolator HW 20:
Isolatorstütze HWS 20 B VDE 8042

VDE-Bezeichnung	Form	a	b	c	D [2])	d	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5 [4])	e	f	g	h	l	Zulässiger Zug P in kg [3])	Für Stützen-isolator
HWS 6/10a [1])	I	100		40	35		—	—	—	3/4″	19		—	—	4	215	230	
HWS 6/10b [1])	II	105	115	45	45	25	25	—	28	7/8″	22	2	45	—	5	220	300	HW 6 u. 10
HWS 6/10c [1])	II	105		45	55		27	—	35	1″	25,5		45	—	6	220	600	
HWS 6/15A	I	105		65	40		—	—	—	1″	25,5		—	—	4	305	125	
HWS 6/15 B	II	135	200	75	55	25	25	—	34	1″	25,5	5	55	—	6	335	300	HW 6, 10 u. 15
HWS 6/15C	III	150		75	60		28	35	42	1 1/4″	32		55	38	6	350	600	
HWS 20 A	I	135		65	45		—	—	—	1 1/8″	28,5		—	—	5	360	140	
HWS 20 B	II	135	225	65	55	28	28	—	37	1 1/8″	28,5	10	65	—	6	360	300	HW 20
HWS 20 C	III	170		80	65		31	40	46	1 3/8″	35		65	58	7	395	600	
HWS 25 A	I	150		75	50		—	—	—	1 1/4″	32		—	—	5	400	182	
HWS 25 B	II	135	250	65	60	32	32	—	38	1 1/8″	28,5	17	75	—	6	385	300	HW 25
HWS 25 C	III	170		80	65		33	40	46	1 3/8″	35		75	58	7	420	600	
HWS 30 A	I	150		75	50	32	—	—	—	1 1/4″	32		—	—	5	425	160	
HWS 30 B	II	150	275	75	35	32	32	—	40	1 1/4″	32	25	85	—	6	425	300	HW 30
HWS 30 C	III	170		80	70	35	35	42	48	1 3/8″	35		85	60	7	445	600	
HWS 35 A	I	170		80	55	35	—	—	—	1 3/8″	35		—	—	6	475	210	
HWS 35 B	II	170	305	80	70	38	38	—	50	1 1/2″	38	30	95	—	7	475	600	HW 35
HWS 35 C	III	170		80	85	38	41	52	58	1 3/4″	44,5		95	80	9	475	840	

[1]) Nur zulässig auf nicht geerdeten Konsolen.
[2]) Der Bund darf nicht aufgeschweißt, sondern muß aus dem vollen Eisen angestaucht werden. Die Bundunterfläche muß rechtwinklig zur Stützenachse liegen.
[3]) Eine Beanspruchung von 1600 kg/cm² vorausgesetzt.
[4]) Zulässige Abweichung + 0,5.

Ausführung: roh (mit Ausnahme der bearbeiteten Bundunterflächen bei den Stützen Form II u. III) mit Rostschutzanstrich
Gewinde: Whitworth nach DIN 11
Werkstoff: Flußstahl St 37. 11
Rohe Sechskantmuttern aus Flußstahl nach DIN 428

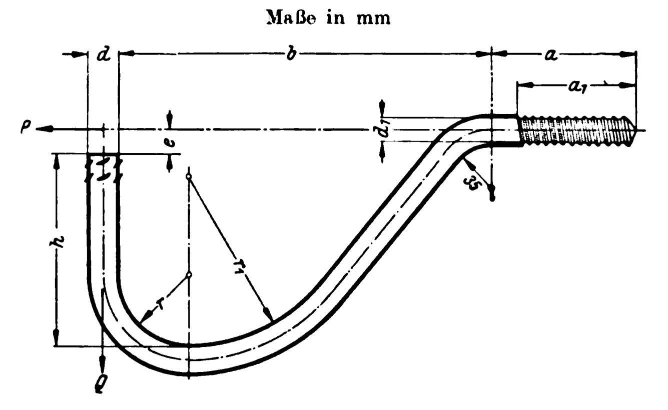
Oktober 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1462.)

(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1461.)

Isolatorstützen gebogen für Stützenisolatoren Reihe HW nach DIN VDE 8003 — Noch nicht endgültig — Elektrotechnik	DIN Entwurf 1 VDE 8043

Maße in mm



Bezeichnung einer gebogenen Isolatorstütze HWS 20 E für einen Isolator HW 20:
Isolatorstütze HWS 20 E VDE 8043

VDE-Bezeichnung	a	a_1	b	d	d_1	e	h		r_1	Zulässiger Zug in kg [2] P	Zulässiger Zug in kg [2] Q	Für Stützenisolator
HWS 6/10e [1])	120	100	310	22	17	3	115	41	100	130	52	HW 6 u. 10
HWS 6/15 E	120	100	310	25	20	8	190	57,5	140	116	77	HW 6, 10 u. 15
HWS 20 E	120	100	310	25	20	8	230	77,5	155	98	77	HW 20
HWS 25 E	140	120	350	28	23	17	250	100	150	124	96	HW 25

[1]) Nur zulässig auf nicht geerdeten Konsolen.
[2]) Eine Beanspruchung von 1600 kg/cm² vorausgesetzt.

Ausführung: roh mit Rostschutzanstrich
Gewinde: Holzschraubengewinde
Werkstoff: Flußstahl St. 37. 11

Oktober 1929 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1463.)

auf angewiesen, möglichst viele Einnahmen aus den Elektrizitätswerken zu ziehen, und schreiben häufig genug Tarife vor, die der weiteren Verbreitung der Elektrizität nicht förderlich sind. Außerdem müssen wir darauf bedacht sein, keine Tarife einzuführen, die eine Erhöhung der Spitzen zur Folge haben könnten. Wenigstens muß diese Erhöhung der Spitzen nur in einem langsamen Tempo vor sich gehen. Denn bei der Schwierigkeit für die Städte, Kapitalien aufzunehmen, ihre Werke zu vergrößern und ihre Anlagenwerte zu erhöhen, muß mit äußerster Sorgfalt darauf geachtet werden, daß die Spitzen keine unzulässige Steigerung annehmen. Aus diesem Grunde geht die Entwicklung bei uns langsamer vor sich.

Wir haben aus dem Vortrag mit großer Freude entnommen, daß sich Berlin durch die Tätigkeit der BEWAG schon sehr den amerikanischen Verhältnissen nähert. Wir hoffen, daß auch Breslau bald in der Lage sein wird, wenn auch etwas langsamer, die Verbreitung der Elektrizität zu fördern. (Beifall.)

Herr **Kühnert,** Breslau: Meine Damen und Herren! Ich habe nicht den Vorzug gehabt, die Elektrizitätswirtschaft in den Vereinigten Staaten durch persönliche Studien in diesem Lande selbst kennenzulernen. Meine folgenden Ausführungen stützen sich daher auf ein eingehendes Studium der einschlägigen Literatur, auf Aussprachen mit Herren, die lange Zeit in der amerikanischen Elektrizitätswirtschaft tätig waren, und auf Unterredungen mit amerikanischen Elektrizitätswirtschaftlern anläßlich der Weltkraftkonferenz in Basel.

Wie aus naheliegenden Gründen begreiflich ist, haben die Berliner Herren in den Vereinigten Staaten in der Hauptsache die städtischen oder vielleicht besser gesagt: die großstädtischen Verhältnisse der Elektrizitätswirtschaft studiert. Auf Grund dieser Studien kommen sie zu der Auffassung, daß die amerikanische Elektrizitätswirtschaft der deutschen um eine Reihe von Jahren voraus ist. Dieses ganz allgemein gefaßte Urteil kann ich nicht ohne weiteres anerkennen. Es mag zutreffen, daß die Amerikaner uns in der städtischen Elektrizitätswirtschaft voraus sind, keineswegs aber in der Überlandzentralenwirtschaft. In der „Elektrizitätsverwertung", Jahrg. 2, vom Januar 1928 befinden sich Ausführungen nach dem Index der New York Trust Co, in denen folgendes wörtlich zu lesen ist:

„Interessant ist, daß noch 95 % der 6,5 Mill amerikanischer Farmen ohne elektrischen Anschluß sind. Doch hofft man auf eine baldige allgemeine Elektrisierung der amerikanischen Landwirtschaft durch Schaffung neuer großer Überlandzentralen als Ersatz für kleine örtliche Anlagen."

Es ist nicht zu hoch geschätzt, wenn ich angebe, daß in Deutschland wohl 90 % aller ländlichen Besitzungen einen elektrischen Anschluß haben. Soweit ich unterrichtet bin, geben die Amerikaner ohne weiteres zu, daß sie auf dem Gebiete der Überlandzentralen erst am Anfang der Entwicklung stehen, und wie ich hörte, sollen sie sehr interessiert sein an den deutschen Veröffentlichungen in bezug auf die Elektrizitäts-Überlandversorgung anläßlich der Weltkraftkonferenz in Berlin im Jahre 1930.

Auch in der ETZ ist ein Aufsatz enthalten mit der Überschrift „Elektrische Arbeit in der amerikanischen Landwirtschaft"[3]. Man ist jetzt anscheinend gewillt, in den Vereinigten Staaten die Überlandversorgung ernstlich in Angriff zu nehmen, obwohl dort dafür wegen der dünnen Besiedlung des Landes die Verhältnisse sehr viel ungünstiger liegen als in Deutschland. Ich kann auch der Auffassung der Berliner Herren nicht beipflichten, daß die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft in Deutschland durch die Inflation ganz allgemein gehemmt war. Es ist im Gegenteil der Ausbau sehr vieler Überlandzentralen durch die Inflation gefördert worden. Als die Landbevölkerung merkte, daß das in vielen Generationen mühsam zusammengesparte Barkapital durch die Inflation immer mehr an Wert verlor, entschloß sie sich, mit diesem schon

[3] Reutter, ETZ 1928, S. 1841.

(Fortsetzung auf S. 1463.)



(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1462.)

Noch nicht endgültig

Isolatorstützen

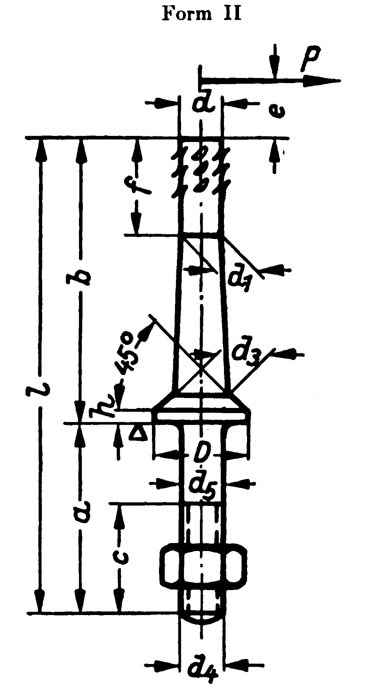
gerade und gerade verstärkt
für Stützenisolatoren der Reihen VHD u. VHW nach DIN VDE 8004 u. 8005

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 8044

Maße in mm

Form I Form II



Bezeichnung einer geraden verstärkten Isolatorstütze VHS 20 B mit Mutter für einen Isolator VHD 20:
Isolatorstütze VHS 20 B VDE 8044

VDE-Bezeichnung	Form	a	b	c	D [2]	d	d_1	d_3	d_4	d_5 [4]	f	h	l	Zulässiger Zug für Reihe VHD e	VHD P [3]	VHW e	VHW P [3]	Für Stützen-isolator
VHS 10a [1]	I	105	150	65	40	22	—	—	7/8″	22	—	4	255	27	102	20	106	VHD VHW 10
VHS 10/15A	I	105	170	65	40	25	—	—	1″	25,5	—	4	275	40	124	30	130	VHD VHW 10 u. 15
VHS 10/15B	II	135		75	50		26	34	1″	25,5	57	5	305	40	300	30	300	
VHS 20 A	I	105	205	65	40	25	—	—	1″	25,5	—	4	310	43	105	30	110	VHD VHW 20
VHS 20 B	II	135		75	55		27	36	1″	25,5	62	6	340	43	300	30	300	
VHS 25 A	I	135	230	65	45	28	—	—	1⅛″	28,5	—	5	365	50	130	37	135	VHD VHW 25
VHS 25 B	II				60		29	37	1⅛″	28,5	70	6	365	50	300	37	300	
VHS 30 A	I	135	280	65	50	32	—	—	1¼″	32	—	5	415	50	163	35	170	VHD VHW 30
VHS 30 B	II				55		32	40	1¼″	32	85	6	415	50	300	35	300	
VHS 35 A	I	150	320	65	55	35	—	—	1⅜″	35	—	6	470	55	187	42	195	VHD VHW 35
VHS 35 B	II				80		38	52	1½″	38	90	8	470	55	600	42	600	

[1] Nur zulässig auf nicht geerdeten Konsolen.
[2] Der Bund darf nicht aufgeschweißt, sondern muß aus dem vollen Eisen angestaucht werden. Die Bundunterfläche muß rechtwinklig zur Stützenachse liegen.
[3] Eine Beanspruchung von 1600 kg/cm² vorausgesetzt.
[4] Zulässige Abweichung + 0,5.

Ausführung: roh (mit Ausnahme der bearbeiteten Bundunterfläche bei den Stützen Form II) mit Rostschutzanstrich
Gewinde: Whitworth nach DIN 11
Werkstoff: Flußstahl St 37. 11
Rohe Sechskantmuttern aus Flußstahl nach DIN 428

Oktober 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe auf S. 1464.)

entwerteten Gelde und den geringwertigen Zetteln, die man in der Inflationszeit in Deutschland Geld nannte, wenigstens die Annehmlichkeit einer elektrischen Anlage für ihren Betrieb zu schaffen. Dadurch besitzt sie jetzt in ihrem schweren Wirtschaftskampf die Möglichkeit, ihre Betriebe zu rationalisieren.

Eine sehr schwierige Frage bei der Errichtung von Überlandzentralen ist die Festsetzung der Strompreise. Bei den in Deutschland etwas günstiger liegenden ländlichen Verhältnissen hat der Wagemut der Privatwirtschaft den ersten Ausbau solcher Anlagen ermöglicht. Als sich erwies, daß derartige Werke bestehen können, hat sich auch die öffentliche Hand dafür interessiert. Die ersten deutschen Überlandwerke genossen keinen behördlichen Schutz wie in Amerika, sie mußten sich vielmehr im freien Spiel der Kräfte durchsetzen. In Amerika bestehen, wie auch Herr Dr. NISSEL erwähnte, behördliche Kommissionen, die die Elektrizitätspreise regeln, und diese Kommissionen wahren sowohl die Belange der Stromabnehmer als auch die der liefernden Werke. Die letzteren sollen sich dabei gar nicht schlecht stehen. Im all-

(Fortsetzung auf S. 1464.)

(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1463.)

Noch nicht endgültig

Isolatorstützen

gebogen

für Stützenisolatoren der Reihen VHD u. VHW nach DIN VDE 8004 u. 8005

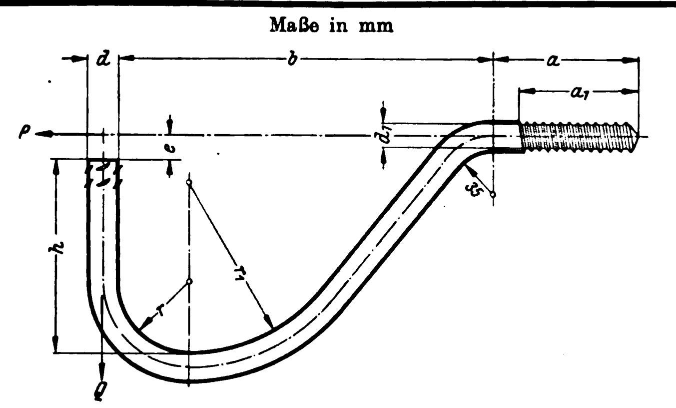
Elektrotechnik

DIN

Entwurf 1

VDE 8045

Maße in mm



Bezeichnung einer gebogenen Isolatorstütze VHS 20 E für einen Isolator VHW 20:
Isolatorstütze VHS 20 E VDE 8045

VDE-Bezeichnung	a	a_1	b	d	d_1	e	h	r	r_1	Zulässiger Zug in kg [2]) P	Q	Für Stützenisolator
VHS 10/15e[1])	120	100	310	25	20	30	150	57	140	125	76	VHD VHW 10 u. 15
VHS 15 E	120	100	310	25	20	30	170	60	140	115	76	VHD VHW 15
VHS 20 E	120	100	310	25	20	35	200	80	155	100	76	VHD VHW 20
VHS 25 E	120	100	350	26	21	40	230	80	180	95	76	VHD VHW 25

[1]) Nur zulässig auf nicht geerdeten Konsolen. — [2]) Eine Beanspruchung von 1600 kg/cm² vorausgesetzt.

Ausführung: roh mit Rostschutzanstrich
Gewinde: Holzschraubengewinde
Werkstoff: Flußstahl St 37. 11

Oktober 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.

gemeinen sind die Tarife so gehalten, daß jeder Elektrizitätsabnehmer gezwungen ist, in einer bestimmten Zeit eine bestimmte Menge elektrischer Arbeit abzunehmen. Diese garantierte Stromabnahme wird zu einem solchen Preise geliefert, daß eine Verzinsung und Abschreibung der Kapitalaufwendungen des Elektrizitätswerkes sichergestellt ist. Der Mehrverbrauch an elektrischer Arbeit wird wesentlich billiger geliefert.

Diese Gedankengänge sind keineswegs neu; sie sind in Deutschland vereinzelt schon vor rd. 25 Jahren zur Anwendung gekommen. Bei uns fehlt nur die behördliche Unterstützung zur Zwangseinführung solcher Tarife für diejenigen Elektrizitätswerke, die keine Tarifhoheit besitzen. In dem bereits erwähnten Aufsatz in der ETZ steht wörtlich folgendes:

„Das Streben der staatlichen Kommissionen, die die Stromtarife regulieren, ist dahin gerichtet, Preise zu schaffen, die die Landwirte bezahlen können und die doch den Kraftgesellschaften den nötigen Nutzen lassen. In den meisten Fällen denkt der Landwirt nur an Licht und kleines Haushaltsgerät, wie Bügeleisen, Staubsauger usw. Das genügt aber meist nicht, um kostspielige Leitungen und Transformatoren zu rechtfertigen."

Aus diesem Grunde werden angemessene Stromabnahmeverpflichtungen gefordert. Der vorsichtige amerikanische Geschäftsmann legt sein Geld nur dort an, wo eine angemessene Rente mit einer ziemlichen Sicherheit gewährleistet ist. Es ist zweifellos ein großes Verdienst der deutschen privaten Elektrizitätswirtschaft, daß sie schon sehr frühzeitig aus eigener Kraft ohne behördliche Unterstützung die Überlandzentralenwirtschaft erfolgreich aufgenommen hat. Wenn in den V. S. Amerika die städtische Elektrizitätswirtschaft der deutschen städtischen Elektrizitätswirtschaft voraus ist, so ist in bezug auf die Überlandzentralen der umgekehrte Fall zu verzeichnen. Der gegenseitige Gedankenaustausch ist daher von sehr großem Wert; er sollte nach meiner Meinung noch immer intensiver gestaltet werden. (Lebhafter Beifall.)

Herr **Schüler**: Meine Herren! Ich glaube, es ist Ehrensache, daß wir die Diskussion nicht nur den Breslauern überlassen. (Heiterkeit in Breslau.) Ich möchte mir deshalb eine kurze Bemerkung gestatten, wengleich sie nur eine Kleinigkeit berührt, die mir beim Vortrag aufgefallen ist. Wir sind ja gewohnt, daß der Fortschritt aus Amerika kommt, und hören ehrfürchtig zu, wenn uns etwas Neues aus Amerika erzählt wird. Aber in vielen Fällen finden wir, daß das, was aus Amerika neu zu uns kommt, schon viel früher in Europa und besonders in Deutschland bekannt war. Der Herr Vortragende sprach zum Beispiel von den Synchronuhren, die in den amerikanischen Elektrizitätswerken verwendet werden. Solche Uhren werden ja bei uns jetzt auch verwendet, aber es wird wohl den wenigsten Herren bekannt sein, daß schon bei dem ältesten deutschen Wechselstrom-Elektrizitätswerk, nämlich dem in Köln, das, wenn ich mich nicht irre, im Jahre 1888 oder 1889 in Betrieb gekommen ist, solche kleinen Synchronmotoren als Uhren verwendet wurden. Wie sie sich damals bewährt haben, weiß ich allerdings nicht, aber in der Literatur findet man Beschreibungen dieser Uhren.

Dann sprach der Herr Vortragende davon, daß eine bei uns ganz unbekannte Schaltung, die sogenannte „Edison"-Schaltung bei Transformatoren verwendet wird. Gemeint ist natürlich die bekannte Dreileiter-Schaltung, die allerdings bei uns nur bei Gleichstrom üblich ist, während sie in Amerika auch für Wechselstrom verwendet wird. Aber auch für Wechselstrom ist sie bei uns nicht unbekannt; sie wurde ebenfalls in dem schon erwähnten Kölner Elektrizitätswerk verwendet. Die Transformatoren wurden dort für $2 \times 36 = 72$ V gebaut. Die Bogenlampen wur-

den an den Nulleiter und die Glühlampen an die Außenleiter angeschlossen. (Beifall.)

Herr **Schlieper:** Wir haben aus dem Vortrag gehört, daß das Verhältnis zwischen dem Erzeuger, also dem Kraftwerk, und dem Abnehmer in Amerika sehr eng ist und mit allen Mitteln gefördert werden sollte, was auch ziemlich gut geglückt ist. Ich erinnere an die Störungskolonne und den Besuch aller Haushaltungen in zweijährigen Abständen. Außerdem hat man in der Literatur in Deutschland gelesen, daß ein enges Verhältnis dadurch erreicht wird, daß nicht nur an die Angestellten der Elektrizitätsgesellschaften sondern auch an die Haushaltungen Aktien zu besonders guten Bedingungen abgegeben werden. Ich möchte gern über diese Aktion der amerikanischen Elektrizitätswerke etwas hören, weil ich das gerade für unsere deutschen Verhältnisse für außerordentlich wertvoll halte.

Herr **Bloch:** Der Herr Vortragende hat in seinem Vortrag auch die Straßenbeleuchtung erwähnt und darauf hingewiesen, daß in Amerika die Straßenbeleuchtung heute fast ausschließlich durch gasgefüllte Metalldrahtlampen bewirkt wird. Ich möchte diese schöne Gelegenheit, wo wir uns mit unseren Fachgenossen in Breslau zum ersten Male durch den Draht unterhalten können, nicht vorübergehen lassen, ohne daran zu erinnern, daß es gerade in Breslau bei der Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker im Jahre 1913 gewesen ist, wo zum ersten Male die Nachricht von der Erfindung und Einführung der gasgefüllten Lampe der Öffentlichkeit bekanntgegeben wurde. Es war damals ein interessanter Wettstreit, der noch hinter den Kulissen sich abspielte. Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft und die Auergesellschaft waren beide gerade soweit gekommen, daß sie ihre gasgefüllten Metalldrahtlampen zum Herausbringen fertig hatten, und jeder wollte zuerst diese Nachricht auf dem Verbandstag in Breslau verkündigen. Herr Dr. SALOMON von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft und Herr Direktor REMANE von der Auergesellschaft konnten damals beide in Breslau über diesen neuen Fortschritt berichten. Die Zuhörer beim Breslauer Verbandstag — viele von ihnen sind vielleicht auch heute in der Sitzung in Breslau und hier versammelt — hatten damals wohl kaum eine Ahnung davon, welche epochemachende Erfindung auf dem Gebiete der Beleuchtung durch die gasgefüllte Metalldrahtlampe erreicht wurde. Ja, selbst die bei den Versuchen zur Ausbildung dieser Lampe unmittelbar Beteiligten konnten die volle Tragweite dieses Fortschrittes damals kaum ermessen. Deshalb erscheint es wohl angebracht, daß ich heute bei dieser guten Gelegenheit darauf hinweise, daß nunmehr sowohl in Amerika als auch bei uns die gasgefüllte Metalldrahtlampe sich so gut wie alle Anwendungsgebiete der Beleuchtungstechnik erobert hat. In Ergänzung des Vortrags des Herrn Dr. ADOLPH, der uns von Herrn Dr. NISSEL so schön vorgeführt worden ist, möchte ich noch auf ein Anwendungsgebiet für die gasgefüllte Metalldrahtlampe hinweisen, das ihr lange Zeit fast ganz verschlossen erschien, aber gerade jetzt doch noch für die Gasfüllungslampe erobert wurde. Es betrifft ihre Verwendung für Kinoaufnahmen in den Filmateliers, in denen bisher hierfür fast ausschließlich Bogenlampen und Quecksilberlampen benutzt wurden. Gerade das rasche Fortschreiten der gasgefüllten Metalldrahtlampe auf diesem Gebiete war eine besondere Überraschung für mich bei meinem Aufenthalt in Amerika, als ich zugleich mit Herrn Dr. ADOLPH und Herrn Dr. NISSEL aus Anlaß des Internationalen Beleuchtungs-Kongresses dort weilte. Während auf allen anderen Gebieten der Beleuchtung die Entwicklung sich in den letzten Jahren in Amerika nicht viel anders als bei uns vollzogen hatte, war gerade auf diesem Gebiete ein besonders rascher Umschwung drüben festzustellen. Auch wir hatten in Deutschland kurz zuvor die ersten Filme mit Glühlampenbeleuchtung entstehen sehen, befinden uns aber noch im Anfang dieser Entwicklung. Um so mehr überraschte es, zu hören, daß in Amerika im Laufe des letzten Jahres schon über die Hälfte der recht zahlreichen und großen Filmateliers zur Filmaufnahme mit gasgefüllten Metalldrahtlampen übergegangen waren. Besonders interessant war es, festzustellen, wie die Amerikaner diesen Entwicklungsgang zu beschleunigen verstanden. Alle Interessenten, sowohl die Filmleute als auch die Fabrikanten der Lampen und der Beleuchtungsarmaturen, hatten zusammengewirkt und eine Studienkommission gebildet, die alle mit dieser Neuerung zusammenhängenden Fragen mehrere Wochen lang in Hollywood gründlich studierte, erörterte und ausprobierte. Als Erfolg dieser Studien und der hierfür aufgewandten erheblichen Mittel an Zeit und Geld ergab sich die rasche Einführung der gasgefüllten Metalldrahtlampe in das ihr bisher noch verschlossene Gebiet der Filmateliers. Wenn auch die Zahl der hier benutzten Lampen nicht sehr bedeutend ist im Vergleich zu der Gesamtzahl auf den heute so vielseitigen Anwendungsgebieten, so ist der von den Amerikanern hier erzielte Erfolg doch ein recht bezeichnendes Beispiel dafür, wie man drüben durch eine wohl organisierte Zusammenarbeit es versteht, eine Sache, von der man sich Erfolg verspricht, auch wirklich durchzusetzen und in kurzer Zeit in die Praxis einzuführen. Auch wir haben ja in dieser Hinsicht schon viel erreicht, aber wir können meines Erachtens gerade in der Organisation und Durchführung der Zusammenarbeit aller beteiligten Kreise eines Fachgebietes doch noch manches von den Amerikanern lernen. (Lebhafter Beifall.)

Vorsitzender: Wünscht jemand noch einmal das Wort zur Diskussion? — Das scheint in Berlin nicht der Fall zu sein. — In Breslau auch nicht. — Dann darf ich Herrn Dr. NISSEL das Schlußwort erteilen.

Herr **Nissel:** Es ist hier noch eine schriftliche Anfrage aus dem Kreise der Zuhörer eingelaufen, die ich vorweg beantworten möchte, u. zw. wird nach dem Ratenzahlungssystem in Amerika gefragt. Hierzu ist folgendes zu sagen: Der Amerikaner verdient ja im allgemeinen besser als der Deutsche und schafft sich demzufolge auch mehr an. Es wird aber in Amerika fast alles auf Ratenzahlung gekauft, angefangen von den Gegenständen des täglichen Bedarfs über die elektrischen Geräte und Autos bis zu den Wohnhäusern. Der Amerikaner setzt daher schon beinahe einen bestimmten Betrag von seinem Einkommen für solche Anschaffungen ein. In Deutschland geht man nun nicht gern bei kleinen Gegenständen über Raten von sechs bis acht Monaten hinaus, weil man den deutschen Verbraucher, der oft Schwierigkeiten hat, diese Beträge zu bezahlen, nicht auf zu lange Zeit belasten möchte. In Amerika jedoch, wo das Einkommen erstens höher und zweitens sicherer ist, sind Monatsraten von 12, 15 und sogar 24 Monaten keine Seltenheit. Daher verkaufen auch die Elektrizitätswerke die Geräte in den Vorführungsräumen auf langfristigen Kredit.

Weiter wird nach dem Preis der Geräte, gemessen am Lebensstandard, gefragt. An diesem Maßstab gemessen sind die Preise der elektrischen Geräte in Amerika nicht höher als bei uns; absolut betrachtet sind sie allerdings etwas höher. Ein Bügeleisen kostet 6 ... 7 $, also etwa 25 RM; das ist absolut teurer als bei uns; relativ gleichen sich die Preise aber aus, und man kommt unter Umständen dazu, daß in Amerika die Preise etwas billiger sind. Genau so ist es mit den anderen Geräten. Ein Liliput staubsauger kostet, wie Sie in einem Bilde gesehen haben, 15 $; das sind entsprechend der Kaufkraft der Mark vielleicht 30 RM. Für einen kleinen Staubsauger ist es nicht zu viel. Ich glaube nicht, daß man in Deutschland einen Staubsauger, der doch auch einen kleinen Elektromotor haben muß, für diesen Preis verkaufen kann.

Nur einige Worte zu den Äußerungen der Herren Diskussionsredner. — Herr Dir. KÜHNERT in Breslau hat sehr richtig gesagt, daß wir entsprechend der Art der BEWAG in Amerika städtische, u. zw. großstädtische Werke bei unserem Studium bevorzugt haben. Wir haben daneben aber auch ländlichen Werken, wie z. B. der Hydro Electric Power Commission of Ontario in Toronto unser Interesse zugewendet und uns auch nach Möglichkeit über diese Werke informiert. Wenn Herr Dir. KÜHNERT meint, daß in Amerika 95 % der Farmen noch nicht angeschlossen sind, so ist dabei zu berücksichtigen, daß die Ausdehnung des Landes im Verhältnis zu seiner Einwohnerzahl, also die Besiedlungsdichte, mit der in Deutschland überhaupt nicht zu vergleichen ist. Amerika hat eine Ausdehnung von f ü n f Tagereisen, während die von Deutschland nur e i n e Tagesreise beträgt; die Einwohnerzahl Amerikas ist doppelt so groß wie die Deutschlands. Das wird die Tatsache, daß die amerikanischen ländlichen Siedlungen noch nicht in dem Maße elektrisiert sind wie die deutschen, genügend rechtfertigen. In dem Lichtbild, das die Elektrisierung der Haushalte zeigte, war angegeben, daß zwei Drittel aller Haushalte der Vereinigten Staaten elektrisch versorgt sind, u. zw. unter Einbeziehung der schwach besiedelten ländlichen Gebiete. Ich glaube, daß die Elektrisierung Deutschlands selbst unter Einbeziehung der nach den Äußerungen des Herrn Dir. KÜHNERT sehr stark besiedelten ländlichen Gebiete auch nicht annähernd so weit fortgeschritten ist wie in Amerika.

Daß wir heute mit den amerikanischen Elektrizitätswerken dauernd im Gedankenaustausch bleiben müssen — auch im Interesse der amerikanischen Werke —, ist



auch von diesen ohne weiteres anerkannt. Wir haben schon oft Gelegenheit gehabt, Gäste aus Amerika bei uns zu empfangen, die sich über unsere technischen Bauten informieren wollten, die sich aber auch für unsere Stromverkaufsfragen lebhaft interessierten. Wir haben die Absicht, in diesem Gedankenaustausch auch weiterhin zu bleiben, und wenn Herr Dir. KÜHNERT als Direktor eines ländlichen Elektrizitätswerkes diesen Gedankenaustausch auch aufnehmen oder, soweit er ihn schon aufgenommen hat, fortsetzen will, dann werden es die amerikanischen ländlichen Elektrizitätsversorger sehr begrüßen, besonders da sie in dieser Beziehung von uns offensichtlich eine ganze Menge lernen können.

Ich danke Herrn SCHÜLER sehr für den Hinweis, daß Synchronuhren bereits im Jahre 1888 in Köln in Betrieb waren. Mir war davon nichts bekannt. Vielleicht darf ich darauf hinweisen, daß Synchronuhren in Deutschland erst jetzt wieder aufkommen, nachdem wir gesehen haben, wie sie sich in Amerika entwickelt haben. Auch die BEWAG hat im Großkraftwerk Klingenberg eine Meisteruhr aufgestellt, mit der die Periodenzahl des BEWAG-Netzes konstant gehalten wird. Es handelt sich hier also um ein deutsches Kind, das erst in Amerika aufgepäppelt worden ist. Ähnlich liegt es ja auch bei verschiedenen anderen Dingen. Ich brauche nur an die Glühlampe zu erinnern, die erst durch die fabrikatorische Herstellung durch Edison das wurde, was sie heute ist, obgleich ihr Erfinder verbürgtermaßen ein Deutscher war.

Wenn ich sagte, daß die Edisonschaltung bei uns unbekannt ist, dann meinte ich natürlich für Wechselstrom, u. zw. wollte ich sagen: ungebräuchlich. Wenn auch in Köln diese Schaltung einmal verwendet worden ist, so ist sie doch in Deutschland nicht allgemein üblich. In Amerika dagegen finden wir sie in jeder Stadt, und man steht dort auf dem Standpunkt, daß es eine sehr bequeme Methode sei. Daß das Drehstromnetz noch ungleichmäßiger belastet wird, als das bei der in Deutschland üblichen Drehstromtransformatoren-Versorgung der Fall ist, spielt keine allzu ausschlaggebende Rolle. Ich möchte hier noch eins einfügen. Die Amerikaner paradieren vielfach mit außerordentlich niedrigen Kohlenverbrauchsziffern. Aber diese ausgezeichneten Ergebnisse werden leider, soweit wir uns darüber unterrichten konnten, zum großen Teil durch die vielen kleinen Transformatoren wieder wettgemacht. Stellen Sie sich vor, daß viele einphasige Transformatoren von 2, 3 oder 4 kW zur Versorgung des Niederspannungsnetzes dienen, und Sie werden sich eine Vorstellung davon machen können, wie groß die Verluste dieser Transformatoren sind. Die beste Kohleverbrauchsziffer nützt nichts, wenn die Verluste sie wieder wettmachen. In New York ist man daher dazu übergegangen — was natürlich auch mit der dichten Bauweise der Stadt zusammenhängt —, keine Transformatoren unter 250 bis 300 kVA zu verwenden; es werden auch nur Drehstromtransformatoren und einphasige Transformatoren in Dreieck- oder Sternschaltung benutzt.

Dann wurde gefragt, wie es mit der Ausgabe von Anteilen an die Abnehmer und an die Angestellten der Firmen steht.

Die Werke, die an die Angestellten Shares abgeben, richten meist, um diesen den Ankauf zu erleichtern, Sparkassen ein, in die laufend ein bestimmter Anteil des Einkommens eingezahlt wird. Sobald der Betrag eines Shares voll ist, werden die Anteilstücke dem Angestellten überschrieben. Wichtig ist hierbei, daß die amerikanischen Gesellschaften, um den Ankauf von Anteilscheinen zu erleichtern, die Stücke sehr weit teilen. Vielfach sind Stücke von 100 $ in Umlauf, die auch für weniger bemittelte Leute erschwinglich sind. Auch den Abnehmern des Elektrizitätswerkes wird auf diese Art der Ankauf von Anteilscheinen außerordentlich erleichtert; von dieser Einrichtung wird ausgedehnter Gebrauch gemacht. Durch die finanzielle Beteiligung wird natürlich eine sehr starke Verbundenheit zwischen dem Elektrizitätswerk und seinen Angestellten und Abnehmern hergestellt, eine Verbundenheit, die ein Grundpfeiler des amerikanischen Geschäftslebens ist. (Lebhafter Beifall.)

Auf vielseitigen Wunsch hat sich Herr Direktor Dr. Adolph in liebenswürdiger Weise bereiterklärt, den interessanten Vortrag am 5. 11. 1929 im Elektrotechnischen Verein zu wiederholen.

Vorsitz: Herr Prof. Dr. rer. pol. Dr. jur. Windel.

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Amerika ist heute der magnetische Pol, der Wissenschaftler und Praktiker in gleichem Maße anzieht. Welches sind die Motive? Der Wissensdrang und die Beruhigung des eigenen Gewissens. Die Herren suchen all das Neue, was Amerika bietet, in sich aufzunehmen. Die Leiter der deutschen Unternehmungen wollen gleichzeitig ihr Gewissen dadurch beruhigen und entlasten, daß sie die dortigen Werke mit den ihrigen vergleichen und untersuchen, ob sie in den ihrer Leitung anvertrauten Betrieben auch nichts versäumt haben und hierdurch etwa gegenüber dem Ausland in das Hintertreffen kommen. Auch die BEWAG hat es sich nicht nehmen lassen, verschiedentlich ihre prominenten Herren nach Amerika zu entsenden, um dort Studien zu treiben. Wir sind ihr zu Dank verpflichtet, daß sie auch uns, denen nicht die Gelegenheit geboten wurde, über den großen Teich zu fahren, über ihre Beobachtungen und Erfahrungen aufklärt. Genau vor vier Wochen sprach hier zur selben Zeit und an derselben Stelle als gewandter Interpret und Dolmetscher des Vortrages des Herrn Dir. Dr. ADOLPH Herr Dr. NISSEL von der BEWAG über das gleiche Thema. Die Versammlung war derart zahlreich besucht, daß selbst der berühmte Apfel nicht zur Erde fallen konnte. Es war daher der Wunsch berechtigt, daß dieser Vortrag wiederholt wurde. Wir danken Herrn Dr. ADOLPH, daß er sich der Mühe unterzieht, seinen Vortrag persönlich zu wiederholen, und freuen uns gleichzeitig, ihn heute frisch und gesund wieder unter uns zu sehen. Ich bitte ihn, mit seinem Vortrag zu beginnen.

Herr Dr. Adolph hält den Vortrag.

Herr **Endruweit:** Herr Dir. ADOLPH hat uns einen schönen Vortrag gehalten, und ich kann nur dem zustimmen, was er gesagt hat. Ich bin auch in Amerika gewesen und habe dieselben Eindrücke gewonnen. Nun hat Herr Dir. ADOLPH erklärt, daß wir in der Stromabnahme noch sehr zurück sind. Ich habe in dieser Angelegenheit mit Herrn Dir. ADOLPH schon wiederholt längere Unterhaltungen gehabt und darauf hingewiesen, woran das liegen kann. Die Hauptstromabnahme ist freilich bei der Industrie zu finden. Heute aber, nachdem dank der rührigen Tätigkeit der BEWAG auch die Wirtschaft sehr weitgehend elektrisiert ist, kommt es hauptsächlich darauf an, den Strom auch der Wirtschaft so zuzuführen, daß sie ihn nach Belieben entnehmen kann. Zu Weihnachten habe ich hier und dort Kochgeräte und andere elektrische Geräte viel geschenkt und verkauft und dabei folgendes festgestellt: Als die Grundgebühr eingeführt wurde, haben die Stromabnehmer sich den Stromzähler ziemlich knapp anlegen lassen. Da sie nun die verschiedensten Kochgeräte und anderen Geräte hinzubekommen haben, reicht nunmehr der Zähler nicht mehr aus. Die Folge davon ist, daß die Sicherungen durchgehen und daß größere Zähler erforderlich sind. Die Stromabnehmer sagen sich aber: Einen größeren Zähler wollen wir nicht; lieber verzichten wir auf die Kochgeräte. — Aus diesem Grunde wird es also sehr wichtig sein, daß die Elektrizitätswerke die Zähler liberaler bemessen. Wenn z. B. in einer Wirtschaft 1 kW gebraucht wird, dann sollte man den Zähler für 2 oder 3 kW bemessen. Ich glaube, daß dann der Stromverbrauch bedeutend zunehmen wird. Ich bitte also Herrn Dir. ADOLPH das in Erwägung zu ziehen.

Vorsitzender: Wie ich in meiner Einleitung sagte, sind es besonders zwei Gründe, aus denen heutzutage die Reise nach Amerika unternommen wird: der Wissensdrang und die Beruhigung des eigenen Gewissens. Der Wissensdrang! Der interessante Vortrag des Herrn Dr. ADOLPH sowie die früheren durch die BEWAG hier abgehaltenen Vorträge zeigen uns, daß wir heute bereits soweit sind, daß wir nach meinem Dafürhalten technisch von Amerika nicht mehr viel Neues lernen können. Das Land ist uns zwar durch die Kriegs- und die darauf folgenden Jahre um etwa zehn Jahre voraus gewesen. Wenn wir heute in verhältnismäßig kurzer Zeit Amerika technisch wieder eingeholt haben, so ist das als eine enorme Leistung zu bezeichnen. Sie wissen und werden gelesen haben, daß bereits heute Gelehrte nach Amerika reisen, um auf Wunsch den Amerikanern Vorlesungen zu halten, wie auch erfreulicherweise Amerikaner heute zu uns herüberkommen, um unsere Anlagen zu studieren. Die Beruhigung des eigenen Gewissens! Was können wir aus dem heutigen Vortrag besonders lernen? Nach meiner Ansicht vor allem zweierlei: Das eine, was Herr Dr. ADOLPH zum Schluß seines Vortrags erwähnte, sind die Umgangsformen, den Kundendienst kann man es auch nennen, und hiermit verbunden, die Offenheit in allen Auskünften. Sie haben aus dem Vortrag gehört, mit welcher Bereitwilligkeit der Amerikaner uns seine Anlagen zeigt. Er hält auch nicht mit den Preisen sowie dem Brennstoffverbrauch hinter dem Berge. Versuchen Sie einmal, von unseren Elektrizitätswerken z. B. die Anlagekosten wie auch die Kosten für den Brennstoff zu erfahren! Sie werden nur wenige Werke finden, die Ihnen diese Zahlen so offen nennen, wie die Amerikaner es tun. Das hat gewiß



seine bestimmten Gründe. Wenn wir diese Zahlen erfahren möchten, so geschieht es, um uns zu belehren, und festzustellen, ob und wie weit wir vorwärts gekommen sind und mit welchen Werten wir z. B. für unsere Projektierungen und sonstige Überlegungen zu rechnen haben. Diese Werte sollen ja doch schließlich nur wieder der Allgemeinheit zugute kommen. Das ist der innere Grund, weshalb ich die Leiter der deutschen Werke bitte, nicht nur den Amerikanern, sondern auch ihren eigenen Landsleuten alles das zu zeigen und zu sagen, was sie zu wissen berechtigt sind.

Der zweite Punkt, worin uns der Amerikaner noch voraus ist, ist, wie Sie aus dem Vortrag und aus den Lichtbildern gesehen haben, der höhere Belastungsfaktor der Werke. Mein Herr Vorredner machte in der Diskussion schon auf die Anwendung des elektrischen Stromes im Haushalt aufmerksam. Hierin liegt meiner Empfindung nach der Schwerpunkt, an dem wir den Hebel ansetzen müssen. Der beste Akquisiteur für die Elektrizitätswerke ist heute nicht etwa mehr der Mann, sondern die Frau. Nicht nur als Licht sondern auch als Kraft in den kleinen Haushaltsmaschinen sowie als elektrische Wärme kann der Stromabsatz im Haushalt und mit ihm zugleich der Belastungsfaktor der Werke gehoben werden. Bedenken Sie, welche Lasten auf der armen geplagten Hausfrau heute ruhen. Wer kann sich heute noch ein Hausmädchen leisten? Wir müssen daher, genau so wie der Amerikaner es tut, immer mehr arbeitsparende Maschinen und Apparate im Haushalt einführen, die die schwere Arbeit der Hausfrau, die keinen Achtstundentag kennt, erleichtern und ihr hierdurch Zeit erübrigen, sich auch einmal auf sich selbst zu besinnen und sich mit den sie interessierenden Dingen zu beschäftigen. Nicht nur der Haushalt allein sondern auch das deutsche Familienleben wird hierdurch gewinnen. Die Erhöhung des Belastungsfaktors ist es also, die wir mit allen Mitteln anstreben müssen. Dazu gehören aber entsprechende Apparate und Preise. Um die Kosten zu ermöglichen, kommt Ihnen, wie Sie ja wissen, die BEWAG in jeder Beziehung entgegen. Durch die „Elektrissima" werden auch die weniger bemittelten Kreise in die Lage versetzt, sich Apparate „Auf sachte!", wie der Berliner sagt, zu beschaffen. Es liegt mir fern, hier etwa für die BEWAG Propaganda zu machen. Das Gerechtigkeitsgefühl gebietet es mir aber, diese segensreiche Einrichtung in das rechte Licht zu setzen. Nicht nur der Abnehmer, auch der Stromabsatz der Werke, die fabrizierende Industrie sowie die Installationsgeschäfte werden hierdurch ihren Vorteil haben. Erforderlich ist hierzu natürlich auch ein entsprechend gerechter Tarif, der die Stromabnahme mit zunehmendem Bezug verbilligt. Der von der BEWAG eingeführte Grundgebührentarif ist für hiesige Verhältnisse meiner Ansicht nach der einzig richtige, den wir für unsere Zwecke für den Haushalt gebrauchen. Sind die Abnehmer über ihn und seine Vorteile noch immer nicht genügend aufgeklärt, so ist es Pflicht der Werke, noch mehr für die nötige Belehrung zu sorgen. (Beifall.)

Herr **Kutzner:** Herr Dir. ADOLPH wies darauf hin, daß in Amerika eine Art Rabattsystem üblich ist und daß die Strompreise bei steigendem Verbrauch von etwa 8 auf 1 ct heruntergingen, während wir in Berlin den Grundgebührentarif haben. In der Auswirkung sind beide Tarife gleich. Nur ist der Grundgebührentarif, wie Herr Dir. ADOLPH richtig sagte, für den Laien sehr schwer verständlich. Aber daran ist auch die BEWAG zum Teil schuld, denn sie macht für ihn nicht genug Propaganda und sorgt nicht für genügende Aufklärung.

Weiterhin erwähnte Herr Dir. ADOLPH, daß die Sicherungen in den Wohnungen in Amerika im allgemeinen mit 15 A bemessen werden und daß man daraus den größeren Stromverbrauch ersehen könnte. Das dürfte wohl nicht ganz stimmen, weil die Spannung dort 115 V beträgt, während bei uns 220 V üblich sind. Die entsprechende Sicherung würde also bei uns 8 A sein.

Herr **Adolph:** Zunächst einige Worte zu den Ausführungen des Herrn Prof. WINDEL hinsichtlich unserer Stellung zu Amerika. Ich glaube davor warnen zu sollen, daß wir hier in Deutschland in einen Fehler zurückverfallen, der uns, glaube ich, sehr viel gekostet hat. Wir sollten uns davor hüten, die Tatsache zu überschätzen, daß einige unserer Professoren nach Amerika hinübergegangen sind. Unterschätzen Sie nicht die ungeheuren Mittel, die hinter der amerikanischen Wirtschaft stehen. Unterschätzen Sie auch nicht die Kraft, mit ungeheurer Methodik in Probleme einzudringen, bei denen hier vielleicht der einzelne sich abmüht. Es gibt drüben Institute wie Nelapark in Cleveland. Es ist ein Lichtinstitut; ja, man kann sagen: eine Lichtuniversität, in der ein großer Stab von Ingenieuren jahrein, jahraus tätig ist, um alle Anwendungsformen des Lichtes praktisch zu studieren und zu erproben. Solche Institute haben wir in Deutschland nicht. Diese Tatsache dürfen wir nicht übersehen. Natürlich wird der Amerikaner von einem deutschen Ingenieur und Hochschulprofessor immer gern lernen; denn er lernt immer dort, wo er etwas Neues erfahren kann.

Dem Herrn Vorredner möchte ich mitteilen, daß nach meiner Ansicht die BEWAG nicht viel versäumt hat, um den Grundgebührentarif, der — wie ich zugebe — für den Laien nicht leicht zu verstehen ist, genügend verständlich zu machen. Die meisten verstehen den Tarif sehr wohl und halten ihn für durchaus gesund. Die wenigen Abnehmer, die bei ihm schlecht wegkommen, weil sie eine Sommerreise gemacht haben oder weil der Verbrauch aus anderem Grunde zurückgegangen ist, schreiben dann sofort einen Artikel in der Zeitung; dieser Artikel erweckt dann den Eindruck, als ob sehr viel faul im Staate Dänemark sei. Das ist aber nicht der Fall. Der Berliner Grundgebührentarif ist mit einer enormen Verbilligung der Elektrizität verbunden. Die durchschnittliche Einnahme beträgt 22 Pf. In anderen Großstädten aber — Hamburg, Köln, München — finden Sie Preise, die um das Doppelte herum liegen. Natürlich ist es notwendig, daß man, wenn man einen niedrigen Durchschnittspreis erzielen will, sich nicht auf das Licht beschränken darf, sondern daß man auch moderne Apparate im Haushalt verwenden muß, die heute schon ziemlich billig zu haben sind. Die Furcht, daß der Zähler dann vergrößert werden muß, ist doch wohl nur ein etwas verallgemeinerter Einzelfall. Wenn der Haushalt sehr klein angefangen und daher einen sehr kleinen Zähler gehabt hat, dann ist es natürlich, daß bei größeren Anschaffungen ein neuer Zähler erforderlich wird. Und dann muß die Grundgebühr auch heraufgesetzt werden. Damit steigt auch der mittlere Strompreis, aber niemals ins Ungemessene. Sie werden immer finden, daß der Preis dann immer noch in vernünftigen Grenzen bleibt. Mir wird von Laien immer gesagt: Wenn nur die verfluchte Grundgebühr nicht wäre! Ich frage dann immer: Wie hoch ist sie denn? Man antwortet mir z. B.: 3,90 RM. Ich mache dann folgende Rechnung auf: Wenn die Grundgebühr nicht höher ist als die Hälfte der übrigen Stromrechnung, dann beträgt der Strompreis höchstens 16 + 50 % = 24 Pf. Damit ist der Nachweis erbracht, daß der Strompreis tatsächlich um 24 Pf herum liegt; für Haushaltzwecke sehr niedrig! Diese Rechnung macht aber niemand. Ich habe noch niemals gesehen, daß jemand einmal die 12 Monatsrechnungen zusammengerechnet hat, um zu sehen, was dabei herauskommt. Ich rechne es oft meinen Freunden vor, dabei kommen meist etwa 22 Pf heraus. Immer schwankt es um diesen Preis herum; in einem ungünstigen Falle kam ich auf 30 Pf. Solche Preise, wie sie in anderen Großstädten für die Wohnungsbeleuchtung gezahlt werden, kommen in Berlin nur in Ausnahmefällen vor. Aber die Stromabnehmer machen immer Skandal, und das ist der Nachteil des Tarifs, den wir selbst bedauern. Wir haben auch für verschiedene Anwendungsgebiete einen anderen Tarif geschaffen, den wir aber für die Wohnungsbeleuchtung nicht einräumen können, weil nach unserer Ansicht jeder Wohnungsinhaber durchaus in der Lage ist, durch verständigen Gebrauch und weitere Ausdehnung des elektrischen Verbrauchs sich einen Durchschnittspreis zu sichern, der als angemessen anzusehen ist. (Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär.
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Essen. 9. X. 1929, Dortmund, „Loge zur alten Linde": Vortrag Oberleutnant Pleger, „Technisches Nachrichtenwesen in der Reichswehr".

PERSÖNLICHES.

C. L. Weber †. — Am 29. IX. d. Js. verschied infolge der Operation eines Gallenleidens in Berlin-Lichterfelde der Geh. Reg.-Rat Herr Dr. Carl Ludwig Weber, Ehrenmitglied des VDE. Wir kommen auf die Verdienste des Verstorbenen in einem besonderen Nachruf zurück.



GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die N.-E.-Metallwirtschaft im Jahr 1928[1]. — Aus den „Statistischen Zusammenstellungen" der Metallgesellschaft A.G., Frankfurt a. M., für 1928 ergibt sich zunächst folgende Übersicht über die Produktion und den Verbrauch der wichtigeren Nichteisenmetalle, insbesondere des Kupfers. Danach hat gegen 1927 die Gewinnung von Aluminium um 11, von Kupfer um 13, von Zink um rd. 0,1 und von Zinn um rd. 13 % zu-, von Blei aber um 3 % abgenommen. Die Erhöhung des Verbrauchs der fünf Metalle betrug bzw. rd. 31, 2, 13, 7 und 13 %. Die stetige Zunahme der Gewinnung, wie sie aus der der genannten Veröffentlichung entnommenen Abb. 1 hervorgeht, und des Konsums ist hauptsächlich eine Folge der fortschreitenden Industrialisierung der Welt, überdies aber auch in geringerem Maß der Bevölkerungszunahme auf der Erde, die eine laufende Erhöhung des Produktionsmittel- und Verbrauchsgüter-Apparats bedingt und seit der Jahrhundertwende 30 % überschritten hat. Dagegen ist der Verbrauch an Nichteisenmetallen im gleichen Zeitraum bei Blei um 80, bei Zinn um 100, bei Zink um nicht ganz 200, bei Kupfer um mehr als 200 und bei Aluminium sogar um 3000 % gewachsen. Je Kopf der Bevölkerung zeigt er gegen 1900 bei Blei eine Zunahme um 38, bei Zinn um 46, bei Zink um 110, bei Kupfer um rd. 130 und bei Aluminium um rd. 1800 %. Das teilweise erhebliche Zurückbleiben des Konsums je Kopf der Bevölkerung in den wichtigeren europäischen Verbrauchsländern gegenüber den V. S. Amerika war im wesentlichen auch 1928 zu beobachten. Was den gewichtsmäßigen Anteil der einzelnen Metalle am gesamten N.-E.-Konsum betrifft, so ist er seit 1900 bei Blei um 13,5 auf 31,2, bei Zinn um 0,8 auf 3,4 % gesunken, während sich für Zink ein Anwachsen um 2,7 auf 27,1, für Kupfer um 7,4 auf 33,7 und für Aluminium um 4,2 auf 4,6 % ergibt. Von grundsätzlicher Bedeutung ist hier die Erschließung neuer und zusätzlicher Verbrauchsgebiete gerade für Kupfer und Aluminium im Bereich der Elektrotechnik und der Fahrzeugindustrie. Darüber hinaus kann aber, wie die Metallgesellschaft sagt, dieser Vorgang teilweise bereits als eine Auswirkung der Konkurrenz der Metalle untereinander bzw. ihrer gegenseitigen Ersetzung infolge technischer Vorteile oder günstigerer Preise aufgefaßt werden. „Durch die bei allen Nichteisenmetallen nach oben gerichtete allgemeine Entwicklung des Verbrauchs, in Verbindung mit der laufenden Erschließung neuer und zusätzlicher Anwendungsgebiete, konnten diese Einbrüche eines Metalls in das Anwendungsgebiet eines anderen immer wieder in einer anderen Richtung kompensiert, ja sogar überkompensiert werden. Es ist vorläufig noch nicht abzusehen, wann ein Zustand der Sättigung diese Entwicklung zu einem Stillstand bringen wird."

N.-E.-Metalle	Bergwerks-produktion		Hütten-produktion		Rohmetall-verbrauch	
	1928	1927	1928	1927	1928	1927
	1000 t					
Aluminium[2]	—	—	227,3	205,1	236,3	180,9
Blei	1588,6	1634,6	1645,7	1671,3	1618,8	1579,7
Kupfer	1728,0	1533,4	1693,5	1517,8	1749,6	1543,3
Zink	1571,4	1569,3	1413,5	1320,8	1404,9	1316,7
Zinn	182,2	161,7	185,1	158,1	177,0	156,7
Länder	Kupfer					
Europa	150,8	141,4	164,3	160.7	848,1	770,4
Spanien.	53,0	49,6	27,8	28,7	22,1	17,8
Deutschland. . .	25,5	27,7	48,5	50,6	253,7	263,0
Afrika.	137,7	111,7	127,2	102,3	11,0	11,0
Amerika. . . .	1352,4	1197,8	1326,1	1181,7	795,4	671.3
V. S. Amerika .	828,2	763,9	893,8	837,2	773,8	652,8
Chile	289,9	242,6	277,5	226,2	2,0	2,0
Kanada.	91,9	63,6	56,6	32,3	18,7	14,7
Mexiko	65,5	58,7	45,9	39,8	0,5	0,5
Asien.	75,6	72,4	66,0	63,4	89,2	81,7
Japan	66,0	63,4	66,0	63,4	79,9	72,6
Australien . .	11,5	10,1	9,9	9,7	5,9	8,9

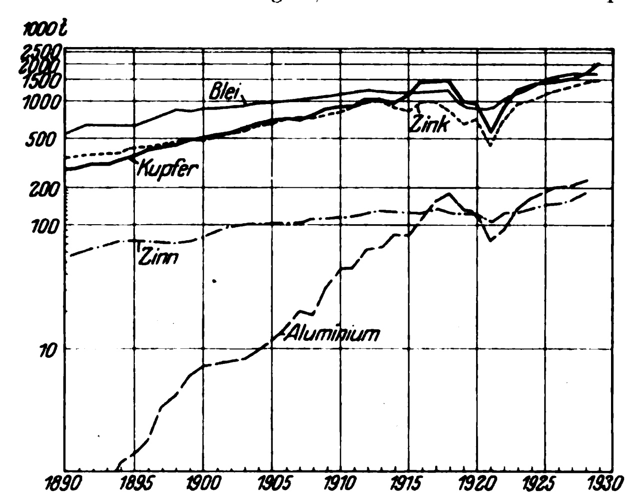


Abb. 1. Die N.-E.-Metallproduktion seit 1890.

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1564. — [2] Produktion und Verbrauch.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Der Juli 1929 hat, wie die Zahlentafel zeigt, bei der Einfuhr gegen den Vormonat (622 148 £) eine Abnahme um 33 079 £ (5 %), im Vergleich zum Juli 1928 aber eine Steigerung um 103 464 £ (21 %) gebracht. Die Ausfuhr ist gegenüber dem Juni (1 383 752 £) um 319 564 £ (23 %) und im Vergleich zum Parallelmonat des Vorjahres um 292 336 £ (21 %) gewachsen. Für die abgelaufenen sieben Monate ergeben sich Zunahmen beim Import um 601 065 £ (17 %) und beim Export um 272 414 £ (2,5 %) gegen die gleiche Zeit des Vorjahres. Der Überschuß der Ausfuhr betrug 7 008 829 £ (7 337 480 £ i. V.). Im August war die Einfuhr um 159 217 £ (27 %) größer als im Vormonat und um 172 302 £ (30 %) wertlich höher als im gleichen Monat von 1928. Auch die Ausfuhr weist letzterem gegenüber eine Steigerung um 242 356 £ (17 %) auf, während sie um 24 261 £ hinter der des Juli zurückgeblieben ist. Das Ergebnis der abgelaufenen acht Monate zeigt gegen die gleiche Zeit des Vorjahres beim Import eine Erhöhung um 773 367 £ (19 %) und beim Export um 514 770 £ (4 %). Der Überschuß des letzteren ist auf 7 939 298 £ gewachsen (8 197 895 i. V.). Nach Angaben der El. Review war der Anteil der Hauptdominions, besonders Australiens, am Bezug elektrischer Maschinen im Juli merklich geringer als im Parallelmonat von 1928, und das gilt auch mit Ausnahme von Südafrika für den August.

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1929	1928	1929	1928
	Juli			
Maschinen	138 046	150 251	516 314	546 617
Waren u. Apparate .	451 023	335 354	1 187 002	864 363
	589 069	485 605	1 703 316	1 410 980
	Januar/Juli			
Maschinen	1 032 293	1 026 742	3 746 383	4 003 408
Waren u. Apparate .	3 019 781	2 424 267	7 314 520	6 785 081
	4 052 074	3 451 009	11 060 903	10 788 489
	August			
Maschinen	177 671	159 346	515 416	575 304
Waren u. Apparate .	570 615	416 638	1 163 339	861 095
	748 286	575 984	1 678 755	1 436 399
	Januar/August			
Maschinen	1 209 964	1 186 088	4 261 799	4 578 712
Waren u. Apparate .	3 590 396	2 840 905	8 477 859	7 646 176
	4 800 360	4 026 993	12 739 658	12 224 888

[1] The Electrician Bd. 103, 1929, S. 202, 337. Vgl. ETZ 1929, S. 1140.

Berichtigung.

In der Arbeit „Betriebserfahrungen mit Drosselspulen zur Strombegrenzung bei der Berliner Städtische Elektrizitätswerke A.G." soll es, wie uns Verfasser nachträglich mitteilt, auf S. 1187, r. Sp., 6. ... 8. Z. von unten anstatt „Stoßkurzschlußstrom von mindestens dem 2,5fachen Amplitudenwert des Dauerkurzschlußstroms" folgendermaßen heißen: „Stoßkurzschlußstrom, dessen Amplitude den 2,5fachen Wert des Dauerkurzschlußstroms hat.".

Abschluß des Heftes: 28. September 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
69—1508)
10. OKTOBER 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 10. Oktober 1929 | Heft 41

Der gegenwärtige Stand der Blitzschutzfrage*.

Von Prof. **A. Matthias**, Berlin.

Übersicht. Zunächst wird ein Überblick über einige neuere Forschungsergebnisse und daraus gefolgerte Auffassungen betr. die Einwirkung von Gewittern auf Hochspannungsanlagen gegeben. Im Anschluß daran werden Gesichtspunkte erörtert, die hieraus für den Schutz dieser Anlagen abgeleitet sind. Insbesondere wird die Auffassung vertreten, daß der direkte Einschlag die Hauptstörungsquelle sei und daß man seine Auswirkungen an der Einschlagstelle durch Ableitung zur Erde bekämpfen müsse.

Im Jahre 1925 habe ich über eine Gewittertagung berichten können[1], welche die Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen in Kassel veranstaltet hatte, um eine intensivere Behandlung der Blitzschutzfrage einzuleiten. In systematischem Vorgehen sollten vor allem exaktere Unterlagen beschafft werden über den Charakter der Blitzentladungen, über ihre Einwirkung auf Leitungsanlagen, über Art und Häufigkeit der Störungen, über das Verhalten der Überspannungsableiter. In dieser Hinsicht ist in der Zwischenzeit mancherlei geschehen. In Schweden hat Herr Dr. Norinder seine Untersuchungen, an welche wir damals angeknüpft haben, fortgesetzt und weiteres sehr beachtenswertes Material herausgebracht. Die Studiengesellschaft hat umfangreiche Gewitterbeobachtungen in ähnlichem Sinne mit etwas anderen Anordnungen unternommen, über die ich mehrfach berichtet habe[2]. Im letzten Jahre ist man auch in der Schweiz mit schönem Erfolg an das Problem herangegangen. Auch in Amerika hat man der Erforschung der Gewittereinflüsse seitdem große Beachtung geschenkt. Besonders aufschlußreich war für unsere Arbeiten das umfangreiche statistische Material, das wir aus den Elektrizitätswerken, welche der Studiengesellschaft angeschlossen sind, gesammelt haben. Es dient vor allem dazu, zu ergründen, welcher Art hauptsächlich die Gewitterstörungen sind und wie sich die Schutzapparate gegen sie bewährt haben.

Bereits im Jahre 1927 haben wir die Lage einigermaßen zu überblicken geglaubt und im internen Kreise der Studiengesellschaft die vorläufigen Ergebnisse in Form von Richtlinien herausgegeben. Unsere Schlußfolgerungen führten zu teilweise ganz neuen Einstellungen zur Blitzschutzfrage. Wenn wir auch schon damals von ihrer Richtigkeit überzeugt waren, so zögerten wir doch, diese Gedankengänge in die breite Öffentlichkeit zu tragen, bis wir sie durch ausreichendes Beobachtungs- und Erfahrungsmaterial vollständig gefestigt sähen. Dieser Zustand ist auch heute noch nicht mit Sicherheit erreicht. Anderseits liegt aber auch bis heute kein Grund zu wesentlichen Änderungen unserer Auffassungen vor. Darum haben wir uns entschlossen, unsere Ansichten zur Erörterung in weiteren Kreisen bekannt zu geben. Wir haben dazu um so mehr Veranlassung, als dieses Material doch bereits weiten Kreisen bekannt geworden ist und die Literatur bereits sichtlich beeinflußt hat. Die Ergebnisse sind durch Gemeinschaftsarbeit im Rahmen der Studiengesellschaft entstanden. Von meinen unmittelbaren Mitarbeitern nenne ich die Herren Dr. Schwenkhagen, Aigner, Dr. Gabor und Marx; außerdem als Beobachter in unserer Gewitterstation Wünsdorf die Herren Fitger und Schuster. Aus den Kreisen der Elektrizitätswerke hat ein besonderer Ausschuß unter Vorsitz des Herrn Dir. Neustätter bei der Beurteilung des Erfahrungsmaterials und seiner Ergebnisse eifrig mitgearbeitet.

Stand der Blitzforschung.

Wenn ich nun zunächst kurz auf die Grundlagen eingehe, die sich aus dem Stande der Blitzforschung ergeben, so kann ich dieses Gebiet, so interessant es auch ist, leider nur kurz streifen, um genügend Zeit für das eigentliche Thema zu behalten. Ich stütze mich dabei auf zuverlässige Angaben aus der Literatur und auf die Ergebnisse des umfangreichen Beobachtungsmaterials unserer Gewitterstation Wünsdorf, über die ich bereits ausführlich berichtet habe[2a].

Zunächst können wir wohl die Entstehung des Blitzes[3] als elektrodenlose Entladung innerhalb der Wolke als feststehend hinnehmen, wenigstens für die überwiegende Mehrzahl der Fälle. Blitze, die von der Erdoberfläche ausgehen, sind zumindest sehr selten. Der Blitz arbeitet sich gewöhnlich in mehreren Rucken von der Wolke aus bis zur Erde vor. Die überwiegende Stromrichtung ist so, als ob ein positiver Strom auf die Wolke fließt bzw. als ob Elektronen von der Wolke auf die Erde zu strömen, u. zw. überwiegt diese Stromrichtung nach dem bisher vorliegenden Material im Verhältnis 6 : 1. Als Stromstärke kann man mit Sicherheit auf Werte bis zu etwa 50 000 A rechnen. Der zeitliche Ablauf ist insofern kompliziert, als fast jeder Blitz aus einer Anzahl aufeinanderfolgender Strahlen besteht, deren zeitlicher Abstand bis zu einigen Zehntelsekunden betragen kann. Das ist schon von Walther in Hamburg vor vielen Jahren an Blitzaufnahmen mit bewegter Kamera gezeigt worden; unsere oszillographischen Aufzeichnungen in der Gewitterstation Wünsdorf haben deutlich eine ganze Anzahl solcher dicht aufeinanderfolgenden Entladungen ergeben, auch solcher, die offenbar alle die Erde erreicht haben, wie unsere Aufzeichnungen des magnetischen Feldes zeigen (Abb. 1). Die einzelne Entladung hat im wesentlichen einen aperiodischen Stromverlauf. Ein schwaches einmaliges Zurückschwingen mag gelegentlich auftreten. Ob in Teilen der Blitzbahn, z. B. auch im unteren Ende, gelegentlich hochfrequente Ströme sich überlagern, wie neuerdings auch Norinder nach seinen Aufnahmen vermutet, mag dahingestellt sein[4]. Ein Punkt verdient noch besondere Beachtung. Die Aufteilung des Blitzstrahls ist nicht nur eine zeitliche sondern auch eine räumliche, einmal, weil die aufeinanderfolgenden Einschläge nicht alle dieselbe Stelle treffen, dann aber auch, weil der Hauptstrahl Verästelungen hat, die über ein gewisses Gebiet streuen. Einige Zahlenangaben, welche die Elektrotechnik besonders interessieren, seien nachstehend zusammengefaßt:

Stromstärke (im Hauptstrahl) rd. 10 000 ... 50 000 A.
Meist viele Teilentladungen (bis 42 gemessen).
Dauer einer Teilentladung rd. 0,5 ... 20 ms.

* **Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 29. I. 1929. Die wesentlichsten Teile dieses Vortrags sind bereits auf einer Tagung der Studienges. f. Höchstspannungsanlagen am 22. XI. 1927 vorgetragen worden.** Besprechung des Vortrages auf S. 1495 dieses Heftes.

[1] ETZ 1925, S. 873.

[2] Elektrizitätswirtsch. Bd. 25, S. 297 u. Bd. 26, S. 2.

[2a] Wie Fußnote 2.

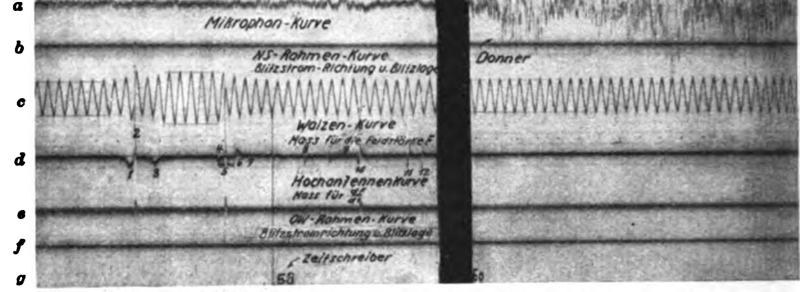
[3] ETZ 1925, S. 877, Abb. 5.

[4] **Nachtrag bei der Korrektur:** Inzwischen haben wir auch mit dem Kathodenoszillographen umfangreiches Material erhalten. Die Aufzeichnungen, deren Aufklärung hauptsächlich durch Herrn Aigner erfolgt ist, lassen hochfrequenzähnliche Einwirkungen auf Antennen erkennen, Wirkungen, die vom Magnetfeld in der Umgebung der Blitzbahn herzurühren scheinen. Es läßt sich auch zeigen, daß ein neben einer Leitung niedergehender Blitz durch solche magnetische Einwirkungen Überspannungen hochfrequenzähnlichen Charakters in ihr hervorrufen könnte von solcher Höhe, daß Nieder- und Mittelspannungsanlagen dadurch gefährdet würden. Hieraus erklärt es sich vielleicht, daß solche Anlagen öfter gestört werden als solche hoher Spannung.

Elektrizitätsmenge des Hauptstrahls 10 ... 100 C.
Zeitlicher Abstand zwischen den Teilentladungen bis 0,3 s.
Gesamte Dauer des Blitzes bis 1 s.
Räumliche Streuung der Teilentladungen bis über 1 km².

der Ebene erhalten haben, stiegen selten über 40 kV/m. Wie einwandfrei mit einer neuartigen Meßmethode festgestellt wurde, gingen die Sprünge zum Teil aus dem Negativen ins Positive über. Sie haben nur in einem Falle 100 kV/m überschritten.

a **Donneraufnahme**
b **Magnetische Wirkung des Blitzstromes auf eine in Nord-Süd-Richtung angeordnete Rahmenantenne**
c **Aufzeichnung einer Maschine zur Messung des elektrischen Luftfeldes. Die Amplitude ist der jeweiligen Feldstärke proportional**
d **Strom, der von einer geerdeten Antenne zur Erde fließt. Der Ausschlag ist der zeitlichen Änderung des elektrischen Feldes proportional**
e **Magnetische Wirkung des Blitzstromes auf eine in Ost-West-Richtung angeordnete Rahmenantenne**
f **Schleife unbenutzt**
g **Aufzeichnung eines Zeitschreibers, Schwingung von 50 Hz. (Da diese Kurve undeutlich ist, wird darauf aufmerksam gemacht, daß auch die Schwingung Kurve *c* etwa diese Frequenz hat)**



Dort, wo der schwarze, senkrechte Streifen durch das Oszillogramm schneidet, ist ein Stück herausgeschnitten und das Oszillogramm zusammengeschoben, damit man den Donner, der zu diesem Blitzschlag gehört, auf dem Bilde sieht. Dazwischen liegen nahezu 2 s.

Abb. 1. **Ausschnitt aus einem Oszillogramm der Gewitterstation Wünsdorf.**

Die Blitzaufnahme Abb. 2 gibt einen interessanten Einblick in den zeitlichen Ablauf und die räumliche Ausdehnung eines Blitzes. Wie ich nachträglich klarstellen konnte, ist sie aus freier Hand aufgenommen worden. Das beweisen auch die gewundenen Linien, die z. B. unten rechts zu sehen sind; sie rühren von elektrischen Lampen her und wurden bei Kontrollaufnahmen in gleicher Art erhalten. Der Hauptstrahl des Blitzes ist stark auseinandergezogen, offenbar dadurch, daß der Aufnehmende die

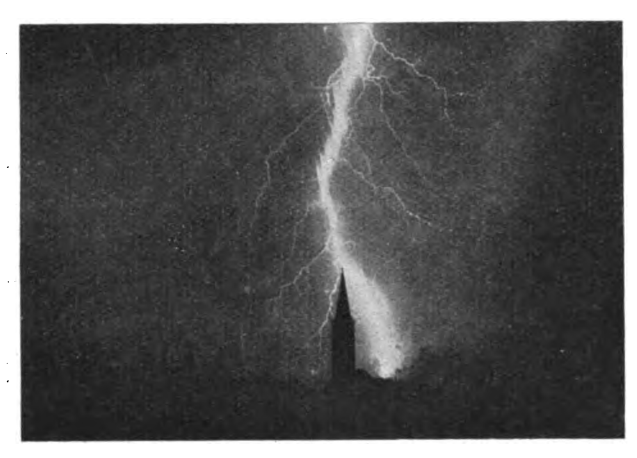


Abb. 2. **Blitzschlag in Cöpenick. Aufgenommen von H. Rauer in der Nacht vom 13. zum 14. VII. 1928.**

Kamera bewegt hat. Vermutlich haben die Vorentladungen, von denen nur einige verwackelt erscheinen, eine Reflexbewegung bei ihm ausgelöst. Zwischen ihnen und dem Hauptstrahl ist dann eine merkliche zeitliche Verschiebung anzunehmen. Beim Bild des Hauptstrahls erkennt man nach unten zu einen schmäleren Teil, der zeitlich vor der hellsten Entladung gelegen haben muß, und einen breiteren, zeitlich auf ihn gefolgten. Unterbrechungen, die auf mehrere nacheinander eingetretene Entladungen in der Hauptbahn schließen ließen, zeigt diese Aufnahme nicht. Derartige Formen sind aber auf den Waltherschen Aufnahmen mehrfach zu finden.

Das elektrische Feld unter der Gewitterwolke ist von besonderem Interesse, weil man es vielfach für die schädlichen Rückwirkungen auf Leitungsanlagen verantwortlich macht. Unsere Aufnahmen haben gezeigt, daß das Feld gewöhnlich zunächst ziemlich mäßige Beträge hat und daß erst durch die Blitzschläge Feldsprünge entstehen, die in der Regel das Feld in dem Sinne beeinflussen, daß ein auf die Erde zu gerichteter Feldanteil entsteht (Abb. 3), unabhängig davon, welcher Wert vorher bestanden hat. Dies deckt sich mit der Feststellung, daß der Blitz in der Regel negative Elektrizität auf die Erde bringt. Zwischen zwei Blitzschlägen baut sich der Sprung durch langsamen Ausgleich wieder ab. Abb. 4 zeigt typisch einen solchen Verlauf, wie wir ihn durch Zusammenschiebung eines Oszillogramms erhalten haben, das sich über mehrere Minuten erstreckt hat. Die Feldstärkenwerte, die wir in

Von großer Bedeutung ist es nun, zu wissen, wie schnell sich solche sprunghaften Änderungen vollziehen. Die schnellsten Änderungen der Feldstärke um größere Beträge, die wir bisher ohne direkten Einschlag festgestellt haben, waren immer noch so langsam, daß eine Oszillographenschleife, deren Ausschlag die Ände-

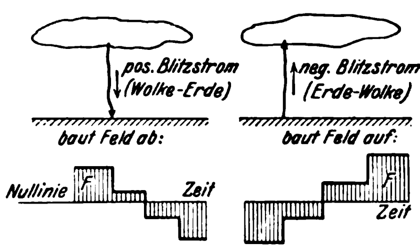


Abb. 3. **Blitzstromrichtung und Feldänderung (schematisch).**

rung der Feldstärke mit der Zeit darstellte, einen deutlichen Strich aufgezeichnet hat. Die größte Änderungsgeschwindigkeit, die wir für das Feld über weitere Gebiete unter der Gewitterwolke in der Ebene nach dem bisherigen Material glauben zugrunde legen zu können, mag 2000 kV/ms betragen[5]. Auch bei Aufnahmen mit dem

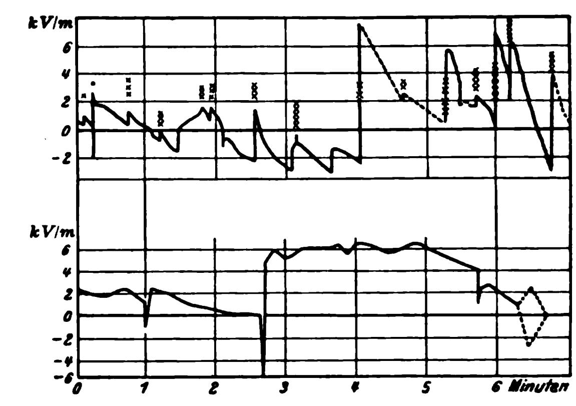


Abb. 4. **Zeitlicher Verlauf der Feldstärke über einen Zeitraum von je 7 min, aus fortlaufenden Oszillogrammen entnommen. Die Kreuze bedeuten Blitzschläge mit entsprechender Anzahl von Teilentladungen.**

Kathodenoszillographen, welche Norinder und Berger gemacht haben, erstrecken sich die Vorgänge noch über Zeiten von der Größenordnung von etwa 10^{-4} s. Ein genaues Maß für die Änderungsgeschwindigkeit ist aus diesen Aufnahmen nicht zu entnehmen. Bei einem Blitzschlag in eine 100 kV-Leitung haben wir am Kathodenoszillographen, der an eine andere Phase der Leitung angeschlossen war, subjektiv einen Vorgang beobachtet, bei dem der Anstieg sich in etwa 10^{-5} s vollzog.

[5] **Inzwischen sind wir mit dem Kathodenoszillographen auf mehr als den zehnfachen Wert gekommen.**



Die Ausdehnung des Gebietes, auf welches sich derartige Änderungen erstrecken, wird geringer sein als die Grundfläche der Gewitterwolke selbst; diese ist ja in der Regel aus Teilen mit Ladungen verschiedenen Vorzeichens zusammengesetzt und wird von den Umladungsvorgängen nur teilweise betroffen. Daß in nächster Umgebung des Blitzes steilere Feldänderungen vor sich gehen werden, habe ich bereits in meinem Referat 1925 auseinandergesetzt[6]. Welche Werte für die Änderungsgeschwindigkeit des Feldes man nun aber in allernächster Nähe der Einschlagstelle erhält, sagen wir im Umkreis bis zu einigen 100 m, das ist noch eine ziemlich offene Frage. Begreiflicherweise ist es schwer, hierüber in kurzer Zeit von einem Beobachtungsplatz aus viel Material zu erhalten. Die Gewitterperiode 1928 hat uns in unserer in der Ebene gelegenen Station, die mit einem Kathodenoszillographen ausgerüstet war, in dieser Hinsicht vollständig im Stich gelassen. Im Sommer 1929 machten wir unsere Aufnahmen auf einem hohen Berggipfel. Außerdem haben wir dafür gesorgt, daß an mehreren Stellen Steilheitsmesser für induzierte Wanderwellen aufgestellt wurden. Ich habe dafür eine Anordnung angegeben, die aus einem Freileitungstück, einem am Ende geerdeten Kabelstück und einem am Verbindungspunkt angeschlossenen Klydonographen besteht (Abb. 5).

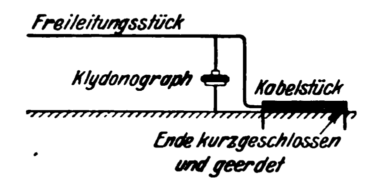


Abb. 5. Steilheitsmesser für induzierte Wanderwellen.

Wir kommen nun zu der Frage, welchen Einflüssen die Leitungen unter der Gewitterwolke unterworfen sein werden. Über diesen Punkt habe ich bereits ausführlich berichtet[7] und habe klargelegt, daß sog. statische Ladungen in größeren Anlagen sicherlich nicht störend auftreten können. Kaum gefährlich sind weiterhin auch Feldänderungen, die sich so langsam abspielen, daß noch keine Wanderwellen entstehen können. Die hierdurch entstehenden quasistationären Überspannungen werden bereits während ihrer Entstehung herabgemildert, u. zw. einmal durch die spannungsenkende Wirkung der Erdkapazität der weiten Netzteile, die nicht unter der Gewitterwolke liegen, dann aber auch durch die unvermeidliche Ableitung des gesamten Netzes. Bedenklicher sieht es mit Vorgängen aus, die so schnell verlaufen, daß Wanderwellen auf den Leitungen entstehen können. In den Lehrbüchern wird dieser Fall gewöhnlich so behandelt, als ob plötzlich, d. h. in unendlich kurzer Zeit, das ganze Gewitterfeld verschwindet und dann eine nahezu rechteckige Wanderwelle nach beiden Seiten zerfließt. In der vorgenannten Arbeit[8] habe ich an einem schematischen Bilde bereits erörtert, wie die Sache aussieht, wenn der Aufbau der Wanderwelle so langsam vor sich geht, daß sie während dieser Periode schon zu zerfließen beginnt. Die größtmögliche Höhe der Spannungswelle, die sich aus der Höhe über Erde und dem Feldstärkensprung errechnet, tritt dann durchaus nicht immer auf. Es ist vielmehr gezeigt, daß höchstens der halbe Betrag entsteht, wenn die halbe Länge des Feldänderungsgebietes kleiner ist als das Produkt Lichtgeschwindigkeit mal Dauer der schnellen Feldänderung. Rechnet man diese Zeit bei schnellsten Vorgängen zu 10^{-5} s, so müßte sich das ganze Feldänderungsgebiet über 6 km erstrecken. Solche schnellen Änderungen werden aber wahrscheinlich höchstens in der näheren Umgebung des vorwachsenden Blitzkopfes zu erwarten sein, der eine viel geringere Ausdehnung hat. Je enger das Gebiet, um so geringer wird die mögliche Wanderwellenhöhe.

Schon diese Überlegungen haben gezeigt, daß die schnellen Feldänderungen als Gefahrenquelle nicht überschätzt werden dürfen. Tatsächlich sind wir schon bald auf die Vermutung gekommen, daß die Störungen, welche wir an Hochspannungsanlagen beobachten, im allgemeinen gar nicht auf derartige indirekte Einwirkung schneller Feldänderungen zurückzuführen sind sondern auf direkte Blitzschläge in die Leitungen, wenigstens bei Leitungen für höhere Spannungen[9]. Indirekte Einwirkungen könnten nach dieser Auffassung höchstens bei mäßiger Leitungsisolation eine Rolle als Störungsquelle spielen. Zu dieser Ansicht sind wir vor allem durch unser umfangreiches Erfahrungsmaterial geführt worden. Es hat sehr deutlich gezeigt, daß die Schäden der Praxis fast durchweg durch Wanderwellen von ziemlich großer Steilheit hervorgerufen sein müssen. Auch müßten bei der großen Verbreitung der Hochspannungsnetze Gewitterstörungen noch viel häufiger sein, wenn bei jedem heftigeren Blitzschlag größere Gebiete unter der Gewitterwolke gefährdet würden. Nach unserer Auffassung werden also Gewitterstörungen auf einigermaßen gut isolierten Leitungen in der Regel nur dann entstehen, wenn ein Blitzstrahl unmittelbar die Leitung trifft. Das braucht nicht immer der Hauptstrahl zu sein. Bei der großen Zahl von Einzelschlägen, die nicht immer genau die gleiche Stelle treffen, und bei der starken Verästelung können auch Teile der Entladungen in Betracht kommen.

Zur Nachprüfung der Richtigkeit dieser Auffassung haben wir eine große Zahl von Einzelfällen, die uns genau beschrieben worden sind, durchgeprüft. Insbesondere haben wir die Elektrizitätswerke veranlaßt, auf die Blitzeinschlagstellen in der Nähe der Leitung zu achten. Wir haben tatsächlich eine Anzahl von Fällen gefunden, in denen der Blitzschlag in sehr großer Nähe der Leitung niedergegangen ist, ohne daß Störungen in der Anlage aufgetreten sind. In einigen Fällen, in denen Blitzschläge neben der Leitung niedergegangen sind, haben wir allerdings auch Störungen in der Anlage zu verzeichnen. Solche Fälle würden sich jedoch auch zwanglos so erklären lassen, daß Teilentladungen die Leitung getroffen haben können. Bei der Auflösung des Blitzstrahls in eine große Zahl von räumlich stark streuenden Einzelentladungen wäre das nicht zu verwundern. Immerhin müssen wir zugeben, daß unser Beweismaterial noch nicht so vollständig ist, wie man es zur Feststellung einer wissenschaftlichen Erkenntnis verlangen muß und wie man es mit Rücksicht auf die Nutzanwendung auf den Blitzschutz wünschen möchte. Wir arbeiten weiter daran, es zu vervollständigen.

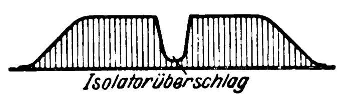


Abb. 6. Einbuchtung einer Wanderwelle durch Isolatorüberschlag.

Durch Blitzbüschel erzeugt

Abb. 7. Vermutliche Wanderwellenform bei direktem Einschlag.

Ehe wir auf die Schlußfolgerungen für den Blitzschutz übergehen, möge noch einiges über die vermutliche Gestalt von schädlichen Wanderwellen gesagt werden. Daß es praktisch nur Wanderwellen sind, welche die Störungen in Anlagen hoher Spannung hervorrufen, habe ich bereits gesagt; diese Tatsache ist durch unser sehr umfangreiches Erfahrungsmaterial sichergestellt. Es zeigt auch, daß diese Wellen sehr steil sein müssen. Es könnte nun aber vielleicht jemand sagen: Wenn es nun einmal Wanderwellen sind, weiß ja die Praxis, wie sie sich einzustellen hat; ob diese Wanderwellen durch indirekte oder direkte Beeinflussung erzeugt sind, kann der Elektrotechnik gleichgültig sein. — So liegt die Sache aber nicht, wie wir gleich sehen werden. Die Wanderwellenstirn der indirekt erzeugten Welle könnte selbst bei den schnellsten Vorgängen, die ein Verteidiger ihrer Gefährlichkeit annehmen würde, nicht sehr steil sein. Schon deshalb nicht, weil ja das Feld, das plötzlich verschwinden soll, örtlich nicht schroff abfällt, sondern allmählich. Die flache Stirn einer indirekt erzeugten Wanderwelle würde sicher nicht zur Erklärung der Störungen ausreichen. Man hat darum auch von dieser Seite eine andere Erklärung gegeben, nämlich die, daß erst durch Isolatorüberschläge auf der Strecke die gefährlichen Steilheiten entstehen, u. zw. in der Form von steil abfallenden Rücken (Abb. 6). Diese Darstellung findet man gewöhnlich in den Lehrbüchern. Daß solche steilen Abfälle auch Sprungwellenschäden in Transformatoren hervorrufen können, soll nicht bestritten werden.

Die Gewitterschäden an Transformatoren sind aber an heutigen Transformatoren meist keine reinen Sprungwellenschäden sondern bestehen zu einem erheblichen Teil in Klemmenüberschlägen, die sich entweder durch Spannungserhöhung infolge von Reflexion oder durch Hochfrequenzschwingungen erklären. Letztere können durch steile Wanderwellenfronten erzeugt werden, wie Petersen, Böhm und Gabor[10] nachgewiesen haben. Auch Nullpunktschwingungen, die als Gewitterstörungen auftreten, werden durch das Auftreffen steiler Wellenfronten erzeugt[11]. Die Mehrzahl der Gewitterschäden in Stationen

[6] S. a. ETZ 1927, S. 1479.
[7] ETZ 1927, S. 1477.
[8] ETZ 1927, S. 1479.
[9] Vgl. hierzu Fußnote 4.

[10] Petersen, Arch. El. Bd. 1, S. 245. — Böhm, Arch. El. Bd. 5, S. 383. — Gabor, Elektrizitätswirtsch. Bd. 25, S. 307.
[11] Gabor, wie Fußnote 10.

besteht in deutlich hervortretenden Überschlägen an offenen Leitungsenden, die sich durch Spannungserhöhung infolge Reflexion steiler Wellenstirnen ohne weiteres erklären lassen. Diese und die vorerwähnten Erscheinungen, die mit solcher Regelmäßigkeit in den Stationen auftreten, wird man kaum durch steil abfallende Wellenrücken erklären können, auch wenn man verwickelte mehrfache Reflexionen annimmt. Es ist auch nicht bekannt geworden, daß sonstige Schäden an den Streckenisolatoren ähnliche Rückwirkungen in Stationen haben.

Anders sieht es nun aus, wenn man den direkten Leitungseinschlag zugrunde legt. Dann wird das Auftreffen des Blitzstrahls sicher eine hohe Wanderwelle mit steiler Front erzeugen können. Wahrscheinlich muß man sich ihre Front so vorstellen, wie in Abb. 7 dargestellt. Zunächst wird der Blitzkopf mit seinem ziemlich steilen Gefälle einen längeren Anfangsanstieg ergeben; dann aber wird beim Auftreffen des Funkenkanals plötzlich eine große Elektrizitätsmenge sich auf die Leitung ergießen, die einen sehr steilen Anstieg geben muß. Wie hoch die Welle ansteigt, richtet sich nach der Bilanz der zuströmenden und der abströmenden Elektrizitätsmenge. Wir haben gesehen, daß die Blitzstromstärke sehr hoch sein kann. Die getroffene Leitung kann zunächst nur nach beiden Seiten den Strom abführen, den ihr Wellenwiderstand durchläßt, u. zw. bis zur höchsten Spannung, die die Isolatoren bei dem gegebenen zeitlichen Verlauf aushalten (Abb. 8). Wenn diese

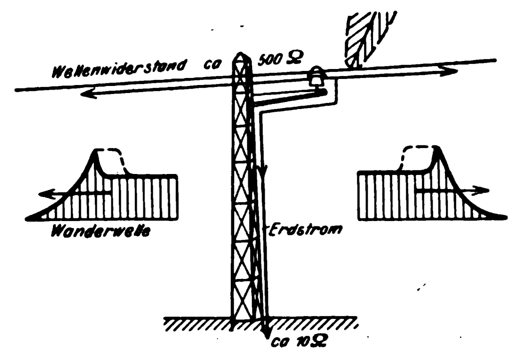


Abb. 8. Blitzschlag in Leiter auf geerdetem Mast.

Spannung z. B. 250 000 V beträgt, würden bei 500 Ω Wellenwiderstand nach beiden Seiten zusammen 1000 A abfließen können. Ein großer Teil der Blitze wird viel höhere Ströme führen. Dann wird also die Spannung schnell so hoch ansteigen, daß der Isolatorüberschlag unvermeidlich ist. Wie der Vorgang nun weiter verläuft, hängt von dem Widerstand ab, welchen der Teilstrom über den beschädigten Isolator zur Erde findet. Die Stromstärke, die nach Abzug der über die Leitungseile abgehenden Beträge noch verbleibt, multipliziert mit dem Erdungswiderstand, ergibt die Spannung, welche die Leitung auch nach dem Überschlag noch gegen Erde behalten muß. Nehmen wir diesen Widerstand z. B. zu 10 Ω an, so würden 25 000 A Erdstrom die Spannung überhaupt nicht unter die angenommene Überschlagsspannung von 250 000 V heruntersetzen. Ist der Widerstand noch höher oder der Blitzstrom größer, so steigt die Spannung trotz des Isolatorüberschlages weiter an und es ereignen sich auch Überschläge an Nachbarmasten. Sind diese nun auch leidlich gut geerdet, so bleibt der Störungsbereich auf der Strecke ziemlich eng begrenzt. Anders bei ungeerdeten Masten, insbesondere bei Holzmasten. Bei diesen treten nicht nur die tollsten Beschädigungen durch den Blitzstrom auf, sondern es werden auch oft ganze Mastenreihen, bis zu 10 oder gar 20 Stück zersplittert, bis sich der Blitz ausgetobt hat (Abb. 9 u. 10).

Die Höhe der Wanderwelle, die auf der Leitung weiterläuft, ist also bei schwächeren Blitzen von der Blitzstromstärke abhängig; erreicht diese etwa 1000 A, so ist mit einem Isolatorüberschlag zu rechnen, je nach der Überschlagsspannung der Isolatoren unter oder über dieser Grenze. Bei stärkeren Blitzen, bei denen der Überschlag unvermeidlich ist, bestimmen die Ableitungswiderstände zur Erde die Höhe der Wanderwelle. Die Länge der Wanderwelle richtet sich nach der Dauer des Hauptblitzes, wird also im allgemeinen recht erheblich sein.

Grundsätzliches über den Anlagenschutz.

Wenden wir uns nun zum Blitzschutz für unsere Anlagen, so müssen wir uns vor allem die große Bedeutung einer guten Ableitung der gewaltigen Elektrizitätsmenge zur Erde vor Augen halten. Dieser Gesichtspunkt gilt allgemein für den Blitzschutz, einschließlich der Gebäudeblitzableiter. Je geringer der Widerstand des Erders einer Blitzableiteranlage ist, um so geringer ist die Gefahr des Abspringens des Blitzes von der Erdleitung auf andere Metalle. Möglichst kurze und gerade Linienführung der Erdleitung ist eine zweite wichtige Bedingung. Es kommt nicht nur darauf an, daß die Erdleitung geringen Widerstand hat, sondern es sollen auch Reflexionspunkte auf der Erdleitung selbst vermieden werden mit Rücksicht auf den steilen Stromanstieg. Je höher der Erdwiderstand und je unzweckmäßiger die Leitungsführung ist, um so größer ist aber auch die Gefahr, die im Anschluß von Metallteilen an die Erdleitung liegen kann. Vor allem kann es bedenklich werden, die Stützpunkte von Leitungsanlagen, welche in die Gebäude führen, an die Blitzableiter-Erde anzuschließen. Bei Blitzeinschlag in das Gebäude kann der Blitzstrom vom Leitungsträger über die Isolatoren in das Netz übergehen und auf Nachbaranlagen übertragen werden.





Abb. 9. u. 10. Blitzschläge in Holzmastleitungen.

Leitungsschutz.

Kehren wir zu unseren elektrischen Anlagen zurück, so müssen wir uns zunächst mit dem Leitungsschutz befassen, denn die Leitung ist ja der primär getroffene Anlagenteil. Es ist aus den vorhergehenden Ausführungen ohne weiteres zu entnehmen, daß man den direkten Einschlag in die Strecke mit seinen lokalen Auswirkungen nicht durch irgendwelche Schutzapparate beherrschen kann, die in entfernten Stationen eingebaut sind. Darum vertreten wir die Meinung, daß man ihn am Ort der Einwirkung so gut wie möglich bekämpfen muß.

Um den Blitzschlag in die Leitung überhaupt zu verhüten, sind Auffangstangen in der Nähe der Leitung empfohlen worden. Es ist wahrscheinlich, daß im letzten Augenblick vor dem Einschlag dem Blitzkopf Entladungen aus hohen Spitzen der Umgebung entgegenwachsen können, worauf z. B. auch T o e p l e r [12] hingewiesen hat. Eine Führung des Blitzweges wird dadurch in beschränktem Umfange möglich. Diese Maßnahme darf aber als allgemeines Schutzmittel nicht zu hoch veranschlagt werden; man kennt Blitzeinschlagstellen neben ziemlich hohen Gebäuden, die anscheinend selbst nicht getroffen worden sind. Auch ist zu bedenken, daß doch noch Teilentladungen die Leitung selbst treffen können, daß sie vielleicht in erhöhter Zahl in den Leitungsbereich kommen. Das wenige Erfahrungsmaterial, das über Blitzauffangstangen zu erreichen war, sprach jedenfalls nicht überzeugend für sie. Aber auch wenn ihre günstige Wirkung zugegeben werden müßte, würde man sie in solcher Anzahl benötigen, daß ihre allgemeine Anwendung unwirtschaftlich wäre.

Weiterhin ist versucht worden, die Masten selbst mit hohen Auffangstangen zu versehen. Ehe wir auf ihren Nutzen eingehen, wollen wir uns mit dem Blitzeinschlag in den Mast überhaupt befassen. Abb. 11 soll darstellen, wie ein Blitzschlag in einen geerdeten Eisenmast sich auswirken kann. Wenn die Blitzstromstärke hoch und auch der Widerstandswert der Erdung nicht niedrig genug ist, kann ein beträchtlicher Spannungsabfall entstehen. Die Möglichkeit liegt vor, daß der Isolator rückwärts überschlagen wird und sich nun Teilströme vom Mast aus auf die Leitung ergießen und sich in Form von Wanderwellen auf der Leitung ausbreiten. Auf diese Gefahr hat zuerst Schwenkhagen aufmerksam gemacht; sie spielt wahrscheinlich eine große Rolle, um so mehr, je geringer die Leitungsisolation ist. Wir erkennen aber auch hier wieder den großen Wert einer möglichst guten Erdung der Maste.

[12] Toepler, Mitt. Hermsd. Schomb., H. 25, S. 776.

Kehren wir zur Auffangstange auf der Mastspitze zurück, so müssen wir sie nunmehr mit etwas gemischten Gefühlen betrachten. Wenn die Erdung des Mastes nicht ganz besonders gut ist und die Überschlagsspannung nicht besonders hoch, möchte man nicht gern überflüssig viele Blitze auf den Mast lenken, die sonst vielleicht seitlich neben der Leitung niedergegangen wären, besonders nicht die stromstarken Hauptstrahlen. Denn die Blitze würden ja nicht nur aus dem Gebiet längs der Leitung auf den Mast gezogen sondern auch aus der Querrichtung. Gefühlsmäßig möchte man sagen, daß Vorteile und Nachteile solcher Spitzen sich im allgemeinen die Waage halten mögen. Jedenfalls aber sollte man bei ihrer Anwendung auf ganz besonders gute Erdung achten.

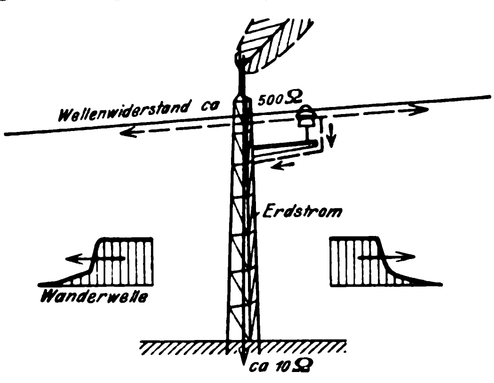


Abb. 11. Blitzschlag in Eisenmast.

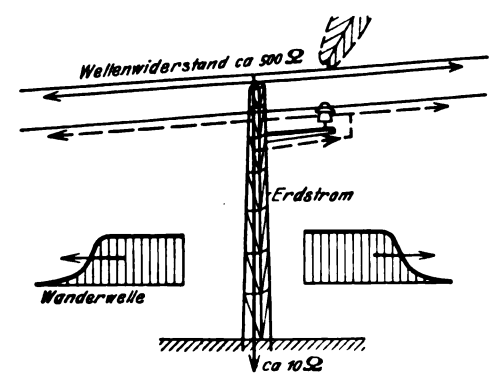


Abb. 12. Blitzschlag in Erdseil.

Wir kommen nun zur Betrachtung des Erdseiles. Wird ein Mast getroffen, der mit ihm ausgerüstet ist (Abb. 12), so wird während des Vorwachsens des Blitzkopfes und der Ausbildung des Blitzstromes auf ihm ein ähnlicher Vorgang sich abspielen wie auf dem vorher betrachteten Leitungseil. Nur wird die Höhe der Erdseilwanderwelle von vornherein auf den Wert des Spannungsabfalls beschränkt sein, den der Blitzstrom in der Masterde findet. Diese Wanderwelle ist aber auch für den Strom im Erdseil maßgebend; die Wellenwiderstände von je 500 Ω auf beiden Seiten entlasten also im ersten Augenblick die Masterde, zu der sie parallel liegen, nur wenig. Dementsprechend bleibt auch hier die Gefahr des rückwärtigen Überschlags in wenig verändertem Maße bestehen. Vom Standpunkt des Schutzes gegen Blitzeinschläge kann man also nicht sagen, daß das Erdseil über einzelne schlechte Masterden ausgleichend hinweg hilft; man muß vielmehr jeden einzelnen Mast sorgfältig erden.

Hat nun das Erdseil eine Schutzwirkung in dem Sinne, daß es Blitze abfängt und sie daran hindert, die Leitung zu treffen? Für Einschläge in die Leitung nahe am Mast, wo der Blitzstrom vom Erdseil unmittelbar auf den Mast übergehen kann, wird das sicher in gewissem Umfang der Fall sein. Je mehr Erdseile man verwendet und je weiter sie ausladen, um so besser wird es in dieser Hinsicht sein. Denn es kommt immerhin vor, daß selbst bei zwei Erdseilen der Blitz an den Erdseilen seitlich vorbeigeht und dann doch noch von der Seite auf ein darunter liegendes Leitungseil übergeht. Hier wird sicher auch bei hohen Spannungen das elektrische Feld eine Rolle spielen, welches die Betriebspannung in der Umgebung der Leiter erzeugt; es kann je nach der Phasenlage den Einschlag in ein bestimmtes Seil begünstigen. Vollzieht sich der Einschlag in das Erdseil nicht unmittelbar am Mast (Abb. 13), so ist bei einigermaßen kräftigen Blitzen kaum damit zu rechnen, daß das Erdseil wesentliche Beträge des Blitzstromes abführen kann; die Spannung gegen Erde und gegen die Phasenseile wird dann so hoch bleiben, daß der Blitz einfach weiter durchschlägt, wie es bei Einschlägen auf freiem Feld tatsächlich beobachtet worden ist. Wollte man sich hiergegen schützen, so müßte man die Leitung mit einem regelrechten Käfig umgeben, der auch Querverbindungen in genügender Zahl hätte, was schon aus wirtschaftlichen Gründen nicht durchführbar wäre. Den üblichen Erdseilen ist aber sicher auch auf freier Strecke ein beachtenswerter Schutzwert zumindest gegen Teilentladungen, welche schwächere Ströme bis zur Größenordnung von etwa 1000 A führen, nicht abzusprechen.

Ob man durch Verwendung von Erdseilen die Gefahren abschwächt oder nicht, eine Lehre müssen wir aus den dargelegten Verhältnissen ziehen: Wir verlangen, daß beim Einschlag in die Leitung die durch den Blitzkanal zugeführte Elektrizitätsmenge auf dem kürzesten und schnellsten Wege zur Erde abgeführt wird, damit sie möglichst wenig Unheil anrichtet, also nicht auf dem Umwege über große Leitungslängen zu Schutzapparaten in den Stationen sondern so unmittelbar wie nur irgendmöglich an der Eintrittstelle, d. h. am nächsten Mast. Das wird erreicht, wenn man Vorkehrungen trifft, den Blitzstrom schnell und unschädlich von der getroffenen Leitung über die Isolatoren auf die Masterde zu übertragen. Dazu muß der Isolator zwei Bedingungen erfüllen: erstens muß er möglichst geringe Überschlagverzögerung besitzen, weil davon die Höhe und Breite des ersten Wellenstoßes abhängt, der auf jeden Fall in das Netz läuft; zweitens muß er den Lichtbogen, der dem Überschlag folgt, ohne Schaden ertragen können. Ideal sind diese Forderungen bei Knüppelisolatoren mit weitausladenden Schutzringen (Abb. 14) erfüllt oder bei Ketten mit Schutzkörben (Abb. 15). Es wurde aber auch die Ansicht vertreten, daß gewöhnliche Kappenketten genügend lichtbogensicher seien.

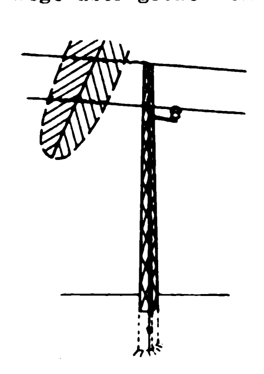


Abb. 13. Blitz trifft Erdseil und Leitungseil.



Abb. 14. Knüppelisolator mit Schutz gegen Lichtbogenwirkungen.

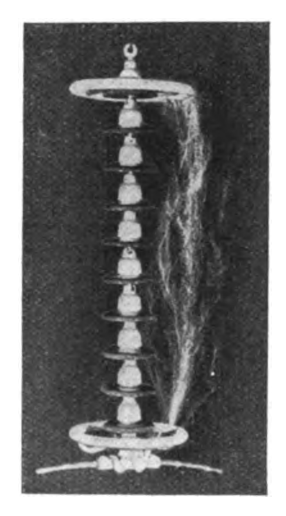


Abb. 15. Kette mit Schutz gegen Lichtbogenwirkungen.

Wenn man nun dergestalt jeden Mast bewußt als Blitzableiter heranzieht, so darf man nicht vergessen, daß der nachfolgende Lichtbogen auch schnell und überspannungsfrei gelöscht werden muß. Dazu haben sich Erdschlußspulen und ähnliche Einrichtungen so gut bewährt, daß Schwierigkeiten in dieser Hinsicht kaum bestehen. Allerdings darf nicht übersehen werden, daß diese Mittel versagen, wenn der Überschlag in mehreren Phasen erfolgt. In den meisten Fällen scheint dies aber nicht der Fall zu sein. Wir kennen eine große Anzahl von Fällen, in denen heftige Blitzeinschläge sich nur einphasig ausgewirkt haben. Die Fälle mit mehrphasigen Fehlern am Mast werden sich weiter verringern, wenn durch gute Masterdung der rückwärtige Überschlag an Bedeutung verliert. Außerdem sind gerade in den letzten Jahren in

der schnellen selektiven Abschaltung von Kurzschlüssen große Fortschritte gemacht worden.

Gegen die im vorstehenden befürwortete bewußte Förderung des möglichst verzögerungsfreien Überschlages auf der Leitung lassen sich Einwände erheben. Es ist die Frage aufzuwerfen, ob es nicht besser wäre, dem Isolator auf der Strecke eine solche Überschlagverzögerung zu geben, daß die Überschlagstelle an einen Blitzschutzapparat in der Station verlegt werden könnte. Wir glauben nicht, daß das zweckmäßig ist; denn jeder einigermaßen kräftige Blitzschlag wird doch diese Maßnahme illusorisch machen, weil die nicht abgeführte Ladung die Spannung sehr steigert und dann die Überschlagverzögerung sehr schnell abnimmt. Weiterhin könnte man die Meinung vertreten, daß isolierende Masten, z. B. ungeerdete Holzmasten, vorzuziehen seien, weil sie vielleicht etwas seltener getroffen werden und den Lichtbogenstrom so begrenzen, daß der Isolator auch ohne sonstige Schutzmaßnahme seltener beschädigt wird. Es mag sein, daß auch hier einige kurze, leichte Wischer gelegentlich ohne Schaden ertragen werden; dafür werden aber die Störungen bei allen einigermaßen kräftigen Schlägen sich um so unangenehmer auswirken, wie die vorgeführten Holzmastbilder zeigen. Wir glauben daher, diese Wege nicht empfehlen zu können.

Stationsschutz.

Wir kommen nun zur Station. Nachdem wir den Rat gegeben haben, den Blitzstrom so schnell und kräftig wie möglich an der Einschlagstelle von der Leitung zur Erde abzuführen, empfehlen wir, die Stationsisolatoren mit möglichst großer Überschlagverzögerung auszubilden und ihren Sicherheitsgrad möglichst hoch im Vergleich zu dem der Leitung zu wählen. Wenn man die besprochene Maßnahme am Mast durchführt, können die von der Leitung in die Station einziehenden Wellen nur ganz kurzzeitig eine große Höhe haben, entsprechend der kleinen Überschlagverzögerung auf der Strecke. Längere Wellen sind in ihrer Höhe auf die Überschlagspannung der Leitungsisolatoren begrenzt. Daraus ergeben sich für die einziehende Wanderwelle Formen, wie sie in Abb. 16 noch einmal gezeigt sind, diesmal mit stärker abgefallenem Rücken, entsprechend der verbesserten Masterde. Der Abszisenmaßstab ist auf Zeiten umgerechnet. Dazu ist eine Kurve gezeichnet, welche für die Stationsisolatoren die Beziehung zwischen Überschlagspannung und Überschlagverzögerung darstellt.

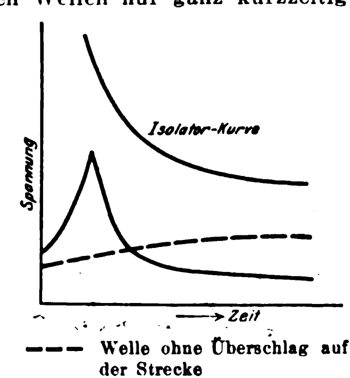


Abb. 16. Zeit-Durchschlag-Kurve und Beanspruchung der Stationsisolation.

Ein anzustrebendes Ziel sollte es sein, dafür zu sorgen, daß die Wanderwelle mit genügendem Spielraum innerhalb der Kurve für die Stationsisolatoren bleibt, damit die Wanderwellen keinen Überschlag an diesen Isolatoren hervorrufen können. Allerdings darf nicht übersehen werden, daß Reflexionen in der Station auftreten, durch welche die Spannungen erhöht werden. Es müßte also ein ziemlicher Abstand zwischen beiden Kurven bleiben. Für die hohe Anfangspitze läßt er sich um so leichter schaffen, je geringer die Verzögerung auf der Strecke und je größer sie in der Station ist. Im flachen Teil würde man allerdings damit rechnen müssen, daß längere Wanderwellen von der Höhe der statischen Überschlagspannung der Leitungsisolatoren einziehen, nämlich dann, wenn es nicht zum Überschlag auf der Strecke kommt. Man müßte also, um auch hier die Spannungserhöhung durch Reflexionen mit zu berücksichtigen, einen nicht unerheblich höheren Sicherheitsgrad für die Stationsisolatoren gegenüber den Freileitungsisolatoren einführen. Die Verwirklichung dieser Gedankengänge würde schließlich einen apparativen Stationsschutz entbehrlich machen können oder wenigstens sehr vereinfachen.

Es darf aber nicht verkannt werden, daß nur durch eine erhebliche Umstellung der bisherigen Praxis der Stationsisolierung der gekennzeichnete Zustand vollkommen zu erreichen sein wird. Es müßten auch erhebliche wirtschaftliche Widerstände überwunden werden. Solange eine solche Umstellung nicht durchgeführt ist, wird man durch die vorgeschlagenen Maßnahmen die Gefährdung der Stationen stark herabsetzen, sie aber noch nicht völlig beseitigen. Es würde dann noch ein Betätigungsfeld für Blitzschutzapparate bleiben. Folgende Aufgaben würden sich ihnen bieten:

1. Abflachung der steilen Fronten,
2. Herabsetzung der steilen Anfangspitze,
3. Bekämpfung des langen Wellenrückens.

Die beiden ersten Punkte dieses Programms sind leicht zu erfüllen. Kondensatoren würden z. B. beide Funktionen übernehmen können, soweit sie betriebsicher sind. Bei der Kürze der Wellenspitzen würden wirtschaftlich tragbare Batterien ausreichen. Viel schwieriger ist die Bekämpfung des Wellenrückens. Er ist zwar durch die Maßnahmen auf der Strecke auf die statische Überschlagspannung der Leitungsisolatoren begrenzt. Aber die große einströmende Blitzladung kann ihn außerordentlich lang machen. Darum wird man auf eine Ableitung zur Erde nicht verzichten können.

Um dem Schutz genügende Wirksamkeit zu geben, muß man den Ableitungswiderstand von der Größenordnung von 500 Ω machen. Dann wird die Welle auf einen erträglichen Wert herabgesetzt. Es muß verlangt werden, daß der beträchtliche nachfließende Netzstrom betriebsicher unterbrochen wird und daß der Widerstand ein solches Ansprechen oft genug hintereinander verträgt. Die VDE-Vorschriften verlangen sogar, daß dieser Strom 2 min lang ausgehalten wird. Diese Forderung ist der Einführung eines genügend niedrigen Widerstandswertes sehr hinderlich. Es wäre daher zu begrüßen, wenn diese Bestimmung im vorstehenden Sinne geändert würde.

Als Einbaustelle ist die Sammelschiene ungeeignet, weil hier durch Zerteilung der ankommenden Welle die Spannung herabgesetzt wird, der Schutz also nicht anspricht. Sein gegebener Platz ist die Einführungstelle der Leitung; die Praxis, ihn vor die Station zu setzen, gewinnt glücklicherweise Boden. Die vorgeschaltete Funkenstrecke muß etwas unterhalb der statischen Überschlagspannung der Freileitungsisolatoren ansprechen, damit nicht erst Spannungserhöhungen durch Reflexionen zum Ansprechen nötig sind. Das kurze Stück, das die Welle bis zum Ansprechen des Schutzes durchläuft, wird bei genügender Überschlagverzögerung der Stationsisolatoren auch an Reflexionspunkten kaum schaden.

Auf die Frage, wie weit die bekannten Schutzapparate die Praxis befriedigen, will ich nicht im einzelnen eingehen, zumal die hier wiedergegebenen Gedankengänge andere Wege weisen. Allgemein kann man sagen, daß die Elektrizitätswerke noch immer überwiegend ungünstige Erfahrungen berichten. Im übrigen verweise ich auf die in letzter Zeit erschienenen wissenschaftlichen Untersuchungen an Überspannungschutzapparaten[13]; auch das bei uns vorliegende Material ist veröffentlicht[14].

Zum Schluß möchte ich noch zum Vergleich heranziehen, wie man in Amerika über die Blitzschutzfrage denkt. Viel beachtet werden die klydonographischen Untersuchungen, die dort an Freileitungen im Betriebe gemacht worden sind. Einen großen Teil der so festgestellten Überspannungen hält man dort für indirekte Einwirkungen. Ob sich nicht auch diese durch direkte Einschläge von Teilentladungen erklären lassen, werden weitere Untersuchungen ergeben müssen. Sehr beachtenswert ist aber, daß man trotzdem in Amerika in mancher Beziehung zu ähnlichen Schlüssen kommt wie wir. So legt man z. B. ebenfalls großen Wert auf gute Masterden, um den Wanderwellenrücken herunterzusetzen. Die Nützlichkeit des Erdseils wird ebenfalls stark hervorgehoben. Auch spricht man sich gegen die Neigung aus, die Leitung zu hoch zu isolieren, wodurch die Störungen auf die Ausrüstung der Stationen übertragen werden; von den Stationsisolatoren verlangt man hohe Stoßfestigkeit und man spricht von einer Abstufung des Sicherheitsgrades.

Trotzdem also drüben noch an eine Bedeutung indirekter Einwirkungen geglaubt wird, kommt man dort und bei uns unabhängig voneinander zu ganz ähnlichen Richtlinien. Besonders erfreulich ist, daß man nun auch in Amerika eine großzügige Forschungstätigkeit in Gang gebracht hat. Nachdem somit der Reihe nach Schweden, Deutschland, die Schweiz und Amerika derartige Arbeiten energisch angegriffen haben, können wir wohl mit Sicherheit darauf rechnen, daß die leidige Blitzschutzfrage spätestens in einigen Jahren völlig geklärt sein wird.

[13] K. Sommer, Arch. El. Bd. 18, S. 283. — E. Flegler, Arch. El. Bd. 19, S. 527.

[14] 1. Forschungsheft der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen.

Bemerkungen zu den „Regeln für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen nebst Anlassern und Reglern sowie bei Transformatoren" des VDE*.

Von Dipl.-Ing. **O. Hammerer**, Berlin, Oberingenieur beim VDE.

Übersicht. Die der Neubearbeitung der „Regeln für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen nebst Anlassern und Reglern sowie bei Transformatoren" zugrunde liegenden Gesichtspunkte sowie die damit zusammenhängenden hauptsächlichen Vorschläge einer international-einheitlichen Festlegung der Klemmenbezeichnungen werden besprochen, wobei auf einzelne Punkte zur Erläuterung des Entwurfs näher eingegangen wird. Schließlich wird angeregt, die Festlegung von Klemmenbezeichnungen nicht nur zu beschränken auf die Verwendung an den Geräten, für die sie gelten sollen, sondern die Behandlung dieser Fragen vielmehr einzugliedern in eine Arbeit, die jede bildlich-schematische Darstellung verknüpft mit der rechnerisch-beschreibenden Betrachtung eines Problems.

Die seit 1. Juli 1908 bzw. mit den daran vorgenommenen Ergänzungen seit 1. Juli 1909 gültigen „Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlassern, Reglern und Transformatoren" wurden, gemachten Anregungen zufolge, einer erweiterten Neubearbeitung unterzogen.

Da sich gezeigt hat, daß die alleinige Beschreibung der Klemmenbezeichnung bei praktischer Anwendung der Bezeichnungsgrundsätze auf neue Maschinenarten nicht immer genügt und daß infolge verschiedenartiger Überlegung oftmals seitens der einzelnen Hersteller an sich gleichartige Wicklungen, besonders bei Wechselstrom-Kommutatormotoren, verschiedenartig bezeichnet werden und man daher stets mehr oder weniger doch wieder auf ein mitzulieferndes Schaltungsbild angewiesen bleibt, so wurde eine Verbesserung der bisherigen Vorschläge durch Ausarbeitung von möglichst vielseitigen Musterbeispielen für die heute üblichen Schaltungen zu erzielen versucht. Als wichtiger Gesichtspunkt zieht sich durch die gesamte Arbeit der einer möglichsten Anpassung an die Gepflogenheiten anderer, in dem grundsätzlichen System mit Deutschland übereinstimmenden Länder; wie weiter unten noch kurz berichtet werden wird, liegen im Rahmen der IEC-Verhandlungen[1] bereits gewisse greifbare Vorschläge hierfür vor.

Der Aufbau der Neubearbeitung geht von gewissen Fundamentalgebräuchen aus, die bereits in den bisherigen „Normen" vom Jahre 1908 bzw. 1909 festgelegt und als feststehend und eindeutig seit dieser Zeit überall in Deutschland zur Anwendung gekommen sind; hinsichtlich der Darstellung der einzelnen Schaltungsbilder schließt sich der Entwurf den von dem Ausschuß für Schaltbilder in den Normblättern DIN VDE 710 u. f. gleichfalls möglichst in Übereinstimmung mit den diesbezüglichen Arbeiten der IEC festgelegten Schaltzeichen und Schaltbildern weitestgehend an, ohne jedoch in gewissen Punkten eigene Wege zu vermeiden. Der Zukunft muß es überlassen bleiben, hier ebenso möglichst restlose Übereinstimmung zu schaffen, wie weiterhin mit den Arbeiten noch einige weitere Gesichtspunkte zu verknüpfen, zu denen Ansätze bereits vorhanden sind, z. B. Klemmenbezeichnung und Vektorrichtung u. dgl.; in dieser Beziehung möge der Entwurf auch weiteren Kreisen eine fruchtbare Anregung bieten.

Bevor auf die Besprechung einzelner Blätter eingegangen wird, sei eine kurze Zusammenfassung der allgemein-grundsätzlichen Gesichtspunkte für die internationalen Verhandlungen auf diesem Gebiete vorangestellt.

Die Mehrheit der an den Verhandlungen in Bellagio im Jahre 1927 beteiligten Länder hat sich für die Verwendung des „europäischen Systems" der Buchstabenbezeichnung, das bisher bereits in Deutschland üblich ist, als der Grundlage eines Klemmenbezeichnungssystems ausgesprochen. Dieses System unterscheidet sich von dem „amerikanischen System" der Zahlenbezeichnung dadurch, daß für die Klemmen verschiedener Wicklungen grundsätzlich verschiedene B u c h s t a b e n (im allgemeinen meist ohne jeden Zahlen- oder Buchstabenindex) gebraucht werden, während nach dem System der Zahlenbezeichnung die allgemeine Kennzeichnung einer Wicklung wohl durch einen Buchstaben, die besondere der Klemmen aber grundsätzlich durch eine Z i f f e r vorgenommen wird. Die beiden Systeme, die durch die Abb. 1 und 2 näher erläutert werden, unterscheiden sich übrigens noch in einem weiteren Punkt, indem einerseits konventionelle Buchstaben (in der Reihenfolge des Alphabets) wie z. B. in Deutschland, anderseits symbolische Buchstaben, die oft Anfangsbuchstaben der betreffenden Wicklungsbezeichnung sind, verwendet werden.

Der bisherigen an sich in Deutschland bereits üblichen Gepflogenheit, große Buchstaben für die Oberspannungsseite von Transformatoren und für die Ständer von Wechselstrommaschinen, kleine Buchstaben für die Unterspannungsseite von Transformatoren und für die Läufer von Asychronmotoren zu verwenden, trägt gleichfalls das Ergebnis einer nach dieser Richtung veranstalteten internationalen Rundfrage Rechnung ebenso wie dem Grundsatz, im allgemeinen einer Klemme nur einen einzigen Kennbuchstaben zuzuordnen.

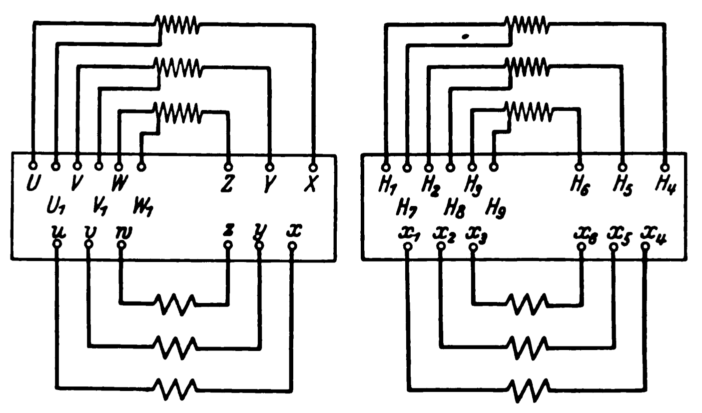


Abb. 1. Europäisches System der Buchstabenbezeichnung (offene Dreiphasenwicklung mit Anzapfung) **.

Abb. 2. Amerikanisches System der Ziffernbezeichnung (offene Dreiphasenwicklung mit Anzapfung) **.

Nächst der in erster Linie wohl rein theoretischen Frage des Klemmenbezeichnungssystems spielt für die praktische Anwendung eine wichtige Rolle, welche Zuordnung zwischen Drehsinn und Bezeichnung besteht. Während nahezu einstimmig als Normal-Drehrichtung sowohl für Generatoren wie für Motoren der Uhrzeigersinn (rechts gerichteter Pfeil) vorgeschlagen wird, werden bezüglich der Blickrichtung, in der gesehen die Maschine im Regelfall rechtslaufend sein soll, die verschiedensten Vorschläge gemacht. Und in der Tat ist diese Frage bei der Vielfachheit und der Vielseitigkeit elektrischer Maschinen sowie der Form ihres konstruktiven und mechanischen Aufbaues nicht leicht eindeutig in einer alle Fälle und Möglichkeiten umfassenden Form zu beantworten. Der deutsche Standpunkt, dem auch die vorliegenden Regeln Rechnung tragen, wird durch § 76 der R.E.M. wiedergegeben; von ihm abzuweichen bestand kein Anlaß, um so mehr als diese Frage noch einer weiteren Prüfung und internationalen Verhandlung unterliegen soll und ein bestimmter Vorschlag vielleicht erst gelegentlich der nächsten Tagung der IEC zu erwarten sein wird.

Der vorliegende Entwurf, der bestrebt ist, soweit möglich sich den mit ihm im Prinzip und in vielen Punkten übereinstimmenden Arbeiten hauptsächlich Italiens, Österreichs und der Schweiz anzupassen, enthält auf den Tafeln 1 und 2 übliche Schaltungen für Gleichstrommaschinen (mit und ohne Wendepole) der drei möglichen Erregungsarten; beachtlich ist, wie übrigens auch im Text bemerkt wird, daß der ursprünglich aufgestellte Grundsatz der Unveränderlichkeit der Remanenz einer Maschine bei Änderung der Drehrichtung zugunsten bequemer und einfacher Montage durch einfache Umschaltung der verhältnismäßig handlichen Zuleitungen zur Erregerwicklung und dadurch bewirkte Umpolung des Erregerfeldes wenigstens da, wo eine bleibende Änderung bezweckt wird, im Laufe der

* Der Entwurf selbst wird auf S. 1497 dieses Heftes veröffentlicht.

[1] Vgl. ETZ 1926, S. 655 u. 1441; 1928, S. 161.

** Die beiden Abbildungen sollen hinsichtlich der Darstellung der Wicklungsanordnung oder des Schemas der Klemmenanordnung selbst nicht maßgebend sein.



Beratungen fallen gelassen wurde. Auf diese Weise gelang es, eine weitestgehende Übereinstimmung der deutschen und schweizerischen Bezeichnungen herbeizuführen. Betrachtet man beispielsweise die als Motor-Rechtslauf in Abb. 3 gekennzeichnete Schaltung einer Gleichstrom-Doppelschlußmaschine mit Wendepolen, bei der die Wicklungsachse je für sich gleich bzw. entgegengesetzt gerichtet, stehen aber untereinander senkrecht.

Auffallender als bei den Tafeln über Gleichstrommaschinen ist diese gegenseitige Zuordnung des Richtungssinns von Wicklungen bei den Schaltungen für Drehstrom, bei dem die drei Systeme bekanntlich jeweils einen

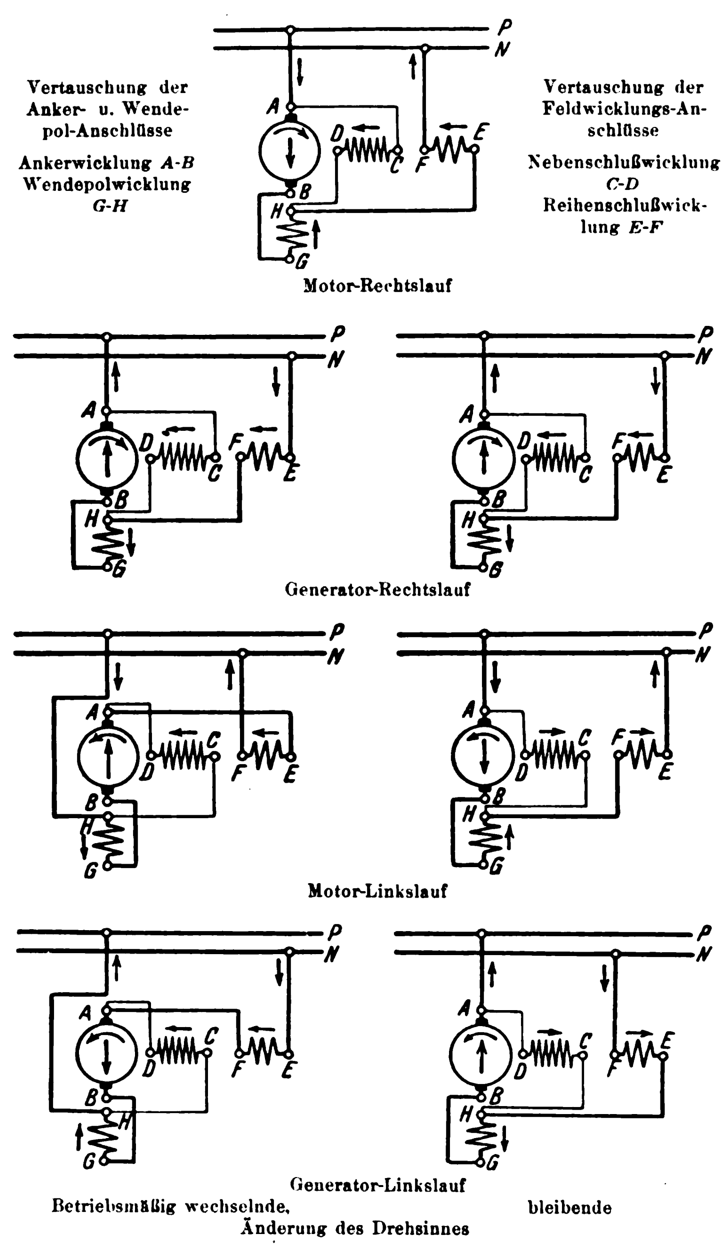


Abb. 3. Umschaltung von Gleichstrom-Doppelschlußmaschinen mit Wendepolen.

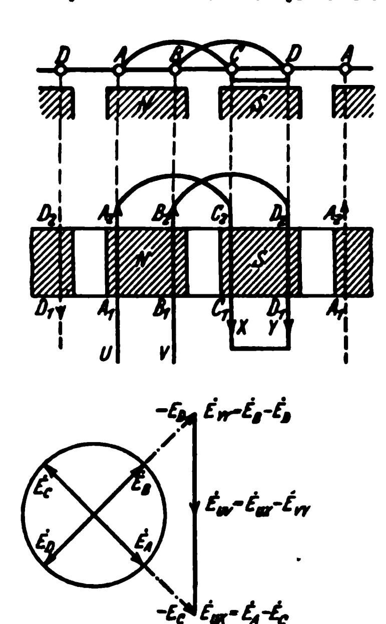


Abb. 4. Einphasenwicklung, entstanden durch Gegenreihenschaltung der beiden Wicklungsstränge einer Zweiphasenwicklung.

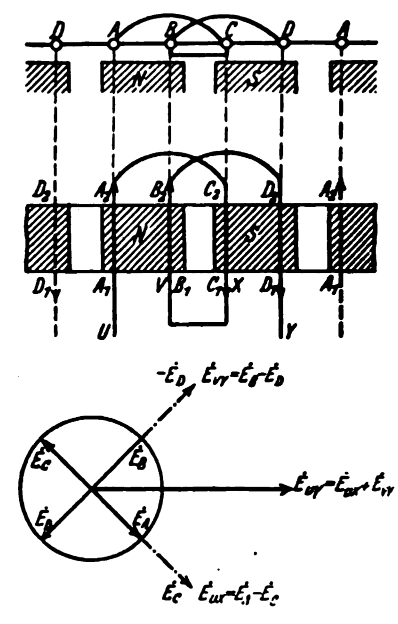


Abb. 5. Einphasenwicklung, entstanden durch Summenreihenschaltung der beiden Wicklungsstränge einer Zweiphasenwicklung.

Klemmenbezeichnung so gewählt wurde, daß der Strom in allen Wicklungen im Sinne der alphabetischen Buchstabenfolge die gleiche Richtung hat, als gegeben, so hat man bei Änderung der Drehrichtung bzw. der Betriebsart je nach dem zugrunde gelegten Prinzip der Umschaltung andere Schaltmaßnahmen zu treffen, von denen die in der rechten Hälfte dieser Abbildung dargestellten Umschaltungen, die sich nur auf eine Vertauschung der Anschlüsse für die Nebenschluß- bzw. Reihenschlußwicklung beschränken, wohl praktisch die einfacheren sein dürften, wie oben erwähnt.

Wichtig ist für die gegenseitige Anordnung der einzelnen Wicklungen der fast überall auch in den sonstigen Tafeln des Entwurfs zur Durchführung gebrachte Grundsatz, daß der im Schaltungsbild dargestellte räumliche Winkel der verschiedenen Wicklungs*achsen* zueinander übereinstimmen soll mit dem Winkel, den die magnetischen Felder der betreffenden Wicklungs*systeme* miteinander bilden; es sind also in elektrischer Hinsicht z. B. einerseits Anker-, Kompensations- und Wendepol-Wicklungsachse und anderseits Nebenschluß- und Reihenschluß-

elektrischen Winkel von $2\pi/3 = 120°$ miteinander einschließen. Über die Reihenfolge der drei Systeme, die in Beziehung zu der Drehfeldrichtung steht, wird weiter unten noch berichtet werden.

Die Verkettung der drei Wicklungsysteme wurde hierbei bei Sternschaltung durchweg so vorgenommen, daß die Enden *X*, *Y*, *Z* miteinander zum sog. Sternpunkt verkettet wurden und die für den Anschluß der drei Hauptleitungen *R*, *S*, *T* bestimmten Anfänge *U*, *V*, *W* offen blieben. Dieser Grundsatz kommt auch bei den Klemmenbezeichnungen für Zweiphasenstrom und Einphasenstrom zur Anwendung. Der Umstand, daß bei Einphasenstrom die Klemmenbezeichnung *U*, *V* gewählt wurde anstatt *U*, *X*, wie eigentlich erwartet werden sollte,

da mit den Buchstaben *U, V, W* die Anfänge und mit den Buchstaben *X, Y, Z* die Enden von Wicklungen bezeichnet werden, bedeutet keinen Widerspruch und kein Abweichen von dieser Regel; denkt man sich nämlich die Einphasenwicklung durch Gegenreihenschaltung der

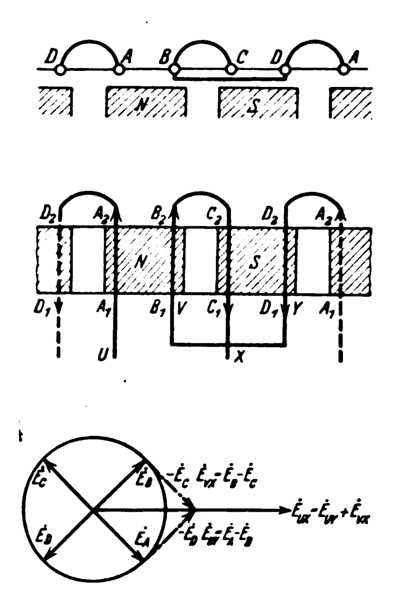


Abb. 6. Einphasenwicklung, entstanden durch Mischreihenschaltung der Leiter einer Zwei-(Vier-)phasenwicklung.

beiden Wicklungsstränge einer Zweiphasenwicklung, die ihrer Theorie nach an sich eine Vierphasenwicklung ist, hergestellt, wie aus Abb. 4 ersichtlich wird, so stimmt die Klemmenbezeichnung für die Einphasenwicklung überein mit der für die Zweiphasenwicklung, wobei jedoch der Verkettungspunkt *XY* als unwesentlich nicht eigens bezeichnet worden ist. Grundsätzlich wäre unter Umständen bei einer anderen Art der Verkettung der beiden Wicklungsstränge *U, X* und *V, Y* oder der einzelnen Leiter auch die Klemmenbezeichnung *U, Y* bzw. *U, X* gerechtfertigt, wie sich aus Abb. 5 u. 6 ergibt; allerdings sind die der Abb. 4 einerseits und den Abb. 5 u. 6 anderseits entsprechenden Einphasenspannungen um 90° gegeneinander verdreht. Aus wicklungstechnischen Gründen[2] führt man jedoch praktisch Einphasenwicklungen niemals mit voller Bewicklung der Polteilung aus, sondern in der Regel nur mit Zweidrittel-Bewicklung; das entspricht der verketteten Schaltung zweier Wicklungsysteme einer Drehstromwicklung (s. Abb. 7).

Ein Punkt, der besonderer Beachtung bedarf, ist die gegenseitige Zuordnung des Drehsinnes von Wechselstrommaschinen, der Drehfeldrichtung und der Klemmenbezeichnung des Netzes. Als allgemeiner Grundsatz gilt, daß die Reihenfolge der Buchstaben *R, S, T* für die Leitungen eines Drehstromnetzes die zeitliche Phasenfolge angeben soll. Als normaler Drehsinn der Maschine und damit auch des Drehfeldes unter Berücksichtigung des Umstandes, daß *R* und *U*, *S* und *V*, *T* und *W* miteinander verbunden werden, wird, wie bereits eingangs erwähnt, der Rechtslauf (im Sinne des Uhrzeigers) angenommen. Wählt man, wie heute wohl bereits in den meisten Fällen übereinstimmend in der Literatur angewandt, den Vektordrehsinn entgegen dem Drehsinn des Uhrzeigers, so daß der Zeitliniendrehsinn, weil umgekehrt, wieder im Sinne der Uhrzeigerbewegung erfolgt, so ergibt sich eine Reihenfolge der drei an sich um je 120° gegeneinander gedrehten Systeme gleichfalls im Sinne der Uhrzeigerbewegung, wie in Abb. 8 dargestellt.

Die Drehrichtung einer Wechselstrommaschine wird bekanntlich durch Vertauschen zweier Anschlüsse umgedreht, so daß die Umschaltung einer für Rechtslauf bezeichneten Maschine für Linkslauf verhältnismäßig einfach ist. Schwieriger für die Beurteilung bleibt aber der Fall, daß eine Maschine von vornherein für Linkslauf bestellt wird. Um Mißverständnisse auszuschließen, muß in solchen Fällen der Drehsinn, bei dem Phasenfolge und Buchstabenfolge der Klemmen übereinstimmen, durch einen Pfeil kenntlich gemacht werden; dies wird ganz besonders da wichtig sein, wo die Buchstabenfolge *U, V, W*, die ja die Phasenfolge angibt, von vornherein auf den Linkslauf bezogen ist und demgemäß die Kreuzung zweier Anschlüsse bereits im Innern der Maschine vorgenommen wurde, wie es mitunter bei größeren[3] Drehstrommaschinen dann der Fall ist, wenn sie auch eindeutig für Linkslauf wegen ihrer Kupplung mit einer dementsprechend umlaufenden Turbine (z. B. linkslaufende Zoelly-Turbine) oder Arbeitsmaschine bezeichnet werden sollen.

Die Kennzeichnung der Schaltung von Drehstromtransformatoren pflegt entweder durch Angabe der Art der Verkettung der Phasen, also △, ⋎, ⋎ oder durch Angabe der Schaltung entsprechend den Schaltgruppen des § 8 der R.E.T. vorgenommen zu werden. Es sei in diesem Zusammenhange darauf hingewiesen, daß seitens der IEC angeregt wurde, die Phasenverdrehung der Oberspannungen gegenüber den Unterspannungen durch eine Art „Uhrzifferbezeichnung" (12 h = 360°) anzugeben, ebenso wie an Stelle der bisherigen Schaltzeichen △, ⋎, ⋎ die für den Schriftverkehr praktischeren Buchstaben *D, Y, Z* bzw. *d, y, z* zu verwenden. Eine endgültige Regelung ist

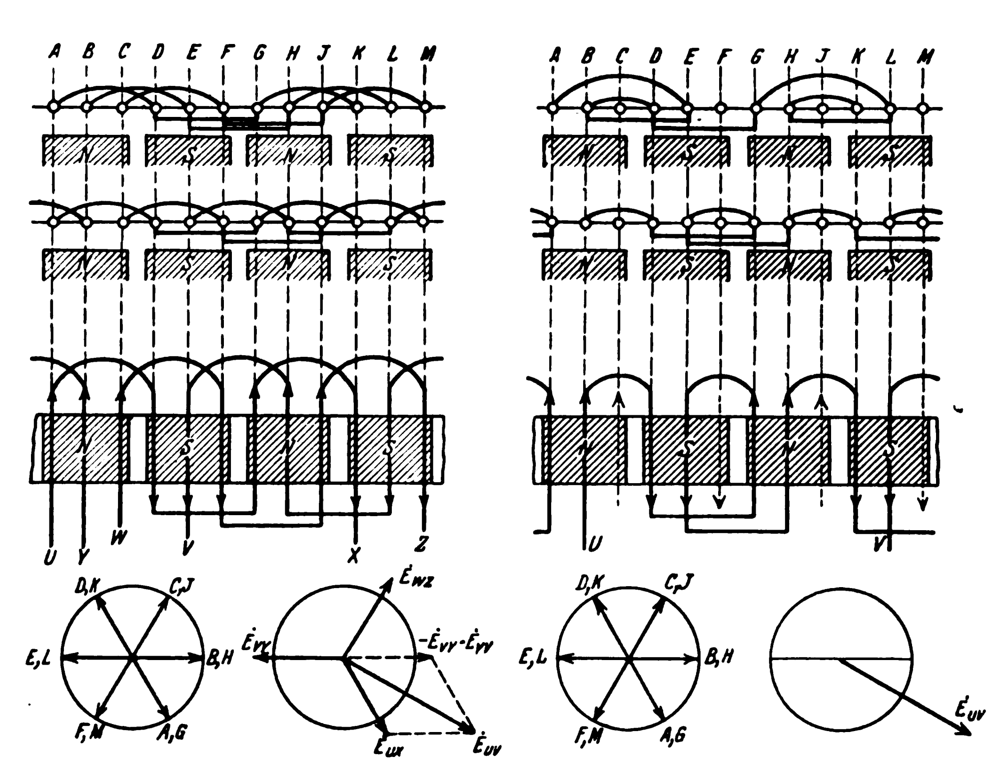


Abb. 7. Einphasenwicklung (rechts), entstanden durch Gegenreihenschaltung zweier Wicklungsstränge einer Dreiphasenwicklung (links).

[2] Verwendung normaler Drehstromwicklungs-Blechschnitte auch für Einphasenwicklungen, trapezförmige Feldverteilung als Annäherung an die Sinusform u. dgl.

[3] Gemäß § 76 der R.E.M. 1930 sind solche Vereinbarungen nur auf Maschinen über 100 kVA beschränkt.



allerdings noch nicht erreicht, so daß der vorliegende Entwurf an dem bisherigen Zustand, wie er sich in Deutschland eingebürgert hat, noch festhält.

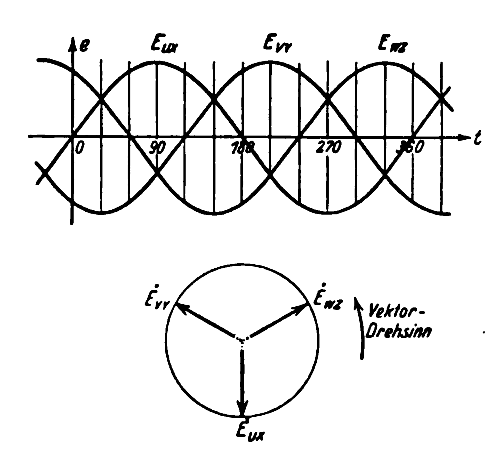


Abb. 8. Vektorfolge und Drehsinn im Zeit- und Vektordiagramm.

Die Frage der „Normalschaltungen" für Transformatoren, für die in Deutschland A_2 (C_1, C_2) und C_3 in Aussicht genommen ist (vgl. § 8 der R.E.T./1930, DIN VDE 2600 und 2601 nebst Erläuterungen sowie 2610), unterliegt noch eingehender internationaler Beratung; von den in Vorschlag gebrachten fünf Schaltungen (s. Abb. 9) scheinen für Deutschland nur die beiden ersten in Betracht zu kommen; der vorliegende Entwurf beschränkt sich auf die Schaltung A_2.

Während die Verkettung der drei Systeme bei Y-Schaltung auch hier entsprechend dem bereits im vorhergehenden erwähnten Grundsatz des Zusammenschlusses ausschließlich der Enden *X, Y, Z* bzw. *x, y, z* zum Sternpunkt vorgenommen wurde, läßt sich aus den R.E.T. hinsichtlich der Verkettung bei Δ-Schaltung keine bestimmte Regel ableiten, da sowohl die Verkettung *xv/yw/zu* bzw. *XV/YW/ZU* als auch die Verkettung *uy, vz, wx* gebräuchlich sind.

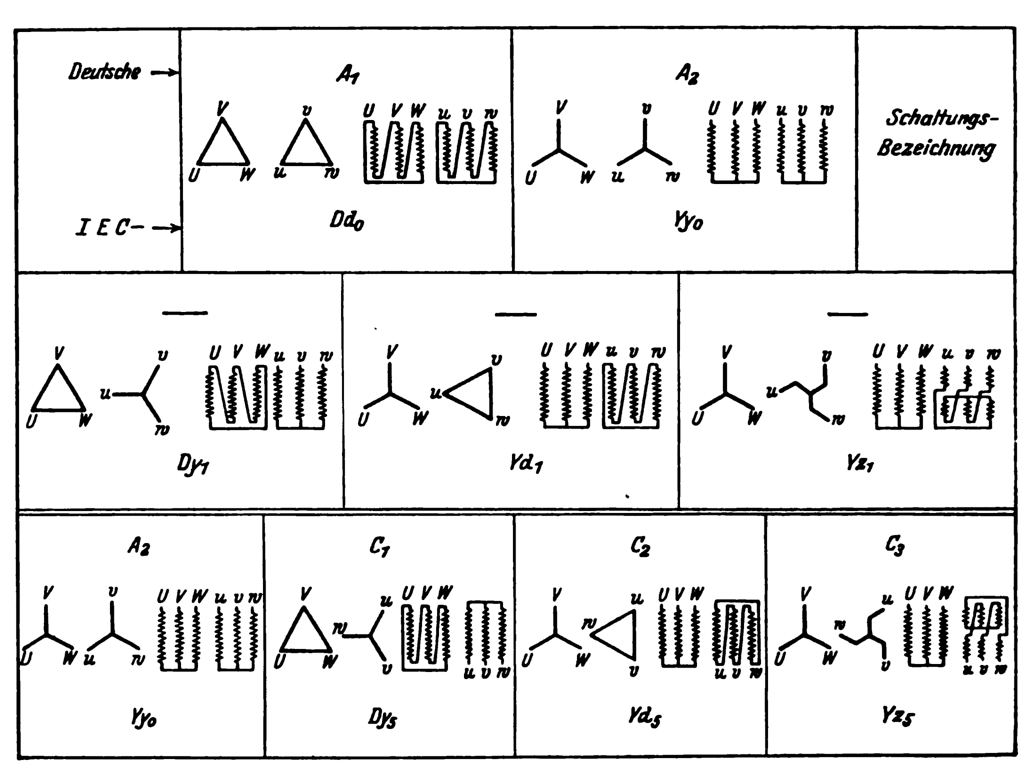


Abb. 9. Zur internationalen Normung vorgeschlagene und in Deutschland gebräuchliche „Normal"-Schaltungen.

Der internationale Vorschlag, die Anordnung der Transformatorklemmen so vorzunehmen, daß bei Betrachtung von der Oberspannungsseite aus die Reihenfolge von links nach rechts und ein gegebenenfalls herausgeführter Nullpunkt links neben der Klemme *U* liegt, entspricht der in Deutschland übrigens bereits zur Norm (DIN VDE 2600 und 2601) gewordenen Ausführung (s. Abb. 10) und wird weiterhin dem § 59 der R.E.T./1930 gerecht.

Wie aus Tafel 8 des Entwurfes zu ersehen ist, pflegen Anzapfungen von Transformatorwicklungen so bezeichnet zu werden, daß der Klemme mit der kleinsten Indexziffer die höchste Spannung entspricht; wie diese Frage international geregelt wird, läßt sich heute noch nicht übersehen, da etwa gleichviele Länder, wie dieser Festlegung zustimmen, auch für eine gegenteilige Regelung eingetreten sind.

Für Spannungswandler gelten dieselben Klemmenbezeichnungen wie für Leistungstransformatoren, indes pflegt das Übersetzungsverhältnis augenfällig dadurch angedeutet zu werden, daß, ebenso wie bei den Strom-

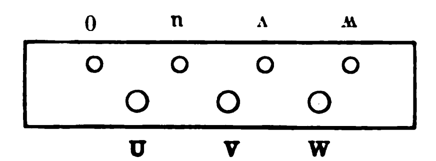


Abb. 10. Klemmenanordnung bei Drehstromtransformatoren.

wandlern, die Unterspannungseite lediglich durch einen e i n e Windung andeutenden Strich zur Darstellung gebracht wird.

Die Klemmenbezeichnung der Stromwandler weicht von der für Leistungstransformatoren ab, indem für die Stromwandler die Buchstaben *K* und *L* bzw. *k* und *l* in Übereinstimmung mit den in der Schweiz üblichen Klemmenbezeichnungen vorbehalten bleiben.

Der vorliegende Entwurf, der auch im wesentlichen die seinerzeit deutscherseits gemachten Vorschläge bei der internationalen Behandlung der Frage der Klemmenbezeichnungen wiedergibt, wird voraussichtlich mit Rücksicht auf die in der nächsten Zeit seitens der IEC zu fassenden Beschlüsse vorläufig noch nicht als endgültig in Kraft gesetzt werden; es bietet sich daher die Gelegenheit, dem VDE und seinen Kommissionen auch sonstige Anregungen zu geben, sei es hinsichtlich Ergänzung der veröffentlichten Tafeln, sei es hinsichtlich der Anpassung an die Schaltbilder der Normblätter DIN VDE 710 u. f. oder hinsichtlich des einen oder anderen das Anwendungsgebiet erweiternden Gesichtspunktes.

Aus der Entwicklung des Druckluftschalters*.

Von Dipl.-Ing. **K. A. Wiedamann,** Berlin.

Übersicht. Von den zahlreichen Druckgasschaltern, die etwa seit der Jahrhundertwende in Amerika und Europa erfunden wurden, werden diejenigen näher beschrieben, die nach ihrem Prinzip in die Entwicklungslinie der heutigen Druckgasschalter eingereiht werden dürfen.

Die ersten Konstruktionen von Schaltern mit Druckluftlöschung des Lichtbogens sind um die Jahrhundertwende in Amerika aufgetaucht[1]. Abb. 1 zeigt einen derartigen Schalter. Die Stromzuführungen befinden sich bei *D* und *D'* und eine Kontaktbrücke *B* verbindet die beiden Kontakte c_3 und c_4. Im Fuß des Schalters ist ein starker Magnet *M* untergebracht, der einen beweglichen schweren Kern *P* umschließt, dessen Führungstange *r* die Kontaktbrücke *B* trägt. Die Wirkungsweise des Schalters ist nun folgende: Wird der Magnet *M* erregt, so zieht er sehr rasch den schweren Kern *P* an, der als Kolben in dem Zylinder *P'* die Luft komprimiert und durch die beiden Düsen *a* und *a'* gegen die in Serie liegenden Kontaktstellen c_3 und c_4 preßt und so gleichzeitig mit der Abhebung der Kontaktbrücke *B* die Öffnungslichtbogen löscht.

Während bei dieser Konstruktion noch die zur Löschung erforderliche Druckluft durch die Bewegung des Schalters erzeugt wird und auch nur einfache Kontakte vorhanden sind, bringt die um das Jahr 1905 ebenfalls aus Amerika bekanntgewordene Schalterausführung[2] (Abb. 2 und 3) eine Reihe bedeutender Verbesserungen mit sich. Der feststehende (linke) Kontaktteil weist die feststehenden Kontakte *4* auf und enthält zwischen ihnen den axial federnd verschiebbaren Hilfskontakt *10*. Gegen diese Kontakte sind, auf einem Schlitten beweglich, die entsprechenden Gegenkontakte *16* und *17* angeordnet. Der Schlitten *28* stellt einen Teil des Zylinders *25* dar, in dem, mit dem Kolben *24* verbunden, die die Kontakte tragende Stange *19* geführt ist. Durch die Kraft der Feder *26* wird der bewegliche Kontaktteil offengehalten. Zum Schließen des Schalters wird hinter den Kolben *24* Druckluft eingeführt, die entgegen der Federkraft den Kolben mit den Kontakten vorschiebt und in Einschaltstellung bringt, der Hilfskontakt *10* wird durch den Gegenkontakt *17* zurückgedrückt und die Hauptkontakte *4* und *16* greifen ineinander. Soll der Schalter geöffnet werden, so wird von Hand oder automatisch die Druckluft im Zylinder *25*, die der am Kolben wirkenden Federkraft entgegenwirkte, abgelassen, der Kolben samt den Kontakten schnellt zurück, die Hauptkontakte lösen sich, der Hilfskontakt *10* folgt noch ein kurzes Stück zufolge der sich in ihm entspannenden Feder *13* dem Gegenkontakt *17* und gibt schließlich diesen auch frei. Währenddessen wurde beim Zurückgehen der Kontaktstange *19* die das Luftventil *31* steuernde Kugel *33* aus ihrer Rast angehoben, so daß Druckluft durch das geöffnete Ventil *31* zu der hohlen Kontaktstange fließen konnte. Die Druckluft tritt nun durch den hohlen, düsenförmig ausgebildeten Hilfskontakt *17* aus, trifft auf den konischen Gegenkontakt *10* und bläst den Lichtbogen aus. Ist die Kontaktstange in ihrer Endstellung angelangt (wie gezeichnet), so nimmt eine weitere Rast die Kugel auf und das Druckventil *31* schließt sich wieder. Diesem Schalter haftet jedoch noch der Mangel an, daß die zum Löschen bestimmte Druckluft durch ein Labyrinth von druckverzehrenden Konstruktionsteilen hindurch muß und nicht direkt von einem Behälter zur Verbrauchstelle gelangt.

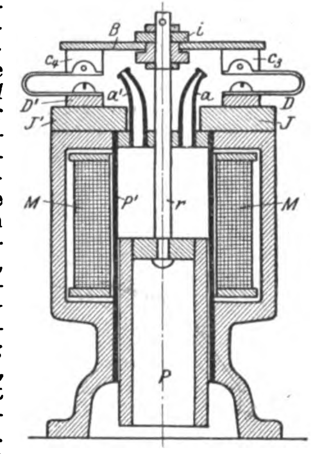
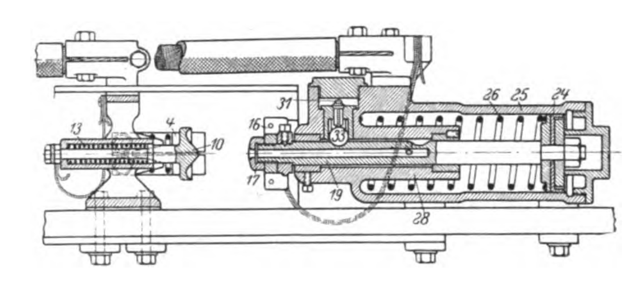


Abb. 1. Alte amerikanische Konstruktion (1900).

Erst kurz vor dem Kriege wurde auch in Deutschland ein Druckluftschalter gebaut, der bei elektrischen Bahnen verwendet wurde[3]. Der Konstruktion (Abb. 4) liegt der Gedanke zugrunde, nur beim Öffnen des Schalters und dann auch nur so lange, bis der Lichtbogen erloschen ist, Druckluft auszublasen. Der Schaltvorgang spielt sich folgendermaßen ab: Bei geschlossenen Hauptkontakten *1, 2* fließt der Strom bei *4* dem Schalter zu und bei *5* wieder ab. Die Magnetspule *12* bleibt unerregt, da die Kontaktbrücke *9* abgehoben ist. Wird nun der Schalter durch Bewegung des Hebels *8* nach abwärts geöffnet, so wird durch Überbrükkung der Kontakte *10* und *11* der Strom vom Kontakt *2* aus sowohl bei *5* als auch über den Widerstand *14* und die Spule *12* abfließen. Hierdurch wird aber der Kern *13* in die Spule gezogen und öffnet durch seine Bewegung das Druckluftventil *7*. Der aus der Düse *6* austretende Luftstrom bläst den Lichtbogen sofort von den Hauptkontakten zu den Löschhörnern *3*, wo er erlischt. Hierdurch wird aber die Spule *12* stromlos und das Ventil *7* schließt sich wieder; der Löschvorgang ist beendet.



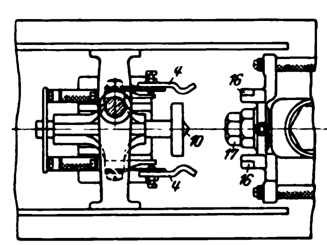


Abb. 2 u. 3. Amerikanischer Schalter um 1905.

Neben dieser Konstruktion wurde bald darauf eine Anordnung für stationäre Schalter mit Druckluftlöschung bekannt[4], die sich in ihren Konstruktionselementen eng an die Ölschaltertypen lehnte. Abb. 5 stellt einen Schnitt durch einen Einphasenschalter dar. Neben dem festen Kontakt *m* ist ein federnder Hilfskontakt *d* angebracht; auf der beweglichen Kontaktbrücke *a* befinden sich die entsprechenden Gegenkontakte, der Hauptkontakt *m* und der hohle Hilfskontakt *e*. Zu diesem Hilfskontakt führt der flexible, einerseits an dem Schaltergehäuse anderseits an der Traverse *a* befestigte Schlauch *i* für die Zuführung der Druckluft. Der Schaltvorgang ist folgender: Beim Betätigen der Schaltspindel *c* wird die Traverse *a* freigegeben und unter Federdruck nach abwärts gerissen; die Hauptkontakte trennen sich, während der bewegliche Hilfskontakt zufolge der federnden Umklammerung durch den Gegenkontakt *e* noch ein Stück nach abwärts mitgenommen wird. Indessen wird durch die auf der Schaltspindel befindliche Nockenscheibe *l* das Druckluftventil *k* geöffnet, u. zw., was beachtenswert ist, noch bevor der Hilfskontakt sich öffnet. Beim Auseinandergehen der Hilfskontakte wird nun auch der Austritt der Druckluft aus dem hohlen Kontakt *e* freigegeben und dadurch der Lichtbogen ausgeblasen. Bei Erreichen der Ausschaltstellung der Spindel *c* wird durch entsprechende Ausbildung der Nockenscheibe das Gasventil wieder geschlossen. Die Schalterkonstruktion läßt sich selbstredend auch für Mehrphasenschalter ausführen, wobei für sämtliche Phasen eine gemeinsame Gaszuführung zweckdienlich ist.

In Abb. 6 ist ein Schalter[5] dargestellt, der sich durch sehr geringen Verbrauch an Druckluft auszeichnet, da die zum Schalten erforderliche Menge von Druckgas zum

* Vgl. ETZ 1929, S. 1005, 1073 u. 1114. (D. S.)
[1] Erfinder: E. H. Johnson u. Lundell, New York.
[2] Erfinder: R. Ph. Jackson, Wilkinsburg.
[3] Vorortbahn Hamburg—Blankenese.
[4] Erfinder: M. de Greef, Düren, Rhld.
[5] Maschinenfabrik Oerlikon, Schweiz.



Löschen des Lichtbogens weiterverwendet wird. Der Vorgang ist folgender: Soll der Schalter *1* geschlossen werden, so wird mittels des Relais *9* oder von Hand die die beiden Ventile *7* und *8* tragende Stange in die Einschaltstellung nach oben gebracht, wodurch die bei *5* einströmende Druckluft in dem Zylinder *3* den Kolben *2* gegen

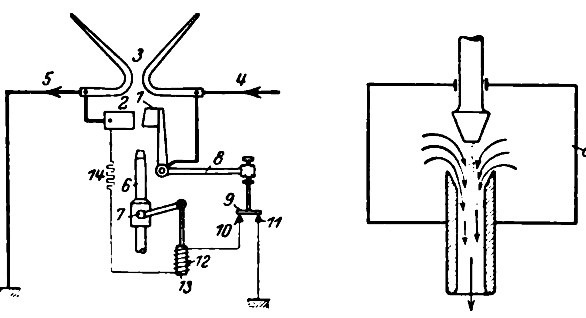


Abb. 4. Bahnschalter. Abb. 7. BBC-Schalter.

den Druck der Feder *4* nach oben preßt und die am Kolben angelenkten Kontaktteile schließt. Bei Öffnen des Schalters werden die Ventile nach abwärts bewegt, *7* verschließt die Druckgaszufuhr und *8* läßt das im Kolben befindliche Druckgas unter der beschleunigenden Wirkung der Fe-

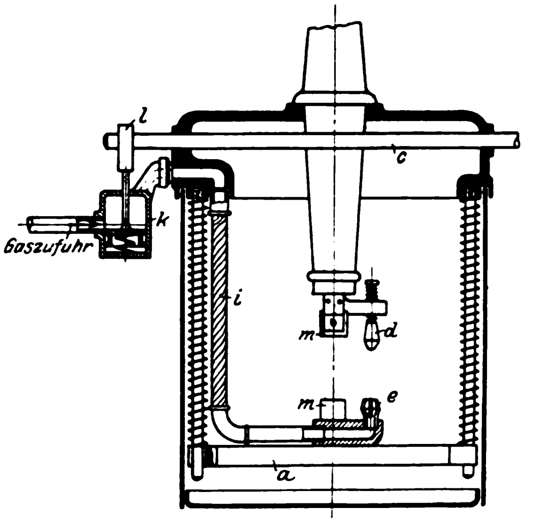


Abb. 5. Schalter von M. de Greef.

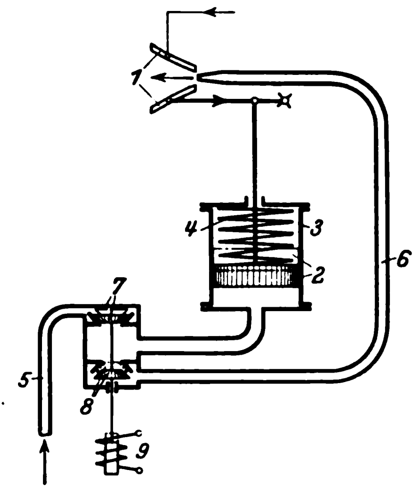


Abb. 6. Oerlikon-Schalter.

der *4* entströmen, das durch die Leitung *6* der Trennstelle der Kontakte zugeführt wird und hier den Lichtbogen ausbläst.

Die Schalteranordnung nach Abb. 7 weist der vorstehend beschriebenen Konstruktion gegenüber wesentliche Fortschritte auf. Vor allem wurde Wert darauf gelegt, das zum Löschen des Lichtbogens erforderliche Druckgas unmittelbar in eine die Kontakte umgebende Kammer *c* einzuführen, von wo aus es bei Öffnung der Kontakte direkt und ohne Druckverlust, den Lichtbogen mit sich reißend, durch den hohlen Kontakt ausströmen kann. Die Kontakte sind ferner weitestgehend den Strömungslinien angepaßt, so daß hohe Durchflußgeschwindigkeiten erzielt werden können. Dieser Hochspannungsschalter wurde im Jahre 1923 in der Schweiz gebaut[6]. Abb. 8 zeigt einen Hochleistungsschalter, der aus denselben Überlegungen heraus entstanden ist, allerdings schon 20 Jahre früher und in Amerika[7]. Wir sehen, daß dieser Schalter, der für 10 000 V und darüber gebaut ist, bereits ein Vorläufer der jüngsten Hochleistungsschalter ohne Öl ist. In der Löschkammer befinden sich der feste Kontakt *1* und der bewegliche Kontakt *2*, die beide konisch ineinandergreifen. Den Kontakt *1* umgibt ein Hilfskontakt *30*, den Kontakt *2* ein ebensolcher Hilfskontakt *30a*, der jedoch durch die Feder *32* axial federnd ist. Das Einlaßventil *28* für das Druckgas wird von dem im Relais *26* beweglichen Kern *27* gesteuert. Der den Schalter in der Einschaltstellung festhaltende Hebel *24*

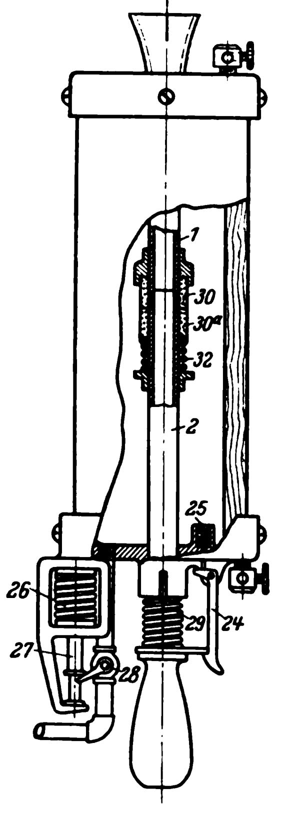


Abb. 8. Alte amerikanische Konstruktion mit Druckkammer.

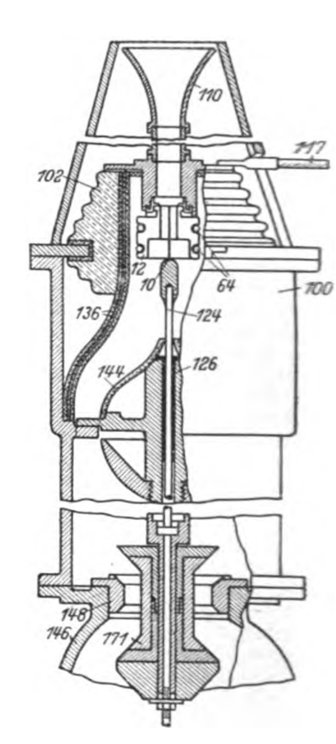


Abb. 9. Englische Konstruktion.

wird durch einen Druckkolben *25* bewegt. Der Schaltvorgang geht derart vor sich, daß zur Ausschaltung mittels des Relais *26* die Druckgaszufuhr bei *28* geöffnet wird; das Gas füllt die Schaltkammer und drückt gegen den kleinen Kolben *25*, kann ihn jedoch erst dann niederdrücken, wenn der Gasdruck in der Schaltkammer größer ist als der entgegenwirkende Federdruck. Hierdurch wird erreicht, daß der Schalter erst dann geöffnet werden kann, wenn genügend Druck in der Löschkammer herrscht, da erst dann der Hebel *24* durch den Druckkolben *25* ausgelöst wird und der Schalter unter dem Druck der Feder *29* sich öffnet. Im selben Moment bläst das in der Kammer aufgespeicherte Gas den Öffnungslichtbogen durch den hohlen Kontakt unter ständigem Nachstrom aus der Druckgasleitung ins Freie und der Schaltvorgang ist beendet. Durch das vollkommene Umspülen der beiden Kontakte mit dem Löschgas wird sowohl eine weitgehende Kühlung der Kontakte als auch eine Entionisierung der Umgebung erzielt, wodurch ein Rückzünden des Lichtbogens verhindert wird.

In Abb. 9 ist der jüngste des betrachteten Zeitabschnittes, in seinen Einzelheiten bekanntgewordene Hochleistungsschalter ohne Öl, der mit Druckluft arbeitet, dargestellt[8]. Die Löschkammer *106* ist direkt auf den Druckgasbehälter *146* aufgeschraubt und wird gegen diesen durch das Doppelventil *171* abgeschlossen. Das Ventil sitzt fest auf der Schaltstange *124*, an der auch der

[6] Brown, Boveri & Cie., Baden, Schweiz.
[7] Erfinder: R. H. Read, Schenectady, N. Y. Amer. Pat. Nr. 716848.
[8] The British Electrical and allied Industries Research Assoc., London-Westminster.



bewegliche Kontakt *10* befestigt ist. Geführt wird die Stange durch den Teil *126*, der mit einem isolierenden und hitzebeständigen Überzug *144* versehen ist. Der Steuermechanismus ist, da er nichts Neues bietet, nicht dargestellt. Stromzuführung sowie Bewegung erfolgen vom unteren Ende der Stange *124* aus. Der axial unterteilte und durch die Ringe *64* federnd zusammengehaltene feststehende Kontakt *12* ist an dem Isolator *102* befestigt; seine Stromzuführung erfolgt bei *117*. Der hohle Kontakt führt in einen Kamin *110*, durch den das Löschgas ausgestoßen wird. Die Löschkammer selbst ist innen sorgfältig mit einem isolierenden und hitzebeständigen Überzug *136* versehen. Der Schaltvorgang ist folgender: Beim Einschalten wird die Stange *124* nach oben gestoßen und es strömt während der Zeit, in der der obere Ventilkegel den Ventilsitz *148* verläßt bis der untere Ventilkegel am Ventilsitz anliegt und der Schalter geschlossen ist, Druckgas in die Löschkammer *100* ein. Wird der Schalter geöffnet, so gibt der Kontaktkopf *10* beim Verlassen des festen Kontaktes die Auspufföffnung frei und das ausströmende Gas reißt den Lichtbogen mit sich. Gleichzeitig strömt aber so lange vom Behälter *146* Druckgas nach, bis die Schaltstange, in ihrer Endstellung angelangt, den oberen Ventilkegel auf den Sitz *148* auflegt und die Gaszufuhr unterbindet. Der vorstehend beschriebene Schalter, als Einzelschalter für eine Abschaltleistung von 25 000 kVA bei 6600 V gebaut, benötigte unter Verwendung von Wasserstoffgas unter einem Druck von 4 atü für eine Löschung weniger als 100 l Gas. Die im Lichtbogen freiwerdende Energie betrug nur den fünften Teil der beim Schalten in Ölschaltern freiwerdenden und in Wärme umgesetzten Energie, unter Zugrundelegung eines Ölschalters mit einer Schaltgeschwindigkeit von 175 cm/s. Das Schaltgeräusch, das beim Abschalten derartig großer Energien entsteht, ist einem Kanonenschuß nicht unähnlich, denn die Ausströmgeschwindigkeit der Löschgase wird durch die durch ihre Erhitzung auftretende Expansion noch vergrößert, so daß, wie die neuesten Versuche ergeben haben, bei Gasdrücken von 5 ... 15 at Ausströmgeschwindigkeiten von 500 ... 2500 m/s und Temperaturen von 2000 ... 4000 ° erreicht werden. Entsprechend den sehr geringen Schaltwegen, innerhalb deren der Lichtbogen erlischt und die nur einige Zentimeter betragen, sind die Schaltzeiten außerordentlich gering und liegen in der Größenordnung von hundertstel Sekunden; die im Lichtbogen freiwerdenden Energien sind daher auch sehr klein.

Die Grundlagen der Sommerfeldschen Elektronentheorie der Metalle.

Von Dr. **Rudolf Samuel**, Breslau.

Übersicht. Die Sommerfeldsche Elektronentheorie der Metalle unterscheidet sich von anderen Versuchen, die Theorie in eine bessere Übereinstimmung mit der Erfahrung zu bringen, dadurch, daß sie nicht das zugrunde gelegte physikalische Bild abändert sondern eine andere Statistik des „Elektronengases" einführt. Nach einer einleitenden Übersicht werden daher die Grundlagen der neuen von der Quantenmechanik entwickelten Statistik dargelegt und schließlich die Ergebnisse besprochen, zu denen die Sommerfeldsche Theorie durch diese neue Statistik gelangt.

I.

Mit dem Namen Metall bezeichnen wir eine Anzahl von Stoffen, die gewisse Eigenschaften gemeinsam haben. Die wichtigsten von ihnen sind das elektrische und thermische Leitvermögen. Ferner besitzen sie alle ein verhältnismäßig hohes spezifisches Gewicht, sie sind im Gegensatz zu den meisten Nichtleitern nicht spröde sondern dehnbar, wobei sie jedoch eine erhebliche Festigkeit zeigen, und sind schließlich noch durch den eigentümlichen Metallglanz ausgezeichnet. Sie bilden also unter den Stoffen deutlich eine besondere Klasse, und die Aufgabe der Physik ist es, diese besonderen Eigenschaften aus der Konstitution der Metalle heraus zu deuten. Die Lösung dieser Aufgabe hat die Physik verhältnismäßig frühzeitig in Angriff genommen, hat einzelne der Eigenschaften der Metalle schon frühzeitig aufgeklärt und Zusammenhänge zwischen ihnen gezeigt. So konnte z. B. Drude 1889 eine Formel ableiten, die den Zusammenhang zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und dem hohen Reflexionsvermögen für Lichtstrahlen angibt, das der physikalische Ausdruck für den metallischen Glanz dieser Stoffe ist. Da wir Lichtstrahlen als sehr kurze elektromagnetische Wellen auffassen, gelang es ihm, zu zeigen, daß sich aus der elektromagnetischen Theorie des Lichtes, wie sie Maxwell begründet hat, das Resultat ergibt, daß das Reflexionsvermögen eines Körpers um so größer sein muß, je größer sein elektrisches Leitvermögen ist. Es zeigte sich, daß dieses Ergebnis der physikalischen Theorie mit den Relativwerten der Beobachtungen über das Reflexionsvermögen in bester Übereinstimmung steht. In der Tat absorbieren die besten Leiter, wie Silber, Kupfer und andere, den geringsten Bruchteil des auffallenden Lichtes und reflektieren den größten, und anderseits stimmt sogar der Absolutwert des beobachteten Reflexionsvermögens mit dem nach der Drudeschen Formel berechneten gut überein. Aber gerade die wichtigste Eigenschaft der Metalle, das elektrische Leitvermögen selbst und die damit zusammenhängenden Erscheinungen haben der Physik bis auf den heutigen Tag erhebliche Schwierigkeiten gemacht und eine vollkommen befriedigende Theorie dieser Phänomene ist noch nicht vorhanden. Über einen neuen und besonders interessanten Versuch, den der Münchener Physiker Sommerfeld unternommen hat, um das Problem auf Grund der letzten Entwicklung der Quantentheorie zu lösen, soll hier berichtet werden[1].

Die elektrische Leitfähigkeit der Metalle unterscheidet sich von der der „Halbleiter" genannten Elektrolyte dadurch, daß der Transport von Elektrizität im Elektrolyten mit dem Transport der Ionen verbunden ist, im Metall aber ohne jeden Transport von Materie vor sich geht. Der Träger dieser Eigenschaft muß daher von nichtmaterieller Natur sein. Einer der Gundzüge jeder physikalisch sinnvollen Theorie der metallischen Leitfähigkeit muß daher die Annahme sein, daß diese Eigenschaft auf die in einem metallischen Körper vorhandenen Elektronen zurückgeht. Alle die in den letzten Jahrzehnten aufgestellten und geprüften Theorien, die das Geheimnis der metallischen Leitfähigkeit enträtseln sollten, stimmen daher darin überein, daß sie Elektronentheorien der Leitfähigkeit sind. Diese Annahme hat inzwischen auch noch von anderer Seite her eine starke Stütze bekommen, nämlich von den physikalischen Forschungen her, die in den letzten Jahren eine große Anzahl von Aussagen über den Bau der Atome gewinnen konnten. Bekanntlich kann man auf Grund der Ergebnisse der Chemie drei Sorten von Atomen und damit von chemischen Grundstoffen voneinander unterscheiden. In eine Klasse gehören die Elemente, die chemisch träge sind und überhaupt keine chemischen Verbindungen eingehen. Das sind die sogenannten Edelgase. Eine andere Gruppe sind die, die bei der Bildung von Salzen stets den negativen Partner und in der Salzlösung entweder allein oder mit anderen zusammen das negative Ion bilden. Für sie sind die Atome der Halogene, Fluor, Chlor, Brom und Jod typisch. Die dritte Gruppe endlich sind die positiven Partner der Salze, die gleichzeitig auch die positiv geladenen Ionen der Lösung liefern, und das sind die Metalle. Die chemische Trägheit der Edelgase erklärt sich dadurch, daß bei ihnen die Anordnung der äußersten Elektronen eine ganz besonders stabile ist. Diejenigen Atome, die im periodischen System der Elemente kurz vor ihnen stehen, haben eine derartige Anordnung noch nicht völlig erreicht und besitzen darum, wie z. B. die Halogene, die Neigung, weitere, zusätzliche Elektronen aufzunehmen, um so zu einer solchen stabilen Elektronenkonfiguration zu gelangen. Da aber die Elektronen stets negativ geladen sind, so wird das betreffende Atom bei einem derartigen Vorgang, wie er z. B. in der Salzbildung auftritt, in ein negatives Ion verwandelt. Umgekehrt besitzen die im periodischen System hinter einem Edelgas stehenden Atome, die Metalle, einige Elektronen mehr als das davorstehende Edelgasatom, und weil diese gewissermaßen die besonders stabile Anordnung stören, sind sie nur locker gebunden und können leicht abgegeben werden. Wenn also z. B. bei der Bildung von Kochsalz ein Natriumatom eines seiner Elektronen, u. zw. das

[1] A. Sommerfeld, W. V. Houston, C. Eckart, Z. Phys. Bd. 47, S. 1, 33, 38, 43. — A. Sommerfeld, Naturwissensch. Bd. 15, S. 825; Bd. 16, S. 374.



äußerste, an das Chlornatrium abgibt, so fehlt dem übrigbleibenden Rumpf des Natriumatoms eine negative Elementarladung, er bleibt als positives Ion zurück. Es ergibt sich also daraus, daß die durch die elektrische Leitfähigkeit ausgezeichneten Metalle gerade die Elemente sind, deren Atome über ein oder mehrere Außenelektronen verfügen, die besonders locker gebunden sind. Es liegt nahe, gerade diese Außenelektronen auch für die Erscheinung der Leitfähigkeit verantwortlich zu machen.

Will man jedoch nicht nur ein ungefähres qualitatives Bild zur Beschreibung eines derartigen Phänomens benutzen sondern eine exakte quantitative Theorie aufstellen, so muß man nunmehr Annahmen darüber machen, wie sich die Elektronen im Metall verhalten, durch welche Gesetze ihre Bewegungen geregelt werden. Schon die ersten Theorien, die für die metallische Leitfähigkeit aufgestellt wurden und auf der Elektronentheorie fußten, waren gaskinetische Theorien. Sie nahmen nämlich an, daß die Elektronen im Metall genau den gleichen Gesetzen unterworfen seien, wie die Moleküle eines Gases im leeren Raum. Die kinetische Theorie der Gase führt die Eigenschaften, die mit diesem Aggregatzustand verbunden sind, darauf zurück, daß die Gasmoleküle völlig regellos durch den Raum fliegen. Jedes von ihnen besitzt eine bestimmte Geschwindigkeit und Richtung, die es so lange beibehält, bis es mit einem anderen zusammenstößt. Es stellt sich bald eine bestimmte Durchschnittsgeschwindigkeit ein, von der nur die eines verschwindend geringen Prozentsatzes der Moleküle erheblich abweicht, da ihre Zahl stets ungeheuer groß ist. Ebenso kann man an Stelle der wechselnden Bahnlängen der einzelnen Moleküle einen Durchschnittswert ansetzen, den man die mittlere freie Weglänge nennt. Man ersetzt also die individuellen Zustandsgrößen, wie Geschwindigkeiten, Impulse, Bahnen der Moleküle, durch Mittelwerte. Da es infolge ihrer ungeheuer großen Anzahl natürlich nicht möglich ist, für jedes einzelne Molekül die betreffenden Gleichungen der klassischen Mechanik zu benutzen, führt man das mechanische Problem auf ein statistisches zurück, in dessen Wesen es begründet liegt, daß man nun nicht mehr Aussagen über den Bewegungszustand der einzelnen Moleküle sondern solche über die Durchschnittswerte einer großen Schar von Molekülen gewinnt. Auf diese Weise ergab sich z. B. der Druck, den ein in einem Gefäß eingeschlossenes Gas auf dessen Wände ausübt, aus den Impulsen der in jedem Augenblick regellos auf die Wand aufstoßenden Moleküle. Die durchschnittliche Energie des Stoßes steigert sich mit zunehmender Geschwindigkeit der Moleküle, d. h., wenn dem System Energie etwa in Form von Wärme zugeführt wird. An die großen Erfolge der kinetischen Theorie der Gase sei hier nur erinnert. Das Wesentliche ist, daß diese den mathematischen Apparat der Wahrscheinlichkeitsrechnung in die Physik eingeführt hatte, deren sich dann die Elektronentheorie der Metalle bediente.

Wenn wir die Moleküle eines Gases als frei und unabhängig bezeichnen, so soll darunter zunächst verstanden werden, daß der Raum, den sie zusammen bei dichtester Packung einnehmen, klein ist gegenüber dem Raum, den das Gas als solches einnimmt. Das bedeutet offenbar, daß die mittlere freie Weglänge, die ein Molekül zwischen zwei Zusammenstößen zurücklegt, groß ist gegenüber den Dimensionen des Moleküls selbst. Ähnliche Annahmen mußte auch die Elektronentheorie der Metalle machen, und es sind von vornherein, je nach dem physikalischen Bilde, das zugrunde gelegt wird, die verschiedenartigsten Theorien möglich. Welche von ihnen das Richtige trifft, kann erst daraus ersehen werden welche die beobachteten Tatsachen am besten wiedergibt. So hatte zuerst Riecke[2] eine Theorie ausgearbeitet, bei der vornehmlich die Zusammenstöße der Elektronen mit den Atomen, aber nicht die der Elektronen untereinander berücksichtigt wurden, und bei der die Dichte der Elektronen im Metall als sehr klein gegenüber der Dichte der Metallatome angenommen wurde. Umgekehrt berücksichtigte dann später Drude[3] gerade nur die Zusammenstöße der Elektronen untereinander, d. h. er nahm an, daß die Zeit zwischen zwei Zusammenstößen eines Elektrons mit je einem Metallatom und auch ihre freie Weglänge relativ groß sind. Damit hatte er also für die Bewegung der Elektronen im Metall genau die Voraussetzungen der kinetischen Theorie der Gase übernommen. Lorentz[4] baute dann diese Theorie weiter aus, die im wesentlichen die eines „Elektronengases" ist, und legte dabei die Statistik, genau so wie sie Maxwell und Boltzmann für die Behandlung der Probleme der wirklichen Gase benutzt hatten, zugrunde. Der größte und bekannteste Erfolg dieser Theorie schien damals zu sein, daß sie den Zusammenhang zwischen elektrischem Leitvermögen und Wärmeleitvermögen, das Wiedemann-Franzsche Gesetz, abzuleiten vermochte. Aber auch hier war die numerische Übereinstimmung zwischen den errechneten und den beobachteten Werten nicht allzu gut und es ergab sich sogar, daß die mathematisch strengere Fassung der Theorie, wie sie Lorentz ausgebildet hatte, eine um rd. 30 % schlechtere Übereinstimmung mit der Erfahrung brachte als die ältere und weniger exakte Darstellung Drudes. Andere Effekte, wie etwa die Aussendung von Elektronen aus glühenden Drähten oder die überraschende Erscheinung der Supraleitfähigkeit bei den tiefsten Temperaturen, konnten von der Theorie überhaupt kaum bewältigt werden. Es fehlte daher nicht an Versuchen, die Theorie zu verbessern. Erwähnt sei die auf Stark und Haber zurückgehende Vorstellung, nach der die Elektronen nicht als unabhängig voneinander vorausgesetzt wurden. Es wurde vielmehr angenommen, daß sowohl die Atome einerseits als auch die Elektronen anderseits je ein Gitter bilden, ähnlich wie auch die Natriumionen und die Chlorionen im Kochsalzkristall feste Ruhelagen in den Gitterpunkten des Kristallgitters besitzen. Im Metall sollte sich nun das Elektronengitter als Ganzes gegenüber dem Atomgitter verschieben.

Alle diese Versuche, die Theorie zu verbessern, gingen von einer Abänderung des zugrunde gelegten physikalischen Bildes aus. Von ihnen unterscheidet sich die neue Theorie Sommerfelds dadurch, daß sie statt dessen eine andere Form der Statistik in die Elektronentheorie der Metalle einführt, wie sie die Quantentheorie in der jüngsten Zeit entwickelt hat. Auch diese ist zunächst an dem Beispiel der kinetischen Theorie der Gase entwickelt worden.

II.

Um die Prinzipien dieser neuen Statistik darlegen zu können, benutzen wir eine in der Physik vielfach angewandte Methode. Wir betrachten nicht die Bewegung eines Körpers, etwa eines Moleküls eines Gases oder eines fallenden Steins im wirklichen Raum, sondern die seines „Bildpunktes" im „Phasenraum". Die Bewegung eines Körpers ist uns genau bekannt, wenn wir in einem bestimmten Augenblick seine Lage im Raum, d. h. seine Koordinaten (die wir q_1, q_2 usw. nennen) und seine Impulse[5] nach den verschiedenen Koordinaten (p_1, p_2 usw.) kennen. Mit den betreffenden Werten von q und p ist der jeweilige Zustand des Systems bestimmt. Denken wir uns für einen sich bewegenden Massenpunkt die drei Koordinaten q und die drei Impulse p als rechtwinklige Koordinaten eines sechsdimensionalen Raumes aufgetragen, so entspricht jeder Punkt dieses q-p-Raumes, da ihm je ein Tripel der Lagekoordinaten und der Impulse zugeordnet ist, einem anderen Bewegungszustand des Systems. Der „Bildpunkt" oder „Phasenpunkt" des Systems wandert im Lauf der Zeit im Phasenraum und beschreibt in ihm eine eindimensionale Kurve, die man als Phasenbahn bezeichnet. Durch sie wird die zeitliche Veränderung des Systems geometrisch dargestellt. Wir werden in folgendem lediglich einfache Beispiele betrachten, bei denen höhere Dimensionen keine Rolle spielen.

In der klassischen Mechanik bildeten die möglichen Energiezustände eines Systems eine kontinuierliche Folge. In der Quantentheorie ist das nicht der Fall. Nicht jeder Wert der Energie ist zugelassen, das ist die wesentliche und prinzipielle Änderung, die die Quantentheorie gebracht hat. Die Zustände, in die ein System übergehen kann, bilden in der Quantentheorie nicht immer eine kontinuierliche Folge, sondern es existiert oft nur eine diskrete Reihe von Zuständen, in die ein vorgegebenes System wirklich übergeht. Wenn ein solches System nun z. B. ein Gas ist, das selbst wieder aus einer überaus großen Zahl von einzelnen Molekülen besteht, so lautet nun die Frage, die im Mittelpunkt des ganzen hier betrachteten Problemkomplexes steht: Wie setzt sich der Zustand des Gesamtsystems aus den Zuständen seiner Teilsysteme zusammen? Die Antwort auf diese Frage ist nicht einheitlich. Neben die sog. klassische oder auch Boltzmannsche Statistik sind in der letzten Zeit noch zwei neue, quantentheoretische

[2] E. Riecke, Ann. Phys. Bd. 66 (1898), S. 353, 545; Phys. Z. Bd. 10, S. 508.

[3] P. Drude, Ann. Phys. Bd. 1 (1900), S. 566; Bd. 3, S. 370; Bd. 7, S. 687.

[4] H. A. Lorentz, Arch. Nerl. (2), Bd. 10, S. 336; Proc. Acad. Amst. Bd. 7, S. 438, 585, 684.

[5] Unter „Impuls" verstehen wir hier die zu der betreffenden Koordinate q kanonisch konjugierte Größe, die natürlich nicht immer die Dimension des mechanischen Impulses besitzt.

Formen der Statistik getreten. Jede von ihnen gibt eine andere Antwort.

Im Sinne einer möglichst übersichtlichen Darstellung wollen wir uns zunächst mit den mathematischen Unterschieden der drei Statistiken beschäftigen und erst hinterher auf die physikalische Bedeutung einer jeden von ihnen eingehen. Dazu betrachten wir ein Gas, das nur aus zwei Molekülen bestehen möge. Für jedes von ihnen sollen drei mögliche Zustände bestehen. Welche Zustände des gesamten Gases sind nun möglich? Für dieses vereinfachte Beispiel können wir uns ein Modell denken. Wir nehmen zwei Würfel und überkleben auf ihnen die Flächen mit 4, 5 und 6 Augen. Würfe, bei denen eine solche überklebte Fläche aufgezeigt wird, gelten als ungültig und müssen so lange wiederholt werden, bis eine nichtüberklebte Fläche nach oben liegt. Die beiden Würfel stellen dann die beiden Moleküle dar; je nachdem sie 1, 2 oder 3 Augen zeigen, befinde sich das Molekül im 1., 2. oder 3. Zustand. Die Frage nach der Zahl der Zustände des Gesamtsystems kann jetzt also durch Auswürfeln geklärt werden. Wenn wir die beiden Moleküle *a* und *b* nennen, die einzelnen Zustände der Moleküle Z_1, Z_2 und Z_3, so ergibt sich folgende Übersicht für die möglichen Kombinationen:

Molekülzustände		Z_1	Z_2	Z_3
Zustände des Gesamtsystems:	I	*a*, *b*	—	—
	II	*a*	*b*	—
	III	*a*	—	*b*
	IV	*b*	*a*	—
	V	—	*a*, *b*	—
	VI	—	*a*	*b*
	VII	*b*	—	*a*
	VIII	—	*b*	*a*
	IX	—	—	*b*, *a*

Es kann zunächst das Molekül *a* sich im Zustand Z_1 befinden. Dann ergeben sich für das Gas die drei Zustände des Gesamtsystems I, II und III, je nachdem sich *b* in den Molekülzuständen Z_1 bzw. Z_2 bzw. Z_3 befindet. Dann gibt es wieder drei Zustände des Gesamtsystems, wenn sich *a* in Z_2 befindet, die sich ebenfalls durch die drei möglichen Molekülzustände von *b* unterscheiden, und schließlich ergeben sich die drei letzten Gesamtzustände, wenn sich *a* im Zustand Z_3 befindet und *b* wieder die Reihe Z_1 bis Z_3 durchläuft.

Sind nun diese neun Zustände unseres Gesamtsystems in gleicher Weise wahrscheinlich? Wenn wir würfeln, so werden wir, wenn wir lange genug würfeln, allerdings feststellen, daß jede der neun Kombinationen gleich oft wiederkehrt. Die Annahme der klassischen Statistik von Boltzmann besteht in der Tat darin, daß die neun oben genannten Fälle gleichwahrscheinlich sind. Das ist aber eine Hypothese. Welche Fälle gleichwahrscheinlich sind läßt sich mathematisch überhaupt nicht entscheiden. Wohl aber können wir die Frage aufwerfen, welche verschiedenen Hypothesen über die Gleichwahrscheinlichkeit der Zustände überhaupt möglich sind. Die der Boltzmannschen Statistik ist die am nächsten liegende, wonach alle neun Zustände die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzen. Es gibt jedoch noch zwei andere Möglichkeiten, die die Grundlagen gerade der quantentheoretischen Statistiken von Bose-Einstein[6] und von Fermi-Dirac[7] bilden. Die verschiedenen Statistiken unterscheiden sich also zunächst rein mathematisch dadurch, daß sie auf einer anderen Hypothese über die Gleichwahrscheinlichkeit der Zustände des Gesamtsystems aufbauen.

Die Statistik von Bose und Einstein geht davon aus, daß die Moleküle nicht voneinander unterschieden werden können. Wenn z. B. ein Molekül sich im Zustand Z_1 und das zweite sich in Z_2 befindet, so können wir nicht feststellen, ob sich *a* in Z_1 und *b* in Z_2 befindet oder umgekehrt. Für sie ist daher der Gesamtzustand II identisch mit IV. Ebenso verhält es sich mit den Gesamtzuständen III und VII, bzw. VI und VIII. Die Bose-Einsteinsche Statistik kennt nicht neun sondern nur sechs Zustände des Gesamtsystems, je nachdem sich beide Moleküle in Z_1, je eines in Z_1 und Z_2 usw. befindet, ohne daß ihre ohnehin nicht feststellbare Individualität eine Rolle spielt.

Aus den neun Zuständen der klassischen Statistik ergeben sich die sechs Zustände der neuen Statistik, wenn wir die nicht unterscheidbaren Fälle als identisch betrachten:

[6] S. N. Bose, Z. Phys. Bd. 26, S. 178; Bd. 27, S. 384. — A. Einstein, Sitz.-Ber. d. pr. Akad. d. Wiss. Jahrg. 1924, S. 261; Jahrg. 1925, S. 3, 18.

[7] E. Fermi, Z. Phys. Bd. 36, S. 902. — P. A. M. Dirac, Proc. Roy. Soc. (A) Bd. 109, S. 642; Bd. 110, S. 561; Bd. 112, S. 661.

I
II ≡ IV
III ≡ VII
V
VI ≡ VIII
IX

Die Statistik von Bose und Einstein nimmt nun an, daß diese sechs Zustände untereinander gleichwahrscheinlich sind.

Die Statistik von Fermi macht eine andere Voraussetzung. Sie nimmt an, daß überhaupt nicht zwei Moleküle gleichzeitig in dem gleichen Zustand sein können. Da sie ferner auch die nicht unterscheidbaren Fälle ebenso wie die Bose-Einsteinsche Statistik als einen einzigen behandelt, bleiben in unserem Beispiel überhaupt nur drei Zustände des Gesamtsystems übrig:

1. 1 Molekül in Z_1, 1 Molekül in Z_2;
2. 1 Molekül in Z_1, 1 Molekül in Z_3;
3. 1 Molekül in Z_2, 1 Molekül in Z_3.

Nach der quantentheoretischen Statistik von Fermi besitzen diese drei Fälle von vornherein die Gleichwahrscheinlichkeit der Realisierung. Dirac hat übrigens auch bewiesen, daß außer den genannten eine andere sinnvolle Statistik nicht möglich ist.

Welche physikalische Realität ist nun mit jeder dieser drei möglichen Statistiken verbunden? Schon oben wurde bemerkt, daß die neun gleichwahrscheinlichen Fälle, die für unser Beispiel nach der Boltzmannschen Statistik existieren, einfach durch Auswürfeln verwirklicht werden können. Nur um das Beispiel nicht zu unübersichtlich zu machen, haben wir lediglich drei Teilzustände eines jeden einzelnen Moleküls angenommen. Wären sechs Zustände $Z_1 \ldots Z_6$ zugelassen worden, so könnten gewöhnliche Würfel für das Modell benutzt werden. Das besitzt aber keinerlei prinzipielle Bedeutung. Wir würfeln zunächst mit dem ersten Würfel, der dem Molekül *a* entspricht. Er wird entweder eins oder zwei oder drei Augen zeigen, u. zw. ist die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten jeder der drei Möglichkeiten gleich groß. Nachdem der erste Würfel gefallen ist, bestehen nun für den zweiten Würfel die gleichen drei Möglichkeiten, wobei es offenbar ganz ohne Einfluß auf ihn ist, welchen Ausfall das Würfeln mit dem ersten Würfel gehabt hat. Darum ergeben sich die neun verschiedenen Fälle, u. zw. jeder von vornherein mit der gleichen Wahrscheinlichkeit. Daraus ergibt sich der physikalische Grundgedanke, auf dem die klassische Statistik aufgebaut ist. Er beruht darauf, daß beide Würfel voneinander vollkommen unabhängig sind, daß das Ergebnis des Wurfes mit dem einen keinen Einfluß auf den mit dem anderen ausübt. Das physikalische Bild der Boltzmannschen Statistik ist die vollkommene Freiheit und Unabhängigkeit der Moleküle des Gases voneinander.

Die Gleichwahrscheinlichkeit der sechs möglichen Zustände des Gesamtsystems, die die Bose-Einsteinsche Statistik kennt, läßt sich nicht mehr ohne weiteres durch Auswürfeln realisieren. In der Boltzmannschen Statistik besitzt jeder der neun Zustände I ... IX die Wahrscheinlichkeit $^1/_9$, ein jeder von ihnen muß bei einer genügend großen Zahl von Würfen durchschnittlich jedes neunte Mal verwirklicht werden. Wenn wir versuchen würden, die Bose-Einsteinsche Statistik mit unseren Würfeln zu realisieren, so würden wir feststellen, daß von den sechs in ihr allein übriggebliebenen Gesamtzuständen I, II, III, V, VI und IX drei Zustände gerade doppelt so oft auftreten wie die drei anderen. Bei unserem Würfelspiel hat sich für die Zustände I, V und IX, bei denen beide Würfel die gleiche Augenzahl zeigen (beide Moleküle sich also in dem gleichen Teilzustand befinden), nichts geändert; für sie würde die Wahrscheinlichkeit nach wie vor $^1/_9$ betragen. Es sollen jedoch die noch allein vorhandenen 6 Zustände gleich wahrscheinlich, d. h. die Wahrscheinlichkeit eines jeden soll $^1/_6$ sein. Die Gesamtzustände II, III und VI umfassen jeder in der neuen Statistik zwei Fälle der klassischen Statistik. Der zweite Zustand der Bose-Einsteinschen Statistik z. B. wird sowohl durch das Auftreten des Gesamtzustandes II als auch IV der klassischen Statistik verwirklicht. Wenn wir auch die Bose-Einsteinsche Statistik durch Auswürfeln realisieren wollen, so müssen wie für das Würfelspiel eine Zusatzbedingung aufstellen, u. zw. so, daß entweder die Fälle IV, VII und VIII oder II, III und VI ausgeschlossen werden. Dann bleiben nur die sechs Gesamtzustände übrig, die diese Statistik kennt, u. zw. jeder mit der gleichen Wahrscheinlichkeit. Wir setzen beispielsweise fest, daß der zweite Würfel stets mindestens die gleiche Augenzahl wie der

erste zeigen soll. Alle Würfe, bei denen er eine kleinere Augenzahl zeigt, sollen ungültig sein. Wie die Aufstellung auf S. 1483 zeigt, werden durch diese zusätzliche Spielregel die Fälle IV, VII und VIII ausgeschlossen und das Würfelspiel stellt nun wieder ein vollkommenes Modell unseres Gases, u. zw. nach der Bose-Einsteinschen Statistik dar. Das bedeutet also, physikalisch gesprochen: *Die Bose-Einsteinsche Statistik läßt die Unabhängigkeit der Moleküle voneinander fallen.*

Die Statistik von Fermi und Dirac ist der Bose-Einsteinschen Statistik sehr ähnlich. Sie geht aus ihr hervor, wenn man in der Bose-Einsteinschen Statistik die Zustände des Gesamtsystems fortläßt, die dadurch entstehen, daß bestimmte der Molekülzustände durch mehr als ein Molekül besetzt werden. Sie fordert also, daß jeder Teilzustand entweder gar nicht oder nur durch ein einziges Molekül besetzt werden darf. In unserem Würfelmodell müssen wir daher außer der ersten Zusatzbedingung nun noch eine weitere aussprechen. Auch *die* Würfe sollen ungültig sein, in denen die beiden Würfel eine gleiche Augenzahl aufzeigen. In der Quantentheorie des Atombaus war eine ähnliche Bedingung bereits bekannt, das sog. *Pauliprinzip.* Wenn man die Zustände der Elektronen, die zu einem Atom gehören, mit Quantenzahlen beschreibt, so fordert das Pauliprinzip, daß sich die Elektronen mindestens in einer der zur Beschreibung nötigen Quantenzahlen unterscheiden. Elektronen, die nur gleiche Quantenzahlen besitzen, können in einem Atom nicht auftreten. Mit Hilfe dieses Prinzips ist es gelungen, die komplizierten Spektren der Atome zu analysieren und auch z. B. die Länge der Perioden des periodischen Systems der Elemente zu erklären. Fermi hat dieses Prinzip auf die Moleküle eines Gases übertragen und so, wie man das Pauliprinzip scherzhaft das „Wohnungsamt der Elektronen" genannt hat, unterscheidet sich seine Statistik von der von Bose und Einstein dadurch, daß sie das „Wohnungsamt der Moleküle" enthält, *das ihnen verbietet, Molekülzustände mehrfach zu besetzen.*

Eine wesentliche Folge der Fermischen Statistik besteht gegenüber der Boltzmannschen darin, daß beim absoluten Nullpunkt der Temperatur die innere Energie eines Gases *nicht gleich Null* wird. Wenn sich unter den Teilzuständen, aus denen der Gesamtzustand des Gases besteht, einer befindet, der der Energie Null entspricht, so kann er, wie wie jeder andere, nur durch ein Molekül besetzt werden. Alle anderen müssen sich in anderen Zuständen befinden, da eine mehrfache Besetzung ausgeschlossen ist. Sie können nicht alle die Zustände annehmen, in denen sie sich nach der klassischen Statistik befinden würden. So erklären sich die Entartungserscheinungen bei den allertiefsten Temperaturen. Das Gas muß daher in jedem Falle eine „Nullpunktenergie" und einen „Nullpunktdruck" besitzen.

Für ein *wirkliches* Gas spielen diese Entartungserscheinungen nur bei den allertiefsten Temperaturen eine Rolle. So hat Fermi nachgerechnet, daß für Helium derartige Phänomene noch bei 5° abs. (— 268° C) auftreten können. Wärme ist aber nur ein Ausdruck für die kinetische Energie der einzelnen Moleküle, sie hängt also nicht nur von ihrer Geschwindigkeit sondern gleichzeitig auch von ihrer Masse ab. Überträgt man nun mit Sommerfeld diesen ganzen Gedankengang von dem wirklichen Gas auf das „Elektronengas" im Metall, so ergibt sich sofort der wesentliche Grundgedanke für die Anwendung der neuen Statistik auf die elektrische Leitfähigkeit der Metalle. Die Zustandsgleichung eines Gases lautet in der Fermischen Statistik:

$$E = E_0 + E_1, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

wenn man einsetzt

$$E_0 = \frac{N^{5/3} h^2 V}{5 \cdot 2^{7/3} \pi^{2/3} m g^{2/3}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1a)$$

und

$$E_1 = \frac{2^{1/3} \pi^{8/3} m g^{2/3}}{3^{2/3} h^2} V k T^2 \quad \ldots\ldots \quad (1b)$$

(Hierbei bedeutet p den Druck, N die Zahl der Moleküle pro Mol, T die absolute Temperatur, m die Masse des einzelnen Moleküls, h die quantentheoretische Plancksche Konstante, k die aus der Gastheorie bekannte Boltzmannsche Konstante, g ist ein Gewichtsfaktor, der für Elektronen = 2 ist. E_0 ist die Energie am absoluten Nullpunkt, E_1 charakterisiert ihren Anstieg mit zunehmender Temperatur.) Bekanntlich besteht zwischen Druck und Energie eines Gases die Beziehung

$$p V = {}^2/_3 E. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Die klassische Theorie schreibt die Zustandsgleichung in der Form

$$p V = N k T,$$

während die Fermische Statistik noch Glieder höherer Näherung einführt. Da in diesen neuen Gliedern das Produkt $m \cdot T$ vorkommt, so wird offenbar eine gleiche Abweichung von dem klassischen Wert, d. h. ein gleicher Grad der Entartung erreicht, wenn man bei Verkleinerung von m eine Vergrößerung von T vornimmt. Da die Masse der Elektronen nur den 1834. Teil der Masse des Wasserstoffatoms beträgt, also rund den 8000. Teil der Masse des Heliumatoms, so ist das Gebiet der Entartung für das „Elektronengas" nicht wie für ein wirkliches Gas auf einige Grade über dem absoluten Nullpunkt beschränkt sondern reicht weit über die Zimmertemperatur hinaus bis in Gebiete von der Größenordnung von 10 000°. Während also für wirkliche Gase die Boltzmannsche Statistik bei Zimmertemperaturen benutzt werden kann, da das wirkliche Gas sich dann bereits weit außerhalb des Gebiets der Entartung befindet, muß sie gerade bei der Anwendung auf die freien Elektronen im Metall versagen, weil sie bei normalen Temperaturen noch alle Entartungserscheinungen aufweisen und sich noch im Gebiet der Nullpunktenergie befinden. So versprach also die Anwendung der Fermischen Statistik, d. h. physikalisch gesprochen die Berücksichtigung der quantentheoretischen Wechselwirkung der Elektronen aufeinander, die Schwierigkeiten zu lösen, die der klassischen Statistik unüberwindlich schienen.

III.

Bereits der erste Erfolg, den Sommerfeld bei der Durchführung dieses Grundgedankens sofort aufzeigen konnte, war von entscheidender Bedeutung. Nach der klassischen Statistik hätten nämlich die wie ein freies Gas behandelten Elektronen einen merklichen Beitrag zur spezifischen Wärme der Metalle liefern müssen. Das war eine der unüberwindlichen Schwierigkeiten der älteren Theorie, denn dieses Ergebnis steht in offenem Widerspruch zu allen Experimenten und zu jeder Erfahrung. Da aber das Elektronengas nach der Fermischen Quantenstatistik sich im Gebiet der starken Entartung befindet, so ist hier seine Energie *in erster* Näherung *unabhängig von der Temperatur* und damit seine spezifische Wärme gleich Null. In Abb. 1 ist die Energie

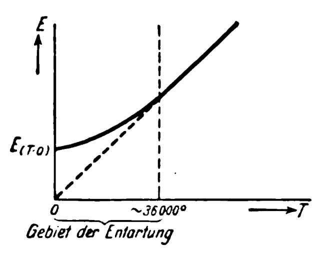


Abb. 1. Energie E des „Elektronengases" in Abhängigkeit von der absoluten Temperatur T nach der Fermischen Statistik (ausgezogene Kurve) und nach der Boltzmannschen Statistik (gestrichelt). $E_{(T=0)}$ = Nullpunktenergie.

eines einatomigen Gases als Funktion der Temperatur aufgetragen. Bei tiefen Temperaturen weicht die Kurve immer mehr von dem linearen Anstieg ab, der das Verhalten des Gases bei wachsender Temperatur außerhalb des Entartungsgebietes kennzeichnet, und läuft bei starker Entartung parallel zur Abszissenachse. Die klassische Statistik würde, wie die gestrichelte Linie zeigt, eine lineare Fortsetzung bis zum absoluten Nullpunkt verlangen. Der Schnittpunkt der ausgezogenen Linie mit der Ordinate zeigt die Nullpunktenergie, die nach der klassischen Statistik fehlt. Auch im Entartungsgebiet zeigt die Kurve keine vollkommene Parallele zur Abszissenachse, d. h. man muß noch eine weitere Näherung hinzunehmen. Dann ergibt sich auch bei der Fermischen Statistik ein Beitrag zur spezifischen Wärme der Metalle, der aber infolge der schwachen Krümmung der Kurve im Gegensatz zu dem steilen Anstieg außerhalb des Entartungsgebietes nur rund 1 ... 1½ % des Beitrages darstellt, den die klassische Statistik liefert. Das spielt neben der spezifischen Wärme der Metalle selbst keine Rolle und bildet keinen Widerspruch zur Erfahrung mehr.

Der Unterschied der beiden statistischen Methoden sei durch die beiden folgenden Formeln dargestellt:

$$\sigma_{\text{klass.}} = \frac{4}{3} \frac{e^2 l n}{\sqrt{2 \pi m k T}} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

$$\sigma_{\text{Fermi}} = \frac{4 \pi}{3} \frac{e^2 l}{h} \left(\frac{3 n}{4 \pi}\right)^{2/3} = \frac{4}{3} \frac{e^2 l n}{\sqrt{2 \pi}} \cdot \left(\frac{81 \pi^5}{4 h^6 n^2}\right)^{1/6}. \quad (4)$$

Sie zeigen die Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit σ von den atomphysikalischen Konstanten. Es

bedeutet l die vorläufig noch konstant angenommene freie Weglänge der Elektronen, e ihre Ladung, m ihre Masse, n ihre Anzahl in der Volumeneinheit, k die Boltzmannsche Konstante, h das Plancksche Wirkungsquantum und T die absolute Temperatur. Formel (1) entspricht der Boltzmannschen Statistik und hat in der neuen Statistik Gültigkeit lediglich außerhalb des Gebiets der Gasentartung. Sie ist identisch mit der von Lorentz früher abgeleiteten Beziehung. Formel (2) entspricht der Fermischen Statistik im Gebiete der völligen Entartung. In ihr tritt das Plancksche Wirkungsquantum als Kennzeichen der Quantentheorie auf, während die Abhängigkeit von der Temperatur und Masse im Gegensatz zu Gl. (1) zunächst noch fehlt. Das liegt daran, daß die freie Weglänge als konstant angesetzt, also die Wärmebewegung der Metallatome selbst noch nicht berücksichtigt ist. In ähnlicher Weise unterscheiden sich auch die Beziehungen für die thermische Leitfähigkeit, die sich nach den beiden verschiedenen Methoden ergeben. Die Unterschiede der Formeln sind groß genug, um nicht nur geringe Änderungen sondern gelegentlich auch andere Größenordnungen herbeizuführen. Bildet man nun das Verhältnis $\varkappa/\sigma$, worin $\varkappa$ die thermische Leitfähigkeit bedeuten möge, d. h., bilden wir die Beziehung des Wiedemann-Franzschen Gesetzes, das Verhältnis der Wärme- zur Elektrizitätsleitfähigkeit, so ergeben sich Formel (5) und (6) für die beiden Fälle der Boltzmannschen Statistik und der nach Fermi bei völliger Entartung:

$$\left(\frac{\varkappa}{\sigma}\right)_{\text{klass.}} = 2\left(\frac{k}{e}\right)^2 T \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

$$\left(\frac{\varkappa}{\sigma}\right)_{\text{Fermi}} = \frac{\pi^2}{3}\left(\frac{k}{e}\right)^2 T. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Aus beiden ergibt sich der Grundzug des Gesetzes: Das Verhältnis der beiden Leitfähigkeiten ist eine der absoluten Temperatur proportionale Konstante. Der Unterschied zwischen den beiden Aussagen liegt in dem numerischen Wert. Bereits früher hatten wir darauf hingewiesen, daß die ursprüngliche Berechnung von Drude mit dem experimentellen Befund in besserer Übereinstimmung stand als die strengere Formel von Lorentz, die wieder mit Formel (5) übereinstimmt und um rd. 30 % schlechtere Werte ergab. Drudes Rechnung ergab für das Verhältnis $\varkappa : \varrho$ den Wert $6{,}3 : 10^{-10}$. Lorentz fand $4{,}2 \cdot 10^{-10}$, gemessen war z. B. bei Silber $7{,}6 \cdot 10^{-10}$. Die neue Formel (6) liefert den Wert $7{,}1 \cdot 10^{-10}$. Hier ist also wiederum eine deutliche und überzeugende Verbesserung der Theorie festzustellen.

Als nächsten Schritt berechneten Sommerfeld und seine Mitarbeiter das Kontaktpotential und damit auch die Voltasche Spannungsreihe. Dazu bestimmten sie den Wert der elektrischen Feldstärke, der an jeder Stelle einer Kombination von zwei Leitern herrschen muß, damit sich die Unterschiede in der Konzentration der Elektronen in den beiden Leitern das Gleichgewicht halten. Diese elektrische Feldstärke ist im Innern der Metalle gleich Null, nimmt aber bestimmte Werte in der Übergangsschicht an. Zwischen den beiden Metallen wird eine Hohlraumschicht angesetzt, die später bei den Effekten nicht mehr berücksichtigt wird, bei denen, wie etwa beim Thermostrom, die beiden verschiedenen Leiter miteinander verlötet sind. Dann ergibt sich die richtige Reihenfolge der Voltaschen Spannungsreihe und auch die richtige Größenordnung für das Kontaktpotential. Die Fermische Statistik des Elektronengases führt also zu einer rein physikalischen Theorie des Voltaeffektes, bei der die Größe des Kontaktpotentials zwar durch chemische Einflüsse verändert werden kann, während diese Einflüsse aber doch nur sekundärer Natur sind. Diese Aussage stimmt gerade mit den neuesten experimentellen Untersuchungen des Voltaeffektes überein.

Als Peltiereffekt wird die Erscheinung bezeichnet, die als Umkehrung des thermoelektrischen Effektes darin besteht, daß die Lötstellen eines aus verschiedenen Metallen bestehenden Leiterkreises sich beim Durchgang eines Stromes erwärmen bzw. abkühlen. Bei einheitlichem Leitermaterial tritt an seine Stelle der Thomsoneffekt. Sommerfeld berechnet nun die entsprechende Potentialdifferenz für zwei derartige geöffnete Ketten. Die klassische Theorie hat beim Peltiereffekt für diese Potentialdifferenz einen Wert ergeben, der direkt der Größe der Temperaturdifferenz an der Kette proportional war. Das stimmte jedoch mit der Erfahrung nicht überein, dagegen ergibt die Fermische Statistik gut passende Werte und ebenso ergibt sich das Verhältnis des Thermopotentials zum Voltapotential in guter Übereinstimmung mit der Erfahrung. Der reine Thomsoneffekt war früher nach der Theorie wesentlich größer herausgekommen, als die Experimente es zulassen, und findet jetzt seine richtige Größenordnung.

Auch die Austrittsarbeit der Elektronen aus dem Metall (Richardsoneffekt) steht mit den Grundlagen der neuen Theorie in einem innigen Zusammenhang. Das Elektronengas steht im Entartungsgebiet, wie wir sahen, unter einem außerordentlich starken Druck, weil jener Raummangel herrscht und das Verbot der mehrfachen Besetzung eines Teilzustandes nur einem einzigen Elektron die Energie Null zuschreibt. Die Mehrzahl der Elektronen befindet sich also in Zuständen, denen eine erhebliche Energie zugeordnet ist. Nach Gl. (2) ergibt sich ein innerer Druck p_i des Elektronengases

$$p_i = \frac{2}{3}\,\frac{W_i}{V},$$

wenn W_i diese innere Energie ist. Die elektrischen Ladungen der losgelösten Elektronen und der nach Verlust von Außenelektronen zurückbleibenden positiven Ionen der Metallatome gleichen sich im Innern der Metalle aus. Jedoch wird die die Elektronen zurückhaltende positive Ladung der Ionen sofort nach außen bemerkbar, wenn ein Elektron das Kristallgitter der Metallatome verläßt. So läßt sich als Ausdruck dieser retardierenden Kräfte eine äußere Austrittsarbeit W_a definieren. Deshalb werden unter normalen Bedingungen die Elektronen trotz des starken „Nullpunktdruckes" im Metall zurückgehalten, solange nämlich W_a größer als W_i ist. Ein Überwiegen von W_i bedeutet aber den Austritt von Elektronen aus dem Metall. Auf diese Weise kommt sowohl die Elektronenemission der Glühelektroden zustande als auch die kalter Metallkathoden, wenn starke äußere Felder das Überwiegen von W_i gegenüber W_a unterstützen. Dieser letzte Fall scheint z. B. bei Experimenten von J. E. Lilienfeld[8] sowie von Millikan und Eyring[9] realisiert zu sein.

Schließlich hat Sommerfeld zusammen mit seinen Mitarbeitern außer der Berechnung einiger anderer Effekte, die hier nicht erwähnt seien, die Theorie noch dadurch verbessert, daß er an Stelle einer konstanten freien Weglänge der Elektronen diese Größe als abhängig von der Geschwindigkeit des betreffenden Elektrons ansetzt. Die Art der Abhängigkeit gewinnt er dadurch, daß er das einzelne Elektron als eine Welle auffaßt, wie es die Quantenmechanik heute verlangt[10]. Dann ergibt sich für hohe Temperaturen unter anderem die Proportionalität zwischen Widerstand und absoluter Temperatur ohne weitere Annahmen in Übereinstimmung mit der Erfahrung. Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt ferner für verschiedene Temperaturen das Verhältnis des Widerstandes von Gold bei der betreffenden Temperatur zu dem bei der Temperatur von 273 ° abs., nach Rechnung und Beobachtung.

$T_{abs.}$		=	20	68	90	169	273	373	513	773°
$\frac{R_T}{R_{273°}}$	berechnet	=	0,017	0,170	0,241	0,56	1,00	1,42	2,26	3,12
	beobachtet	=	0,008	0,177	0,270	0,592	1,00	1,40	2,24	3,16

Die absolute Größe des Widerstandes bzw. der Leitfähigkeit ergibt sich aus der Rechnung verschieden, je nachdem wie groß man die Ausdehnung der Metallatome ansetzt und wie groß man die Anzahl der freien Elektronen annimmt. Nimmt man zunächst probeweise die Ausdehnung der Atome gleich ¼ ihres Abstandes im Metallgitter und setzt ferner voraus, daß jedes Atom ein einziges seiner Elektronen frei gemacht habe, so ergibt sich zwar noch nicht der gefundene Absolutwert des Leitvermögens, wohl aber der richtige Gang gerade bei den Metallen, die auch in der Chemie einwertig auftreten. Das deutet darauf hin, wie man dem Problem unter anderem durch Benutzung der chemischen Valenzzahlen beikommen kann. Eine bessere Übereinstimmung auch des Absolutwertes ergibt sich, wenn man die wirkliche Ausdehnung des Atoms gleich $^1/_6$ des Gitterabstandes ansetzt.

Die Sommerfeldsche Elektronentheorie der Metalle, deren Grundlagen hier erörtert und deren Ergebnisse kurz angedeutet wurden, unterscheidet sich also von allen früheren ähnlichen Versuchen dadurch, daß sie nicht das physikalische Bild sondern die Statistik selbst abändert. Hierdurch gelingt es ihr, obwohl sie die Elektronen im Metall wiederum als eine Art Gas behandelt, in entscheidenden Punkten die früheren Theorien und ihre Ergebnisse bei weitem zu verbessern. Besonders auffällig

---

[8] J. E. Lilienfeld, Phys. Z. Bd. 23. S. 306.
[9] R. A. Millikan u. C. Eyring, Phys. Rev. Bd. 27. S. 51.
[10] Ein zusammenfassender Bericht über die Grundlagen der Quantenmechanik findet sich in ETZ 1927, S. 690.

ist, daß sie keinerlei genauere Vorstellungen über die Kopplung der Elektronen untereinander einzuführen braucht. Trotzdem erzielt sie sofort sowohl qualitative als auch quantitative Fortschritte, die als bedeutende Verbesserung angesehen werden müssen. Wenn auch naturgemäß noch nicht alle Probleme gleich im ersten Anlauf erschöpft werden konnten, so kann man doch eine endgültige Lösung des Problems der Elektronentheorie der Metalle von ihr erhoffen, nachdem sie uns das Verständnis der damit verbundenen Erscheinungen schon jetzt wesentlich erleichtert hat.

Aus der Statistik der Elektrizitätswerke Rumäniens für 1928.

Von Dipl.-Ing. **H. Thiess**, Hermannstadt.

Die von der Vereinigung der Elektrizitätswerke der neuen Gebiete Rumäniens in Hermannstadt bearbeitete Statistik für das Betriebsjahr 1928 ist soeben erschienen[1]. Sie umfaßt die Angaben von 139 Werken, 9 elektrischen Straßenbahnbetrieben und einigen größeren Eigenanlagen. Während die Eigenanlagen bisher mit den öffentlichen Werken in einer gemeinsamen Zahlentafel zusammengefaßt waren, erscheinen in der neuen Statistik die Industrieunternehmungen in einem gesonderten Abschnitt, wodurch die Statistik übersichtlicher geworden ist. Wenn sie auch noch manche Lücke aufweist, so ist anderseits ein wesentlicher Fortschritt hinsichtlich der sorgfältigern Ausfüllung der Fragebogen zu verzeichnen. Es fehlen nur noch einige kleinere öffentliche Werke, so daß die Neuauflage in dieser Hinsicht als ziemlich vollständig angesehen werden kann.

Zahlentafel 1 gibt Aufschluß über die Leistungsfähigkeit von 139 öffentlichen Elektrizitätswerken und über die Art der Betriebskraft. Es ist daraus ersichtlich, daß die Wasserkraftanlagen nur 11 %, die Dampfmaschinen und Dampfturbinen dagegen nahezu die Hälfte der Gesamtleistung ausmachen.

1. Art der Betriebskraft.

Betriebsmaschinen	Zahl	Gesamtleistung in kW	Prozent der Gesamtleistung
Wasserturbinen	53	13 500	11
Dampfmaschinen	89	58 200	48,5
Ölmotoren	223	46 500	39
Gas- und Benzinmotoren	32	1 800	1,5
Zusammen	397	120 000	100

Infolge des hohen Zinsfußes kann zum Ausbau von Wasserkräften nur in vereinzelten, sehr günstigen Fällen geschritten werden, so daß der Bau von thermischen Zentralen und besonders von Dieselanlagen zunächst mehr in den Vordergrund tritt. Diese Werke verwenden für die Stromerzeugung billigen Brennstoff und haben auch weniger Kapital zu verzinsen. Die Statistik zeigt daher, daß von der Gesamtleistung mehr als ein Drittel in Dieselanlagen installiert ist. Erwähnt sei, daß in Rumänien das Elektrizitätswerk Hermannstadt-Sibiu derzeit das größte im Betrieb befindliche Dieselaggregat von 3300 PS Leistung besitzt, während als ältestes Werk Temesvár-Timisoara gilt (1884). Benzin- und Gasmotoren kommen nur bei ganz kleinen Werken in Betracht und spielen daher keine wesentliche Rolle. Allerdings besteht die Möglichkeit, daß im Erdgasgebiet von Siebenbürgen auch das Erdgas für die Erzeugung und Verteilung von Elektrizität in größerem Maßstab herangezogen werden wird. Bisher scheint die Tendenz gewesen zu sein, es hauptsächlich für chemische Industrien und thermische Zwecke (Glasfabriken usw.) zur Verfügung zu stellen. Es sei hier nebenbei bemerkt, daß der Erdgasverbrauch in Siebenbürgen 1927 rd. 252 Mill m^3 und im Altreich (Sondengas) rd. 187 Mill m^3 betrug[2]. Der untere Heizwert des siebenbürgischen Erdgases beträgt 8606, der obere 9565 cal., während der Heizwert des Sondengases zwischen 2000 und 7000 cal. schwankt.

Aus Zahlentafel 2 ist die Verteilung der installierten Leistung, geordnet nach Stromerzeugern, ersichtlich.

Durch die Überlandzentralenbewegung, die auch in Rumänien eingesetzt hat, werden die vielen kleinen örtlichen Gleichstromanlagen, die heute noch 58 % aller Werke ausmachen, allmählich dem Drehstromsystem weichen müssen, das bereits zwei Drittel der Gesamtleistung umfaßt.

[1] Zu beziehen durch die Geschäftsstelle der Vereinigung: Elektrizitätswerk Hermannstadt-Sibiu. Preis 10 RM. Für 1927 vgl. ETZ 1928, S. 1190.

[2] „Das Erdgassystem", Industriezg. Kronstadt-Brașov 1929, H. 2 ff.

2. Art der Stromerzeugung.

System	Zahl der öffentlichen Werke	Gesamtleistung in kW	Prozent aller Werke	Prozent der Gesamtleistung
Gleichstrom	81	23 500	58	20
Ein- und Zweiphasenstrom	3	5 500	2	4
Drehstrom	55	91 000	40	76
Zusammen	139	120 000	100	100

Zahlentafel 3 läßt erkennen, daß 1928 in den öffentlichen Elektrizitätswerken 234 Mill kWh produziert worden sind. An höchster Stelle steht die durch Dampfkraft gewonnene Arbeit mit 122,7 Mill kWh, dann folgen die

3. Jahreserzeugung nach Art der Kraftquelle.

Kraftquelle	Jahreserzeugung in Mill kWh	Prozent der Gesamterzeugung	Mittlere jährliche Benutzungsdauer h
Wasser	36,2	15,5	2680
Dampf	122,7	52,5	2100
Öl	72,6	31,0	1560
Gas und Benzin	2,5	1	1390
Zusammen	234,0	100	1950

Rohölmotoren mit 72,6 Mill kWh Jahreserzeugung, während aus Wasserkraftanlagen lediglich 36,2 Mill kWh erzielt wurden. Die mittlere Benutzungsdauer, bezogen auf die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Kraftquellen, stellt sich im Mittel für das Jahr 1928 nur auf 1950 h, eine Folge der schwachen Ausnutzung der zahlreich vorhandenen kleinen Dieselanlagen.

Zahlentafel 4 zeigt die Erzeugung und Leistungsfähigkeit sämtlicher in der Statistik angeführten Elektrizitätsbetriebe, geordnet nach der Unternehmungsform. Auf Grund dieser Übersicht kann, unter Annahme einer Produktion von 46 Mill kWh in unbekannten Betrieben für das Jahr 1928 mit einer Gesamtgewinnung elektrischer Energie von ungefähr 530 Mill kWh gerechnet werden. Bei 17,5 Mill Einwohner Rumäniens entfallen demnach 30 kWh auf den Kopf der Bevölkerung.

4. Erzeugung und Leistung der in der Statistik angeführten Betriebe nach der Unternehmungsform.

Eigentumsverhältnis	Zahl der Betriebe	Erzeugung Mill kWh	Leistung 1000 kW
a) Staatliche und kommunale Werke	78	155	84
b) Private Werke	61	79	36
Öffentliche Werke	139	234	120
Industrieanlagen	17	250	97
Zusammen laut Statistik	156	484	217
Unbekannte Betriebe (geschätzt)	—	46	33
Insgesamt	—	530	250

Von den in der Statistik erfaßten Unternehmungen arbeiten 24 Werke mit Spannungen bis 3000 V, 16 mit 3000 bis 6000 V, 3 mit 10 kV, 5 mit 15 kV, 1 Werk mit 25 kV, 1 Werk mit 55 kV (Reșița-Anina) und 1 Werk mit 60 kV (Florești-Bucuresti). Die Gebrauchsspannungen der öffentlichen Werke sind hauptsächlich 110 und 220 V, u. zw. stehen 50 Werke mit einer Niederspannung von 110 V und 89 Werke mit einer solchen bis 220 V in Betrieb.

Was die Strompreise anbelangt, so betragen diese im Mittel für Licht 16.50 Lei/kWh (41 Pf) und für Kraft 7,50 Lei/kWh (19 Pf).

Um schließlich ein Bild von der Größenordnung der bedeutenderen Elektrizitätsunternehmungen Rumäniens zu geben, möge nachstehende Übersicht des Jahresstromverbrauchs folgen:

Stadt	Einwohnerzahl 1000	Jahresverbrauch Mill kWh
Bukarest	800	60,5
Temesvár (Timișoara)	100	16,1
Klausenburg (Cluj)	120	13,3
Hermannstadt (Sibiu)	50	12,1
Czernowitz (Cernauti)	160	12,0
Arad	80	8,2
Großwardein (Oradea)	87	7,8
Jassy (Jași)	120	6,0

Von den elektrischen Industrieunternehmungen sind erwähnenswert:

Diciosânmărtin („Nitrogen")	68,0 Mill kWh	(Erdgasgebiet)
Reşiţa-Anina (Eisenwerk)	62,1 „ „	(Kohlengebiet)
Câmpina „Electrica"	52,0 „ „	(Petroleumgebiet)

Diese allgemeinen Betrachtungen zeigen, daß der Elektrizitätswirtschaft in Rumänien noch ein weites Feld offen steht, und es ist zu erwarten, daß in den nächsten Jahren ein gewaltiger Aufschwung auch in dieser Hinsicht einsetzen wird.

RUNDSCHAU.

Beleuchtung.

Beleuchtung eines Kirchenraumes. — Die alte Beleuchtungsanlage der „First Church of Christ, Scientist", Boston, ein 5000 Plätze fassender Kuppelraum, sollte nach neuzeitlichen Grundsätzen umgebaut werden. Es war erforderlich, in allen Teilen der Kirche eine sehr hohe mittlere Beleuchtungstärke zu erzeugen, weil dem Gebrauch dieser Kirchengemeinde entsprechend von verschiedenen Stellen des Raumes aus gesprochen wird. Der Mittelraum des Auditoriums wird von einer Kuppel überwölbt, die bei einem Durchmesser von 27 m eine maximale Höhe von 32,5 m über dem Fußboden besitzt und ein Oberlicht von rd. 7 m Dmr. aufweist. Um eine blendungsfreie Beleuchtung zu ermöglichen, wurde die Kuppel zur sekundären Lichtquelle gemacht und das Oberlicht von oben beleuchtet. Zur Ausleuchtung der Kuppel dienen (Abb. 1) 156 Flutleuchten mit 250 W-Lampen, die in dem

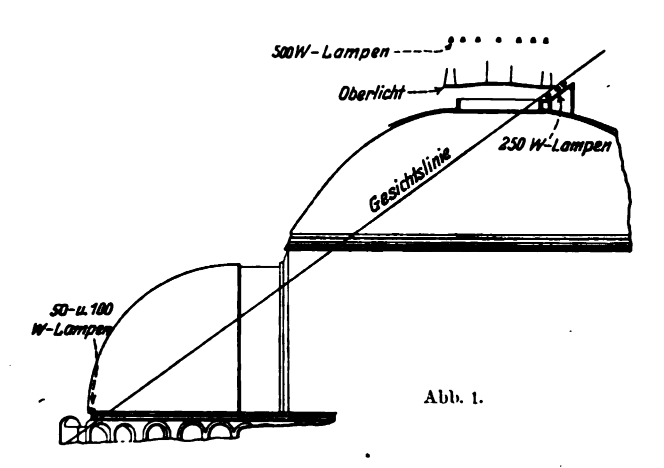


Abb. 1.

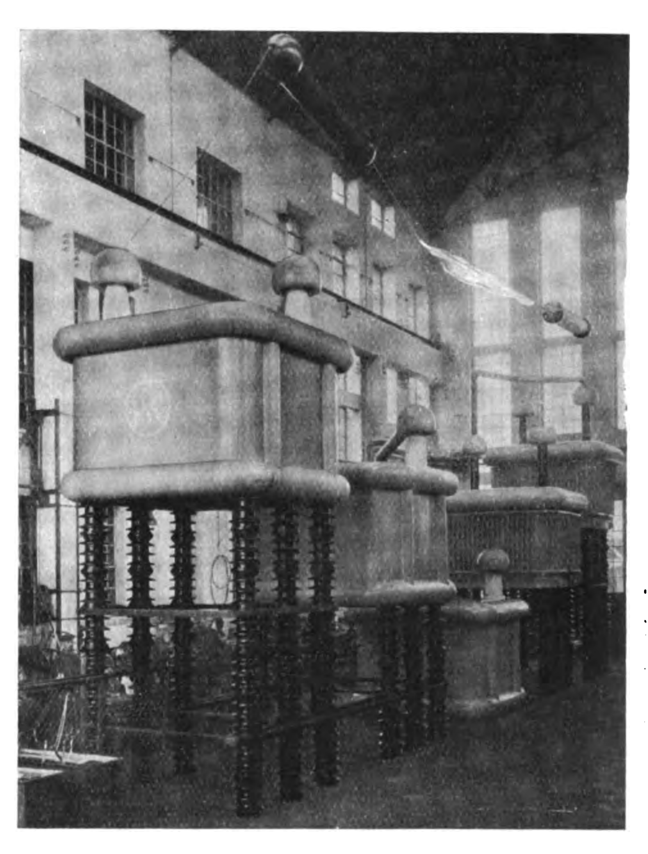
Laternenraum zwischen Kuppelscheitel und dem Oberlicht in drei Reihen untergebracht sind und ihr Licht auf den Putz der Kuppel werfen, von dem es diffus durch das ganze Auditorium zurückgeworfen wird. Weiter sind in einem Lichtgraben zwischen Tambour und Kuppelbasis 50- und 100 W-Lampen in Spiegelleuchten angeordnet, die die in der Kuppelwandung ausgesparten Nischen von unten ausleuchten, und schließlich sind noch 12 Leuchten mit 500 W-Lampen vorgesehen, um das mit gut streuendem Glase versehene Oberlicht zu beleuchten. — Die Leuchten sind in verschiedenen Stromkreisen angeordnet, so daß nach Bedarf die Hälfte, drei Viertel oder sämtliche eingeschaltet werden können. Die erzeugte mittlere Beleuchtungstärke beträgt rd. 80 Lux mit einem Aufwande von 16,5 W für jeden Sitzplatz. Insgesamt sind 82,3 kW installiert einschließlich der Beleuchtungseinrichtungen für die Galerien, Nebenräume, Korridore usw. (L. F. Klein, El. World Bd. 92, S. 1253.) *Lx.*

Zur Haushalt-Lichtwerbung[1]. — Aus dem Bericht der Zentrale für Lichtwerbung vom 15. IX. geht hervor, daß nunmehr insgesamt in 49 Städten mit der Durchführung der Haushaltlichtwerbung begonnen worden ist. Die Vorträge der Kursusleiter der A. F. I. haben sich als sehr wertvoll erwiesen und sollten noch vor Beginn der eigentlichen Werbung in sämtlichen diese durchführenden Städten abgehalten werden. Bezügliche Wünsche sind an die Zentrale bzw. an die A. F. I. zu richten. Erstere will den Elektrogemeinschaften künftig 14tägig Rundbriefe zustellen, in denen besonders wertvolle Maßnahmen einzelner Elektrogemeinschaften als Anregungen hervorgehoben und die nächste Phase der Werbung behandelt werden.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1305.

Elektromaschinenbau.

Prüftransformatoren für 2 Mill V. — Die Koch & Sterzel A. G., Dresden, hat eine Transformatorenanlage für 2 Mill V zwischen den Endklemmen erbaut und erprobt, die die erste europäische Anlage dieser Spannung darstellt. Die Entwicklung im Bau von Hochspannungstransformatoren dieser Firma zeigen folgende Zahlen: Im Jahre 1918 entstand eine Anlage für 500 kV mit 50 kVA Leistung, das Jahr 1922 brachte u. a. eine Ausführung für 1000 kV mit 200 kVA, und im Juli d. J. wurde die Anlage für 2000 kV mit 1200 kVA fertiggestellt. Abb. 2 zeigt den Aufbau, der aus fünf Transformatoren


Abb. 2. Prüftransformatorenanlage für 2000 kV.

für je 400 kV und 240 kVA in der heute üblichen gestaffelten Schaltung besteht. Bei der gezeigten Anordnung sind Kern und Gehäuse des in der Mitte stehenden Transformators geerdet. Eine unmittelbar auf diesem Kern liegende Wicklung dient als Primäre für die ganze Anlage. Die Anlage wird indessen nicht als Ganzes zur dauernden praktischen Verwendung kommen, vielmehr erhält die eine Hälfte mit 1000 kV gegen Erde das Hochspannungsinstitut der T. H. Dresden, der andere Teil wird an das Prüffeld eines Kabelwerkes geliefert. *nkl*

Leitungen.

Über den maximalen Spannungsgradienten in normal verseilten Dreileiterkabeln. — Die beiden bekanntesten Formeln zur Berechnung des maximalen Spannungsgradienten in normal verseilten Dreileiterkabeln sind von Petersen[1] und von Atkinson[2] angegeben worden.

[1] W. Petersen, Hochspannungstechnik. Verlag F. Enke, Stuttgart 1911.
[2] Atkinson, Proc. Am. Inst. El. Engs., Juni 1919.



Die nach diesen Formeln errechneten Werte der Maximalbeanspruchung sind jedoch nur für ein ganz bestimmtes Verhältnis zwischen Isolationsstärke und Leiterdurchmesser gleich. Neuere Forschungen haben noch einen Umstand aufgedeckt, dem eine wichtige Bedeutung als Ursache der Kabeldurchschläge beigemessen werden muß. Es ist dies die mechanische Beanspruchung der Isolierung durch die plötzliche Temperatursteigerung (bzw. durch die dabei auftretende Gasentwicklung usw.), die bei schweren Kurzschlüssen zufolge der Überströme in der bis zum Ansprechen des Überstromausschalters vergehenden Zeit entstehen. Durch Verwertung dieser Erkenntnis wird es möglich sein, den zur Zeit übermäßig hohen Durchschlagsicherheitsgrad der Kabel herabzusetzen. Damit gewinnt eine verläßliche Formel zur Berechnung der tatsächlichen Höchstbeanspruchung des Dielektrikums erneute Bedeutung. Die obenerwähnte mangelhafte Übereinstimmung zwischen den nach der für kleine Isolationsstärken streng gültigen Gl. (1) von Petersen

$$\mathfrak{E}_{max} = \frac{\sqrt{1+\frac{4r}{i}}}{2r\ln\frac{\sqrt{i^2+4ri}+i}{\sqrt{i^2+4ri}-i}}\,U \quad \ldots\ldots (1)$$

(r Leiterhalbmesser, i Isolationsstärke zwischen zwei Leitern, U Betriebspannung)

und den nach der rein empirisch gewonnen Gl. (2) von Atkinson

$$\mathfrak{E}_{max} = k\,\frac{1}{r\ln\frac{1}{\sqrt{3}}\left(\frac{i}{r}+2\right)}\,\frac{U}{\sqrt{3}} \quad \ldots\ldots (2)$$

(k = Korrekturfaktor ≈ 1)

errechneten Werten zeigt Abb. 3. Atkinson nimmt im Gegensatz zu Petersen an, daß sich die Höchstbeanspruchung an der dem Mittelpunkt des Kabels zunächst liegenden Stelle des Leiterumfanges befinde. Diese Voraussetzung Atkinsons läßt sich jedoch auch theoretisch weiter verfolgen, man gelangt dann zu der in der Abb. 3 ebenfalls dargestellten Gl. (3),

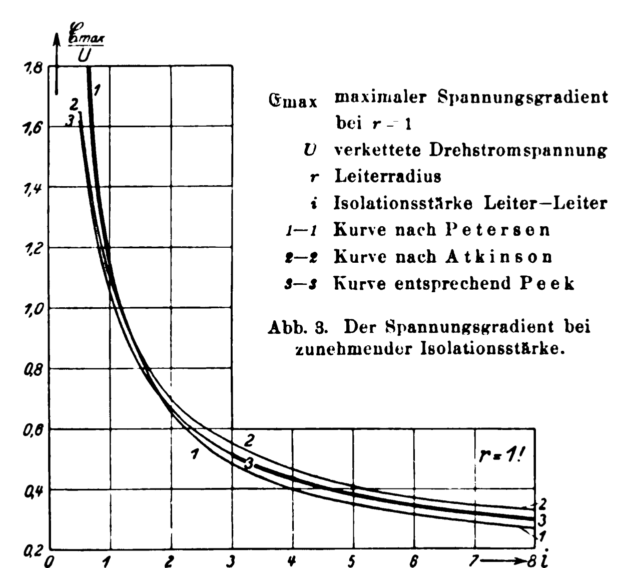


Abb. 3. Der Spannungsgradient bei zunehmender Isolationsstärke.

$$\mathfrak{E}_{max} = \frac{1+\frac{2}{\frac{i}{r}+2}}{r\ln\left(\frac{i}{r}+2\right)}\,\frac{U}{\sqrt{3}}, \quad \ldots\ldots (3)$$

die für sehr große Isolationsstärken mit einer Formel, die von Peek[3] und anderen für die Berechnung der Koronaverluste von Drehstrom-Freileitungen angewendet worden ist, durchaus übereinstimmt.

Aus der Abb. 3 geht ohne weiteres hervor, daß bei konstant gehaltenem Leiterradius für kleine Isolationsstärken die Gl. (1), für große Isolationsstärken die Gl. (3) gelten muß. Gerade in dem technisch wichtigen Bereich, nämlich für eine Isolationsstärke von etwa doppeltem Leiterradius, muß offenbar ein Übergang von der Kurve *1* zur Kurve *3* stattfinden.

Durch Rechnung läßt sich der Ort der Höchstbeanspruchung bestimmen, der bei konstant gehaltenem Leiterradius für kleine Isolationsstärken in der Richtung Leiter gegen Leiter liegt und mit wachsender Isolationsstärke immer mehr gegen den dem Kabelmittelpunkt zugewendeten Teil der Leiteroberfläche rückt. Die Rechnung ergibt ferner den im Augenblick der Höchstbeanspruchung herrschenden Phasenwinkel und schließlich die Größe der Höchstbeanspruchung selbst, die sich mit einer auf 2 % geschätzten Genauigkeit durch die Gl. (4) wiedergeben läßt

$$\mathfrak{E}_{max} = \left(\frac{1}{i}+\frac{0{,}18}{r}\right)U. \quad \ldots\ldots (4)$$

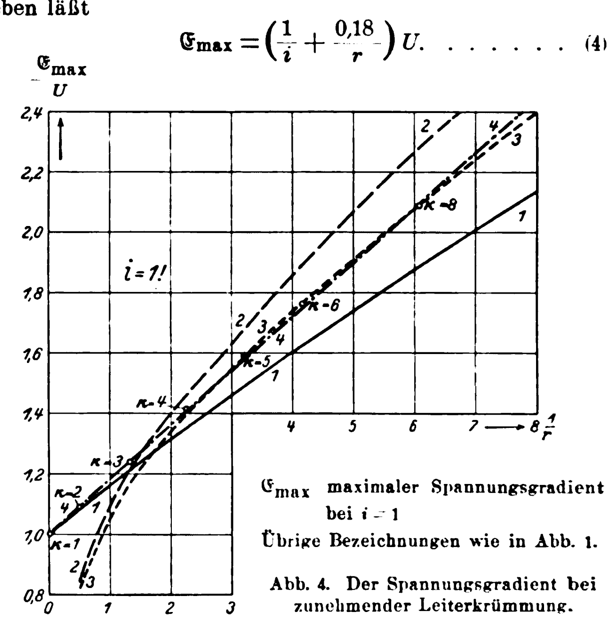


Abb. 4. Der Spannungsgradient bei zunehmender Leiterkrümmung.

In der Abb. 4 ist die neue einfache, aber für alle praktisch vorkommenden Verhältnisse gültige Gl. (4) in Abhängigkeit von der Leiterkrümmung $\frac{1}{r}$ dargestellt, ebenso sind in diese Abbildung die drei Kurven aus der Abb. 3 übertragen.

Eine Überprüfung der Formel (4) läßt sich übrigens auf einem teilweise experimentellen Wege vornehmen. Alle bisher bekannt gewordenen Versuche bezweckten die unmittelbare Messung des Spannungsgradienten, was jedoch infolge des Einflusses der Sonde nicht sehr genau möglich ist. Man findet jedoch, daß es vorteilhafter ist, experimentell nur den Ort der Höchstbeanspruchung zu bestimmen, deren Größe jedoch auf rechnerischem Wege zu ermitteln. (F. Haas, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 458.)

Installation.

Eingeschraubte Abzweigklemmen. — Die Abzweigklemmen können nach Paufler (Märk. El.-Ind., Neuruppin) an den Sockeln der Dosen oder Ringe in folgender Weise festgeschraubt werden (DRP. angem.):

1. indem vor Einschrauben der Madenschraube durch den durchbohrten Unterteil der Schlitzklemme eine Schraube eingeführt wird, welche festgeschraubt wird in einem mit entsprechendem Gewinde versehenen Metallblättchen, das auf der Rückseite des Dosensockels vertieft eingelagert wird (s. Abb. 7 u. 9);
2. indem die Schraube vor Einschrauben der Madenschraube von der Rückseite der Dose aus durch den durchbohrten Unterteil der Schlitzklemme durchgeführt und in einer Mutter festgeschraubt wird, die von oben her in die Schlitzklemme eingesetzt wird (s. Abb. 5 u. 11).

In den vorstehend aufgeführten Fällen unter 1. und 2. wird das Profil des Schraubenkopfes bzw. der Mutter so gehalten, daß das im Boden der Schlitzklemme entstandene Bohrloch vollkommen ausgeglichen wird, der Schlitz

[3] Peek, Proc. Am. Inst. El. Engs. 1911, S. 1495.

in der Klemme demgemäß ganz glatt verläuft. Durch diese neuartige sinnreiche Befestigungsart wird erreicht, daß das Abwürgen der festzuklemmenden Leitungen bei scharfem Anziehen der Madenschraube unmöglich wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Madenschrauben bei diesen Schlitzklemmen unten keinen Ansatz brauchen,

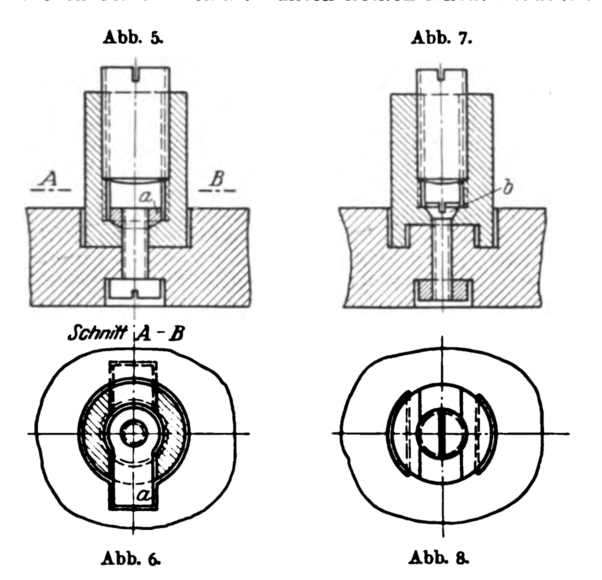


Abb. 5. Abb. 7. Abb. 6. Abb. 8.

wie es bei den bisherigen Schlitzklemmen erforderlich war; es war nur bei Madenschrauben mit Ansatz ein einwandfreies Festklemmen der Drähte gewährleistet, weil es fabrikationstechnisch fast unmöglich ist, das Innengewinde der Schlitzklemme bis auf den Grund des Bohrloches einzuschneiden.

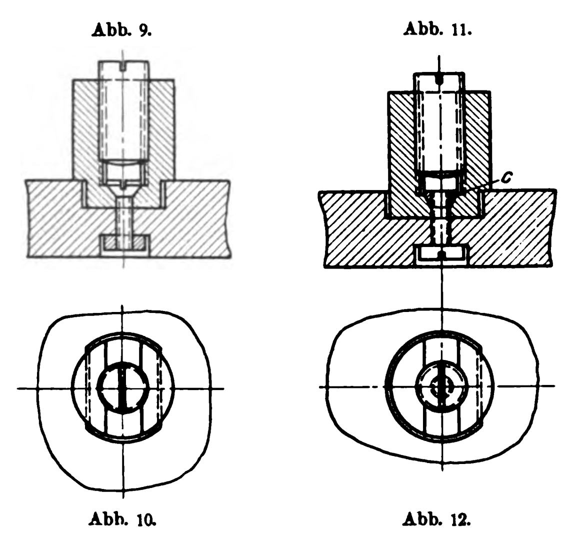


Abb. 9. Abb. 11. Abb. 10. Abb. 12.

Der Verdrehungsschutz bei den Klemmen wird bewirkt in bekannter Weise dadurch, daß die Schlitzklemme an einer oder zwei Seiten (s Abb. 11 u. 9) oder am Boden in der Mitte (s. Abb. 7) ab- bzw. eingefräst wird und im Porzellan entsprechende Teile stehen bleiben (s. Abb. 12, 10 und 8). Eine noch nicht bekannte Art, den Verdrehungsschutz in wirksamer Weise herbeizuführen, wird erreicht dadurch, daß in den Schlitz der Klemme ein Metallblättchen eingelegt wird, das nach einer oder beiden Seiten über den Schlitz herausragt und in entsprechend ausgesparte Löcher des Porzellansockels eingreift und unverrückbare Gegenlage hierin findet (s. Abb. 6). Das Metallblättchen dient zugleich zur Befestigung der Schraube, welche von der Rückseite des Dosensockels her durch den durchbohrten Boden der Schlitzklemme eingeführt wird. Das Metallblättchen ist deshalb mit einem entsprechenden Gewinde versehen. *fi*

Bergbau und Hütte.

Die elektrische Großgasreinigung, Bauart Elga, in Witkowitz. — Auf Grund der Erfahrungen mit der Betriebsversuchsanlage in Dillingen wurde von der „Elga" (Elektrische Gasreinigungs G. m. b. H., Kaiserslautern) bei der Witkowitzer Bergbau- und Eisenhütten-Gewerkschaft eine elektrische Hochofengas-Feinreinigung mit einer Leistung von 40 000 m³/h (bei 0 ° u. 760 mm Hg) als erste derartige Betriebsanlage erbaut. Die Anlage ist nach der Vielröhrentype ausgeführt und besteht aus 2mal 12 Gruppen von je zwei Rohrbündeln. Eine Besonderheit der Elga-Anlage bildet die Gegengasspülung der geklopften Elektroden-Rohrbündel mit aufgeheiztem Reingas, wozu 5 ... 6 % der Gesamtgasmenge und ein Energieverbrauch von 17 % (abgesehen von der Heizenergie) der rd. 2,5 kWh auf 1000 m³ betragenden Gesamtenergie nötig sind. Die mit 200 ... 300 ° dem Hochofen entströmenden Gase treten nach Passieren des Staubsackes mit etwa 135 ° in einen stehenden Einspritzkühler, wo die Temperatur durch Einnebeln von 40 ... 50 g/m³ Wasser auf etwa 60 ° erniedrigt wird. Bei dieser Temperatur findet in der Elektrofilteranlage die Entstaubung von 4 ... 6 g/m³ auf 0,015 ... 0,020 g/m³ statt. Die Betriebskosten ebenso wie die Gesamtkosten stellen sich bei der Elektrofilteranlage nur etwa halb so hoch wie bei einer Naßreinigung. Die Leistung der Anlage konnte durch Umbau der Rohrbündel um 50 % auf 60 000 m³/h (bei 0 ° u. 760 mm Hg) erhöht werden. Die gute Wirkung, die infolge des unerwarteten Zink- und Bleigehaltes im Staub etwas hinter der erwarteten zurückblieb, hat Witkowitz den Plan auf Ausbau der Anlage für 240 000 m³/h fassen lassen.

Die Errichtung dieser Großanlage stellt einen entscheidenden Schritt in der Einführung des Elektrofilters für die Hochofengasreinigung dar. Weitere Anlagen befinden sich seitens der „Elga" im Bau sowie seitens anderer Elektrofilteranlagen bauender Gesellschaften auf Hochofenwerken teils im Bau, teils im Betrieb, so daß die Bekanntgabe weiterer Betriebserfahrungen mit Hochofengaselektrofiltern nur eine Frage der Zeit sein dürfte. (R. Durrer, St. u. E. Bd. 47, S. 244.) *C. H.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Frequenzabhängigkeit bei Verstärkertransformatoren. — Von Matthies und Ganswindt werden die für den Verstärkerbau besonders wichtigen Belastungen der Transformatoren rechnerisch betrachtet und an experimentell aufgenommenen Frequenzkurven die Rechnungsergebnisse bestätigt. — Nach einer kurzen Beschreibung der Meßmethode werden die allgemeinen Transformatorgleichungen in eine für den vorliegenden Fall besonders zweckmäßige Form gebracht, u. zw. auch bei besonderer Berücksichtigung der Eisenverluste. Sodann wird die Arbeitsweise des leerlaufenden und mit rein Ohmschem Widerstand belasteten Transformators diskutiert und hierbei der Einfluß der Streuung und der primären Induktivität aufgedeckt. Der Begriff der „Anpassung" wird hierdurch klar.

Eingangs- und Zwischentransformatoren werden vom Standpunkte der kapazitiven Belastung aus besprochen. Die Rechnung liefert hier für die Extremwerte des Spannungsverhältnisses eine Gleichung dritten Grades für ω^2, die folgendermaßen lautet:

$$\omega^6 \frac{L_1^2 (1-K^2)^2}{\omega_0^4} + \omega^4 \times \left\{ \frac{L_1^2}{\omega_0^2} \left(1 + \frac{(r_1 + r_i)\, n^2 r_2}{L_2/C_2}\right)(K^2 - 1) + \frac{(r_1 + r_i + r_2/n^2)^2}{2\,\omega_0^4} \right\} - \frac{(r_1 + r_i)^2}{2} = 0.$$

Diese hat die folgenden Lösungen:

$$\omega_1 = \frac{\omega_0}{\sqrt{1-K^2}} \sqrt{1 + \frac{(r_1 + r_i)\, n^2 r_2}{L_2/C_2} - \frac{1}{2} \, \frac{(r_1 + r_i + r_2 n^2)^2}{\frac{L_1 (1-K^2)}{n^2 C_2}}}$$

und

$$\omega_{2,3} = \omega_0 \sqrt{\frac{r_1 + r_i}{r_i + r_i + r_2/n^2}} \,.$$

Es sind dies die beiden Hauptresonanzlagen des Transformators. Die Optima des Verhältnisses der Sekundärspannung zur EMK hängen bezüglich ihrer spektralen Lage von der Größe des inneren Widerstandes der Kraftquelle ab. Man kann diese Verschiebungen mit dem inneren Widerstand der EMK dazu benutzen, die Eigenkapa-

zität der sekundären Transformatorwicklung zu bestimmen. Diese Methode gibt sehr sichere Werte der Kapazität, da die Frequenzmessung äußerst genau durchgeführt werden kann.

Für die Berechnung des absoluten Wertes des Spannungsverhältnisses werden allgemeine Formeln angegeben. Sodann wird ein Fall andersgearteter Belastung kapazitiver Art besprochen, der in den Frequenzkurven zu mehr oder weniger starken Einbrüchen führt. Dieser Einbruch wird experimentell von einem besonderen Gesichtspunkt aus nachgemacht an einem Transformator, der frei von der Erscheinung des natürlichen Einbruchs ist. Zum Schluß kommen noch einige kapazitive Belastungseffekte zur Sprache, die für den Verstärkerbau bei Verblockungen und Bildung von Nebenschlüssen Interesse besitzen. (K. Matthies u. G. Ganswindt, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 477.)

Unabhängigkeit der Funkenkonstante vom Luftdruck. — Ältere Messungen von Toepler[1] hatten Unabhängigkeit der Funkenkonstante k vom Drucke innerhalb des Bereiches von 1 bis 5 at ergeben. Der Wert $k = 0,48 \cdot 10^{-3}$ scheint wegen der Unsicherheit der Bestimmungsmethode, Einhüllende der Querspannungen von Wanderwellen mit Reflexion am offenen Leitungsende, nicht ganz einwandfrei[2]. Bei den vorliegenden Messungen wurde daher das Spannungsmaximum neben einem Ohmschen Widerstande W mittels belichteter Funkenstrecke F' (Kugeldurchmesser 4 cm) bestimmt und daraus in bekannter Weise[3] die Funkenkonstante errechnet.

Unter der auf Grund der experimentellen Erfahrung berechtigten Annahme, daß die Funkenbildung bei F' aus der Anfangsspannung heraus erfolgt, wird aus dem vorliegenden Toeplerschen Beobachtungsmaterial[4] für k der bedeutend kleinere Wert $0,14 \cdot 10^{-3}$ berechnet. Die Auswertung der vorliegenden Messungen ergibt im Bereiche von 1 bis $^1/_{10}$ at Unabhängigkeit der Funkenkonstante vom Drucke. Der Wert der Funkenkonstante beträgt unter der obigen Annahme im Mittel $0,15 \cdot 10^{-3}$. (K. May, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 467.)

Werkstatt und Baustoffe.

Warmbehandlung in Elektroöfen. — Die Warmbehandlung derjenigen Teile, die für die Herstellung von Automobilen bei Dodge Brothers, Inc., Detroit, benötigt werden, geschieht jetzt ausschließlich in elektrisch geheizten Öfen. Die neue Anlage besteht aus über 60 Öfen mit einem Gesamtstromverbrauch von 11 400 kW. Die Gesellschaft führte Elektroöfen mit der Absicht ein, die Qualität ihrer Erzeugnisse durch genaue Temperaturkontrolle zu verbessern, die Instandhaltungskosten zu verringern und die Arbeitsbedingungen für die Belegschaft durch Vermeidung von Rauch und Hitze zu verbessern. Dreijährige Betriebserfahrungen mit einigen der Öfen haben allen Erwartungen entsprochen. Es sind zwei verschiedene Abteilungen vorhanden: Anlage 1 für bearbeitete Maschinenteile und Anlage 2 für Schmiedestücke, die zuerst beschrieben werden soll.

Alle Öfen zum Normalisieren, Härten und Anlassen der Schmiedestücke haben zusammen eine Leistung von 204 000 kg in 24 h. Der Energieverbrauch hierfür beträgt 7500 kW. Hierzu dienen 32 Öfen in Kastenform (20 zum Härten und 12 zum Glühen), sechs Stoßöfen zum Anlassen und Normalisieren und fünf verschiedene Öfen zur Warmbehandlung von kleineren Teilen. Die ersteren haben eine Grundfläche von je 9 × 3,1 m. Je vier Öfen bilden eine Einheit, die Herdfläche eines jeden Ofens beträgt 1,68 × 2,6 m. Dieselbe besteht aus zusammengesetzten Stahlblechen und zwei Wandblechen von 250 mm Höhe aus einer feuerbeständigen Stahllegierung. Das Ganze liegt auf Schamottesteinen, zwischen denen die Heizelemente untergebracht sind. Somit bilden die Bodenbleche und die Seitenwände einen offenen Trog, und die Wärme wird durch den glühenden Boden von den Heizelementen ohne großen Temperaturabfall übertragen und von Heizkörpern, die am Gewölbe hängen, direkt ausgestrahlt.

Ungefähr 454 kg werden in einer Mulde, die etwas schmaler als der obige Trog ist, durch eine Einsatzmaschine in den Ofen geschoben. Das Einsetzen und Ausziehen der Mulden dauert ungefähr 30 s, die Temperatur fällt in dieser Zeit um ungefähr 10 °. Jeder Ofen ist mit einer Phase eines 220 V-Drehstromes von 60 Hz verbunden und braucht 154 kW zum Anwärmen und 135 kW während des Betriebs bei 900 ° Ofentemperatur. Hinter einigen Öfen stehen Ablöschbehälter, in die die heißen Stücke in einen untergetauchten Korb fallen, der mittels Krans herausgehoben wird. Bei einigen Öfen ist kein Ablöschbehälter vorgesehen, sondern die Stücke fallen direkt in einen Korb zum langsamen Abkühlen an der Luft. Alle im Bad abgelöschten Stücke gehen zu den Anlaßöfen, die obigen Öfen direkt gegenüber liegen. Hierzu gehören Achsen, Kurbelwellen, Verbindungsstangen, Federkappen, Naben, Schmiedestücke und Flanschen, Ausrück- und Bremshebel. Kurbelwellen werden bei 605 ° angelassen und unter einem 2250 kg-Hammer direkt nach dem Anlassen gerichtet.

In derselben Anlage befinden sich vier kontinuierliche Öfen von 7,6 m Länge und zwei von 4,5 m Länge für höhere Temperaturen. Zwei von den ersteren haben einen Durchsatz von je 2360 kg/h bei 730 ° mit einem Energieverbrauch von 430 kW, die beiden anderen mit 570 kW. Die beiden letzteren Öfen können sowohl zum Glühen als auch zum Anlassen benutzt werden. In allen diesen Öfen liegen auf dem Herd drei Schienen einer besonderen Stahllegierung, auf denen Schuhe gleiten, die die eingesetzten Kästen tragen, in denen leichtere Schmiedestücke enthalten sind. Die Durchstoßeinrichtung wird von einem 5 PS-Motor angetrieben, der durch ein Zeituhrwerk angelassen wird, und zu gleicher Zeit werden Motoren in Betrieb gesetzt, die die Türen öffnen. Wird von dem Stößel ein Hub von 380 mm ausgeführt, so wird dadurch an einem Ende eine Schale in den Ofen geschoben und zugleich am entgegengesetzten Ende eine geglühte Schale ausgestoßen.

Fünf Spezialöfen dienen zur Warmbehandlung von kleineren Teilen. In einem 50 kW-Röhrenofen werden Verbindungsbolzen gehärtet, die durch 10 Röhren gestoßen werden, die am entgegengesetzten Ende in ein Ölbad reichen, so daß die Bolzen nicht mit der Luft in Berührung kommen. Die Temperatur im Ofen beträgt 876 °. Ein kontinuierlicher Ofen für 35 kW dient zur Warmbehandlung von Ventilköpfen aus Chrom-Nickelstahl, ein Drehofen von 125 kW zum Normalisieren und Härten von Schwungrad-Anwerfrädern und zwei Drehöfen von je 110 kW zum Einlöten der Hinterachsen-Nabenflanschen in ihre Rohre bei 950 °, was in 20 min geschehen ist.

Aber nicht nur geschmiedete und bearbeitete Teile werden in Elektroöfen behandelt, sondern auch die gesamte Einsatzhärtung geschieht in besonderen Öfen mit elektrischen Heizelementen mit Ausnahme derjenigen Teile, die in Zyanid entweder für eine Oberflächenhärtung oder ohne Berührung mit Luft gehärtet werden. Für diese Zwecke sind 40 ölgefeuerte Zyanidtöpfe vorgesehen. Teile, die aus den Glühkästen abgelöscht werden, werden in Öfen mit Drehherd gekohlt und diejenigen, die in den Glühkästen abkühlen, in Gegenstrom- oder Rekuperatoröfen, wodurch bedeutende Wärmeenergien gespart werden.

Die drei Öfen mit Drehherd haben einen Außendurchmesser von 8 m, liegen 3,96 m über Flur und erstrecken sich 1,7 m unter Flur. Der Außendurchmesser des Drehtisches beträgt 6,9 m und der Innendurchmesser 3,66 m. Das gesamte Gewicht des Tisches mit Einsatz ist 60 ... 70 t. Der Herd liegt auf 91 Kugeln von 38 mm Durchmesser, die in der gehärteten Spur eines Zahnrades laufen, und wird außerdem von acht Rollen, die auf einem runden Gleis laufen, unterstützt. Der Tisch ist mit einer Welle verbunden, die durch die Mitte des Ofens geht und ein Antriebsrad von 1,83 m Durchmesser trägt. Ein 1 PS-Motor bewegt die Tische in 10½, 13½ bzw. 16½ h einmal herum. Der Tisch trägt 27 Böcke in gleichmäßiger Verteilung, von denen 26 immer beladen sind, während der 27. mit den Glühkästen beladen oder entladen wird. Die Böcke sind 175 mm hoch, so daß die Wärme die Unterseite der Kästen bestreichen kann. Nachdem der fertig gekohlte Kasten entfernt ist, wird der Motor angelassen, wodurch der nächste leere Bock vor die Einsatztür tritt. Einsatz- und Ausziehtüren sind durch eine Zwischenwand voneinander getrennt. Das Einsetzen und Ausziehen geschieht mit einer besonderen Maschine. Die Einsatzkästen haben eine Abmessung von 290 × 405 × 220 mm und bestehen aus einem Stahlgußgerippe, in das die Seitenwände aus Nickel-Chromblech eingegossen sind. Jeder Ofen erfordert 500 kW in fünf dreiphasigen Stromkreisen, die für Dreipunktkontrolle eingerichtet sind. Diese Stromkreise werden mittels ihrer Thermoelemente geregelt.

Das erste Thermoelement, welches ungefähr 3 m von der Einsatztür entfernt liegt, regelt zwei Stromkreise und ist auf 940 ° eingestellt. Das zweite, das auch zwei Stromkreise regelt, liegt auf ungefähr der Hälfte des Umfanges und ist auf 925 ° und das dritte, nahe der Ausziehtür, auf 900 ° eingestellt. Die Heizelemente, die an beiden Seitenwänden aufgehängt sind, bestehen aus 80 : 20 Nickel-

[1] M. Toepler, ETZ 1924, S. 1049.
[2] Vgl. Referate v. M. Toepler, ETZ 1927, S. 1891.
[3] M. Toepler, Arch. El. Bd. 17, S. 61; Bd. 18, S. 551.
[4] M. Toepler, Arch. El. Bd. 17, S. 66.

Chrombändern. Mit diesen drei Öfen wird die gleiche Arbeit geleistet, die früher von 26 ölgefeuerten Öfen von 3 × 3,3 m Grundfläche getan wurde.

Die heißen Glühkästen werden auf einem Elektrokarren zu einer Kippmaschine gefahren, durch die der Inhalt auf ein Sieb geschüttet wird, durch das die Kohlungsmasse hindurchfällt, während die Werkstücke über das Sieb in ein Ölbad gleiten. Radringe, Knaggenscheiben, Zahnritzel und einige kleinere Teile kühlen in den Kästen ab. Diese Teile werden in sieben Gegenstromöfen von je 159 kW gekohlt. Diese Öfen sind 21,6 m lang und haben einen Herd von 1,83 m Breite ohne Zwischenwand. Sie werden von beiden Seiten beschickt und entleert. Ofen 11 wird z. B. am vorderen Ende beschickt und am hinteren entleert. Ofen 12 enthält zwei Reihen Glühkästen, die sich in umgekehrter Richtung bewegen, so daß das Entleerungsende der einen Reihe sich entlang dem Einsatzende der anderen befindet. Auf diese Weise absorbieren kalte Kästen Wärme von den heißen. Von den 21,6 m langen Öfen ist die Vorwärmzone an jedem Ende 4,88 m lang. Dann kommt die Heizzone von rd. 2 m und in der Mitte die Haltezone von 7,9 m. Der Stromverbrauch für die Haltezone beträgt 49 kW und für jede Heizzone 55 kW. Diese drei Zonen werden gesondert geregelt und besitzen Heizelemente auf dem Herd und am Gewölbe. Das Entleeren der Glühkästen geschieht auf dieselbe Weise wie oben beschrieben. Die eingesetzten Kästen werden in den Vorwärmzonen auf 400 ... 427 ° erwärmt, in den Heizzonen sind die Thermoelemente auf 900 ... 905 ° und in der Haltezone auf 910 ... 915 ° eingestellt. Eine Härteschicht von 1,5 mm erhält man in einer Zeit von 32½ h. Die Leistung beträgt 7,5 kg/kWh.

Die Transmissions-Zahnräder, die eine Zusammensetzung von 0,48 ... 0,53 % C, 0,80 ... 1,0 % Cr und 0,15 % Va haben, werden in einem doppelten Tunnelofen, der elektrisch geheizt wird, geglüht. Der Ofen ist 14 m lang und 1015 mm breit und durch eine 300 mm starke Mauer in zwei Längskammern geteilt. Die Leistung beträgt 567 kg/h in 1 Kammer. Die Werkstücke gehen durch die Kammern in entgegengesetzter Richtung, so daß das Einsatzende des einen Tunnels am Ausziehende des anderen liegt.

Der Betrieb erfolgt mit Unterbrechungen. Eine Stoßvorrichtung stößt die gefüllte Schale nach einer vorherbestimmten Zeit (angenähert 12 min) in den Ofen und gleichzeitig wird am anderen Ende eine fertige Schale ausgestoßen. Die Schalen bestehen aus einer feuerbeständigen Stahllegierung und haben eine Abmessung von 300 × 915 mm; jede Schale enthält ungefähr 90 kg. Der Ofen ist in sechs Zonen geteilt, zuerst in eine Heizzone, dann folgt eine Haltezone, ferner eine Abkühlungszone und schließlich drei weitere Haltezonen. In der Abkühlungszone werden die Werkstücke durch eingeblasene Luft gekühlt. Die Luftleitungen münden unter und über den Schalen und die Luftmenge wird selbsttätig durch ein Thermoelement geregelt.

Der Stromverbrauch in diesem Glühofen ist der folgende: 150 kW in der Heizzone, 2 h auf 876 °; erste Haltezone 70 kW, 2 h auf 876 °; Kühlzone kein Stromverbrauch, 1¼ h auf 720 °. Zweite Haltezone 10 kW, 1½ h auf 720 °; dritte und vierte Haltezone 15 kW mit oberen und unteren Heizelementen 2 h 50 min. Beim Austritt haben die Werkstücke eine Temperatur von 510 °, dieselben bleiben also 9 h 35 min im Ofen. Für jede Zone ist ein besonderes Thermoelement eingebaut, welches elektrisch die Temperatur regelt. Alle geglühten Räder werden in den Grenzen von 187 bis 207 Brinellhärte gehalten. Das nachherige Härten geschieht nach dem sogenannten Duplexverfahren, einer Verbindung eines Elektroofens mit einer Zyanidbehandlung. Für diese Arbeit sind sechs rotierende Öfen von je 105 kW und sechs elektrisch geheizte Zyanidtöpfe vorgesehen. Ein Ölablöschbehälter liegt zwischen jedem Ofen, und die Zyanidtöpfe stehen in der Nähe der Ausziehtür. Die Drehöfen haben einen Durchmesser von 3238 mm, der Herd ist 455 mm breit und hat eine Fläche von 2,5 m². Die Leistung der Öfen beträgt 200 ... 340 kg/h. Die Zahnräder bleiben 48 ... 54 min im Ofen. Der Herd dreht sich in 2½ min um je eine Station, vorauf sich die vom Motor angetriebene Tür selbsttätig öffnet und das warme Rad herausgezogen wird. Im Zyanidtopf bleibt es genau 1 min und kommt dann in den Ölbehälter. Die Temperatur des Ofens beträgt 805 ° und diejenige des Zyanidbades 810 °. Im Zyanidbad erhält das Rad eine Oberflächenhärtung. Das Ölbad hat eine Temperatur von 31 ... 43 °. Vom Ölbad gehen die Räder durch eine Waschmaschine und dann zu elektrisch geheizten Anlaßtanks, die je 4540 l Öl enthalten. In denselben bleiben sie 45 min bei 205 °, darauf werden sie wieder gewaschen und geputzt.

Die Zahnringe der Hinterachsen werden nach dem Schmieden 3 h bei 925 ° in kontinuierlichen Öfen geglüht. Nach der Bearbeitung werden sie in den oben beschriebenen Öfen gekohlt bei 775 ... 780 ° in der Heizsonne gehärtet, indem sie 42 min im Ofen bleiben, und nach dem Ablöschen in Öl werden sie 40 min lang bei 150 ° angelassen. Das Härten geschieht in zwei Öfen mit Rollherden, die aus zwei Tunneln übereinander bestehen. Diese Öfen sind 2,8 m lang und 610 mm breit. Durch jeden Tunnel gehen 28 Zahnkränze stündlich. (The Iron Age Bd. 122, S. 389, 513, 761.) *Ill.*

Verschiedenes.

Die Teiltagung der Weltkraftkonferenz in Barcelona. — Zu unserem Bericht über die Teiltagung der Weltkraftkonferenz in Barcelona (ETZ 1929, S. 1295) tragen wir heute die auf derselben gefaßten Beschlüsse nach.

Gruppe A.

Beschluß:

Angesichts der Wichtigkeit, welche die vollständige Ausnutzung der Wasserkräfte für alle Länder hat, hält die Teilkonferenz die Schaffung eines besonderen Ausschusses innerhalb und in Abhängigkeit von der Weltkraftkonferenz für erwünscht. Der Ausschuß soll alle hiermit zusammenhängenden Fragen untersuchen und der nächsten Konferenz einen Bericht unterbreiten.

Die Ernennung der Mitglieder dieses Ausschusses und seine Organisation soll durch den Internationalen Hauptausschuß erfolgen.

Gruppe B.

Beschlüsse:

1. Talsperren. Die Konferenz mißt den Fragen, die in den Berichten über den Bau und den Betrieb von Talsperren behandelt wurden, große Wichtigkeit bei, und bittet den Internationalen Hauptausschuß, die betreffenden Berichte der Internationalen Talsperrenkommission mitzuteilen.

2. Talsperrenbau im allgemeinen. Um die Normen festzulegen, die als Richtlinien für die Planung, Bauart und den Betrieb am geeignetsten erscheinen, soll ein Ausschuß der Weltkraftkonferenz nach einem vorher festgelegten Plan eine Zusammenstellung der wichtigsten Fragen ausarbeiten, die man zum Gegenstand der Aufklärung oder der Erforschung in den Wasserbaulaboratorien der verschiedenen Länder zu machen wünscht.

Dieser Unterausschuß könnte bei Gelegenheit der nächsten Vollkonferenz in Berlin zusammentreten.

Gruppe C.

Beschlüsse:

1. Selbst in den Ländern, in denen elektrische Kraft in hohem Maße verwendet wird, ist der Sättigungspunkt bei weitem nicht erreicht, und deshalb bieten sich noch bedeutende Steigerungsmöglichkeiten für die Erzeugung von elektrischer Kraft.

2. Die Landwirtschaft, die gegenwärtig nur einen kleinen Teil der gesamten Krafterzeugung verbraucht, bietet bei großem Nutzen Möglichkeiten für erhöhtem Verbrauch. Dies bezieht sich sowohl auf niederschlagsarme und dünnbevölkerte Länder, wo zur Nutzbarmachung viel Arbeit zu leisten ist, wie auch auf andere Länder, in denen man neue, sehr interessante Verwendungsformen der Kraft beabsichtigt.

3. In Gegenden, in denen die Bewässerung von überragender wirtschaftlicher Bedeutung ist, sollte die zur Verfügung stehende Wassermenge vorzugsweise hierfür Verwendung finden, denn die Verwendung für die Landwirtschaft ist am allerwichtigsten, da ein Ersatz für Wasser nicht geschaffen werden kann.

4. Staatsbeihilfen für Zwecke der Landwirtschaft und der Bewässerung sind gerechtfertigt und notwendig, da der Staat der hauptsächliche und sicherste Nutznießer der daraus entstehenden Verbesserungen sein wird.

Gruppe D.

Beschluß:

Die Vorschläge von Dr. J. Cerny, betreffend Vorschriften für Konzessionen, sollen mit allen Anlagen an das Hauptbüro gesandt werden; dieses soll sie den Nationalen Komitees weitergeben mit der Bitte, ihre Meinung hierfür zu äußern, damit auf der Konferenz im nächsten Jahr eine ersprießlichere Diskussion der Angelegenheit ermöglicht wird.



Gruppe E.

Beschlüsse:

1. Aus einer Zusammenarbeit zwischen Bewässerung, Krafterzeugung und Schiffahrt kann oft die Wirtschaftlichkeit von Schutzmaßnahmen gegen Hochwasserschäden herausspringen. Die Teilkonferenz empfiehlt die Aufnahme dieses Punktes in das Programm einer späteren Konferenz.

2. Die Trockenlegung und die Entwässerung an sich feuchter Gebiete und solcher, die durch die Bewässerung zu feucht geworden sind, sollten im Zusammenhang mit Meliorationsarbeiten behandelt werden. Hierbei sollte im Auge behalten werden, daß die erstgenannten Länder auch einen Ernergiemarkt bilden können.

3. Versuche mit Modellen werden für das Studium wasserbautechnischer Fragen empfohlen.

Es wird ein zusammenstellender Vergleich der Ergebnisse aus den verschiedenen Wasserbaulaboratorien empfohlen — besonders im Hinblick auf die Tragweite der hydro-dynamischen Ähnlichkeitsgesetze und die Ermittlung von Rauhigkeitskoeffizienten.

Heinrich-Goebel-Feier in Springe am Deister.

Die in der ETZ, S. 1349, angekündigte Ehrung für Heinrich Goebel, den Erfinder der elektrischen Glühlampe, fand Sonnabend, den 14. September 1929, in Gegenwart einer großen Zahl von Ehrengästen statt, die sich in einer Festversammlung im Hotel Friese in Springe zusammengefunden hatten.



Abb. 13. Gedenktafel für Heinrich Goebel.

Der Vorsitzende der Elektrotechnischen Gesellschaft Hannover, Dipl.-Ing. Kobus, begrüßte mit herzlichen Worten die erschienenen Behörden und Vertreter der berufsverwandten Vereine und Verbände, darunter den zuständigen Landrat, den Bürgermeister von Springe, die Vertreter der Technischen Hochschule Hannover, Professor Dr. Dettmar und Professor Dr. Schering, Geheimrat Hartmann als Vertreter der technischen Verbände Hannovers und Direktor Pohl als Vertreter der deutschen Glühlampenindustrie. In Vertretung des erkrankten Vorsitzenden des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Generaldirektor Dr. Krone, Dortmund, überbrachte der Generalsekretär des VDE, Direktor Schirp, namens der gesamten Elektotechnik die Wünsche des Verbandes, indem er in dankbarer Anerkennung der Verdienste Heinrich Goebels gedachte und der Hoffnung Ausdruck gab, daß, wie in Vergangenheit und Gegenwart, auch in Zukunft die deutsche Elektrotechnik epochale Erfinder und Pioniere hervorbringen möge.

Geheimrat Hartmann wies auf die bedeutungsvolle Geschichte der deutschen Technik hin, in der ein Name wie Heinrich Goebel ein hervorragendes Ruhmesblatt bedeute. Direktor Pohl schilderte als Vertreter der deutschen Glühlampenindustrie die von Heinrich Goebel mit primitivsten Mitteln — aber vorausschauend — durchdachten Ausführungen der ersten brauchbaren Kohlenfadenlampen. Dr. Beckmann, dem das Verdienst zukommt, den Namen Heinrich Goebel der Vergessenheit entrissen zu haben, erbrachte in lückenloser Darstellung der Erfindertätigkeit Heinrich Goebels und des seinerzeitigen amerikanischen Gerichtsverfahrens den schlüssigen Beweis für die Prioritätsansprüche Heinrich Goebels auf die erstmalige Herstellung und betriebsfertige Vorführung der ersten brauchbaren Kohlenfadenlampe. Dr. Beckmann betonte, daß die nachträgliche Anerkennung und Ehrung Heinrich Goebels in keiner Weise die durch Swan und Edison erworbenen Verdienste um die Einführung der von ihnen gebauten Glühlampen als Lichtquelle schmälern könne. Sein Schlußwort klang aus in den Mahnruf: „Ehret eure deutschen Meister!"

Hierauf begaben sich die Teilnehmer zum Geburtshaus Heinrich Goebels in der Lange Straße 74, wo nach einer zündenden Ansprache des Baurates Dr. Wencken die feierliche Enthüllung der Gedenktafel (Abb. 13) stattfand, die das Reliefbild Heinrich Goebels sowie eine Tag und Nacht brennende Glühlampe zeigt und folgenden Wortlaut enthält: „Hier wurde der Erfinder der elektrischen Glühlampe, Heinrich Goebel, am 20. April 1818 geboren. Gewidmet von dem Verband Deutscher Elektrotechniker und der Elektrotechnischen Gesellschaft Hannover."

Dr. Wencken gab die Gedenktafel in die Obhut der Gemeinde Springe, deren Bürgermeister Jürges den Dank und die Versicherung der Gemeinde zum Ausdruck brachte, die Gedenktafel gern in ihre Obhut zu nehmen. Durch Gemeindebeschluß sei in dankbarer Erinnerung an ihren Bürger Heinrich Goebel die bisherige Deisterstraße in Heinrich-Goebel-Straße umgeändert worden.

Ein zwangloses Beisammensein auf der Deisterpforte und später im Hotel Friese beschloß die eindrucksvolle und würdige Feier der Heinrich-Goebel-Ehrung. *Schp.*

Vertriebs-Seminar im Winterhalbjahr 1929/30. — Die beim VdI bestehende Fachgruppe „Vertriebsingenieure" veranstaltet im Winterhalbjahr 1929/30 eine Vortrags- und Übungsreihe zu dem Zweck, dem Ingenieur für eine verantwortliche und selbständige Arbeit auf dem Gebiet des industriellen Vertriebs die notwendigen Grundlagen zu vermitteln. In jeder der drei vorgesehenen Hauptgruppen Marktanalyse, Vertriebskosten und Vertriebsorganisation werden drei 1stündige Vorträge und drei 1½stündige Übungen gehalten. Sie beginnen am 16. X. im Ingenieurhaus, Friedrich-Ebert-Str. 27, und finden immer am Mittwoch jeder Woche um 20 bzw. 19.30 Uhr statt. Teilnehmerkarten für die ganze Veranstaltungsreihe kosten 36 RM, für jede einzelne Vortrags- und Übungsgruppe 12 RM. Studierende zahlen 10,50 bzw. 3,50 RM. Anmeldungen sind an die Geschäftstelle des VdI, Fachgruppe „Vertriebsingenieure" zu richten.

Jubiläen. — Die Firma Rudolf Siemens, Elektroinstallationen, Blitzschutzanlagen usw., Hannover, feierte Anfang September d. J. ihr 50jähriges Geschäftsjubiläum. — Das Installationsbüro für elektrische Licht-, Kraft- und Telegraphenanlagen Artur Leser & Co., Köln, Inhaber Artur Leser sen., feierte am 1. X. ihr 25jähriges Bestehen.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

26. Ordentliche Mitgliederversammlung des Vereins Beratender Ingenieure e. V. — Bei der vom 1. bis 3. VII. in Nürnberg abgehaltenen diesjährigen Tagung des Vereins hat u. a. Professor Dr. Aufhäuser, Hamburg, das Thema „Neuere Anschauungen über Feuer- und Explosionsgefahr" behandelt und darauf hingewiesen, daß alle Vorsichtsmaßnahmen gegen Feuersgefahr viel mehr als bisher von gedanklichen Überlegungen hinsichtlich der Zündgefahr getragen sein müssen. Die selbstverständliche Vorsicht im Umgang mit Feuer, Licht usw. genüge nicht, es komme vielmehr schon auf die Lagerung brennbarer Stoffe an; bei der Möglichkeit einer Explosion müsse man vor allem deren Entwicklung bzw. ihr Ausmaß von vornherein beschränken.

Transactions of the Fuel Conference, London 1928. — Der kürzlich erschienene illustrierte Bericht über die Brennstofftagung der Weltkraftkonferenz London 1928 gliedert sich in vier Bände, von denen der erste die Kohlen- und Ölindustrie, der zweite die Verkokungsindustrie, der dritte die Ausnutzung von Brennstoffen behandelt und der vierte sich als Inhaltsverzeichnis anschließt. Er wird in Deutschland zum Preis



von 245 RM von der VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, geliefert.

Eine nationale Ausstellerorganisation in Amerika. — Zur Erfüllung ähnlicher Aufgaben, wie sie dem Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amt gestellt sind, ist in Amerika die National Association of Exposition Exhibitors of America gegründet worden. Sie soll das Zustandekommen einer amerikanischen Abteilung auf ausländischen und anderen Ausstellungen unterstützen bzw. für eine würdige Vertretung gemäß der Bedeutung des Landes im Welthandel usw. Sorge tragen.

5. Grüne Woche, Berlin 1930. — Die vom 1. bis 9. II. 1930 wieder am Kaiserdamm stattfindende 5. Grüne Woche wird neben den eigentlichen land- und forstwirtschaftlichen Abteilungen auch eine Industrieschau umfassen, in der man Geräte und Maschinen zur Ausführung von Meliorationen und landeskulturtechnischen Anlagen bzw. zu deren Unterhaltung vorführen will.

Dresdner Funkausstellung 1929. — Der Funk-Verein Dresden e. V. veranstaltet vom 19. bis 27. X. wieder eine Ausstellung im Ausstellungspalast. Anfragen sind an die Geschäftsstelle des Vereins, Dresden-A 1, Töpferstraße 2 II, zu richten.

Energiewirtschaft.

Die Elektrizitätswerke und elektrischen Bahnen Österreichs. — Der österreichische Elektrotechnische Verein in Wien hat nach erstmaliger Wiederaufnahme der mehrere Jahre unterbrochenen Herausgabe einer Statistik, die i. a. den Ende 1925 erreichten Entwicklungstand wiedergab[1], nun eine solche, abgeschlossen mit Ende 1927, erscheinen lassen[2]. Diese Neuauflage enthält in übersichtlicher tabellarischer Zusammenstellung statistische Daten von mehr als 800 Elektrizitätswerken und von 33 elektrischen Bahnen Österreichs. Die Statistik, die gegenüber der vorhergehenden Auflage eine wesentliche Erweiterung sowohl hinsichtlich der Grundlagen wie des Umfanges der Angaben zeigt, umfaßt 5 Teile.

Einem alphabetisch geordneten Verzeichnis der Elektrizitätswerke schließen sich in zwei Abschnitten die das eigentliche statistische Material enthaltenden Tafeln an, in die, länderweise nach dem Sitz des Werkes geordnet, alles Wissenswerte, u. zw. getrennt für Unternehmungen mit mehr und mit weniger als 20 kW, aufgenommen wurde. Es finden sich hier neben Angaben über Art, Größe und Zahl der Antriebsmaschinen und Stromerzeuger solche über mögliche und erzielte Höchstleistung und Stromerzeugung, Erzeuger-, Übertragungs- und Verteilungspannungen sowie über sonstige technische und wirtschaftliche Einzelheiten des Leitungsnetzes. Die Statistik umfaßt 491 Unternehmungen mit Werken von mehr als 20 und 185 von weniger als 20 kW.

Der den elektrischen Bahnen gewidmete Abschnitt enthält neben allgemeinen Angaben über die Bahnanlage gleichfalls alle wichtigeren Einzelheiten über Lokomotiven und Triebwagen, Fahr- und Übertragungsleitungen, Energiebezug und Unterwerke von 4 Voll-, 18 Lokal- und 12 Straßenbahnen.

Ein letzter Abschnitt endlich stellt die Ergebnisse der Statistiken zusammen und ermöglicht damit einen Überblick über die Entwicklung der letzten Jahre nach Zahl, Leistung und Stromart der Werke, wie er sich in folgenden Zahlentafeln bietet:

Leistung der Stromerzeuger in kW bzw. kVA[3]	Zahl der Werke			Gesamtleistung der Werke in kW bzw kVA		
	1920	1925	1927	1920	1925	1927
0 bis 100	292	194	281	10 025	10 160	14 280
101 „ 500	89	154	200	19 760	35 890	44 135
501 „ 1 000	9	29	43	8 475	20 090	30 394
1001 „ 10 000	33	60	79	91 350	194 390	252 411
über 10 000	5	16	18	168 300	512 400	602 440
unbekannt	—	4	6	—	—	—
	428	457	627	297 910	772 930	943 660[4]

Betriebskraft	Zahl der Werke			Gesamtleistung der Antriebsmaschinen in PS		
	1920	1925	1927	1920	1925	1927
Wasser	274	325	462	162 320	517 830	610 422
Wasser und Wärmekraft	81	61	90	86 925	56 030	88 998
Verschiedene Betriebskraft und unbekannt	73	71	75	218 105	275 130	338 847
	428	457	627	467 350	848 990	1038 267

Wenn auch das Bild etwas verwischt wird infolge des Umstandes, daß die Statistik für 1925 einen Teil der in die Statistik für 1927 einbezogenen Unternehmungen noch nicht erfassen konnte, so läßt sich doch ziemlich einwandfrei feststellen, daß auch in Österreich einerseits die Entwicklung zur Still- bzw. Zusammenlegung der im Hinblick auf weitestgehende Rationalisierung unwirtschaftlich gewordenen kleineren Elektrizitätswerke führt und anderseits in hervorragendem Maße es die Wasserkraftausnutzung ist, die den Bau moderner großer Werke begünstigt; kaum erwähnt zu werden braucht, daß die Entwicklung ein Zurückdrängen des Gleichstromes zugunsten des Wechsel-, insbesondere des Drehstromes zeigt. Gemessen an der Zahl der Werke entfallen auf Gleichstrom 23,4 % und auf Drehstrom 70,3 % der Anlagen; gemessen an der Gesamtleistung ergeben sich die Zahlen 12,7 % und 82,9 %.

Die wesentliche Erweiterung des Umfanges der Statistik beweist, daß nicht nur eine restlose und vollständige Erfassung nahezu gelungen ist, sondern auch die erfaßten Verhältnisse trotz aller wirtschaftlicher Ungunst unserer Zeit einen gesunden Fortschritt erkennen lassen, ohne daß die in der letzten Statistik angedeutete Entwicklung zum Stillstand gekommen wäre. Das Erscheinen der Neuauflage, deren umsichtige Bearbeitung in den Händen eines eigenen damit befaßten Ausschusses des österreichischen Elektrotechnischen Vereins lag, dürfte von allen Fachgenossen günstig beurteilt werden, da das Buch wichtige Aufschlüsse über die österreichische Elektrizitätswirtschaft bietet und im Zusammenhang einerseits mit der vom schweizer Starkstrominspektorat und anderseits mit der von der VdEW, Berlin, herausgegebenen gleichartigen Statistik zu interessanten Vergleichen über die Entwicklung in diesen Ländern anregt. Wenn der Statistik für die nächste Auflage ein Wunsch mitgegeben werden darf, so ist es vielleicht der, die befragten Werke möchten im Interesse einer nicht allzu großen Verzögerung im Erscheinen des Buches die in selbstloser Arbeit seitens der Herausgeber verfaßten Fragebogen rasch und gewissenhaft beantworten. O. Hammerer.

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 883.
[2] Statistik der Elektrizitätswerke und der elektrischen Bahnen Österreichs. Herausgegeben vom Elektrotechnischen Verein in Wien VI, Theobaldgasse 12. 188 S. in 4°. Preis geb. 20 S.
[3] Für 1925 und 1927 sind Werke unter 20 kW nicht berücksichtigt.
[4] Ohne Akkumulatorenbatterien.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Trotz der schlechten Wirtschaftslage in der Pfalz konnten die Pfalzwerke A.G., Ludwigshafen a. Rh., 1928 ihre Lieferung von 75,261 auf 92,315 Mill kWh, d. h. um 23 % steigern, die Abgabe an andere Werke betrug diesmal nur 2,559 Mill kWh (7,756 i. V.). In der Rhein- und Saarpfalz, dem ursprünglichen Versorgungsgebiet der Gesellschaft, wurden an Konsumenten 116,3 Mill. kWh verkauft (97,7 i. V.). Der Grund der Absatzsteigerung lag hauptsächlich in dem nicht unwesentlich ermäßigten Großabnehmertarif, der guten Wirkung des Zimmertarifs und in der Werbearbeit. Der Gesamtanschlußwert (mit Bahnen) hat sich von 119 128 auf 127 957 kW erhöht. Erzeugt und bezogen wurden 102,743 Mill kWh (90,480 i. V.) und an das Hochspannungsnetz abgegeben 102,330 Mill kWh (90,234 i. V.). Der Gesamtverkauf stellte sich auf 94,874 Mill kWh (83,017 i. V.). Das Kraftwerk Ludwigshafen arbeitete speziell in den Wintermonaten für den Spitzenausgleich. In der Nähe von Landau hat die Berichterstatterin ein 100 kV-Umspannwerk (zunächst 8000 kW) und als Ersatz für eine 100 kV-Station ein solches (40 000 kW) bei Mundenheim errichtet. Die Einnahmen betrugen 10 017 624 RM (8 633 613 i. V.) und der Gewinn 754 615 RM (751 450 i. V.), woraus wieder 8 % Dividende auf 9 Mill RM Aktienkapital verteilt worden sind.

Die Rhein-Main-Donau A.G., München, meldet in ihrem Bericht über das Geschäftsjahr 1928 die Vollendung des Kachletwerks und eine merkliche Verschiebung des Schwergewichts der Bauarbeiten an den Main, wo die Fertigstellung des Kraftwerks Obernau für 1929 erwartet wurde. Das Kraftwerk Untere Mainmühle, Würzburg, belieferte, wie bisher, das dortige Elektrizitätswerk. Seine Produktion (2,680 Mill kWh), die des Kachletwerks (175,720 Mill kWh) und von Viereth (13,220 Mill kWh) betrugen zusammen 191,620 Mill kWh. Alle Anlagen der Gesellschaft haben die außergewöhnlichen

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1451.



Eisverhältnisse des Winters 1928/29 ohne wesentlichen Schaden überstanden. Als Betriebsüberschuß werden erstmalig 2 454 262 RM ausgewiesen (Aktienkapital 2,7 Mill Reichsmark).

Die wirtschaftlichen Verhältnisse im Versorgungsgebiet des Elektrizitätswerks Rheinhessen A.G., Worms, haben sich 1928 nicht günstig entwickelt; die Industrie litt meist an ungenügender Beschäftigung, und die Lage der rheinhessischen Landwirtschaft hat sich immer schwieriger gestaltet, während Löhne, Gehälter und Kohlenpreise gestiegen sind. Die Stromlieferung an die Rhein-Nahe-Kraftversorgung A.G., Kreuznach, kam in Wegfall (3,3 Mill kWh i. V.), dagegen brachte die Werbetätigkeit, besonders auf dem Gebiet des elektrischen Kochens, sehr erfreuliche Erfolge. Erzeugt und bezogen wurden von Worms, Osthofen und fremden Werken 34,72 Mill kWh (35,91 i. V.). Der Gesamtanschlußwert erhöhte sich von 24 383 auf 26 487 kW, während der Stromabsatz von 12,001 auf 10,146 Mill kWh zurückgegangen ist. Von der Neckarstaustufe Feudenheim und dem Großkraftwerk Mannheim hat die Gesellschaft 6,5 Mill kWh entnommen, der Bezug aus der 100 kV-Leitung des RWE konnte noch nicht in vollem Umfang aufgenommen werden. Der Betriebsüberschuß aus Strom- und Gasverkauf, Zinsen stellte sich auf 1 864 472 RM (1 681 596 i. V.) und der Gewinn mit Vortrag auf 696 361 RM (630 290 i. V.). Hieraus hat das Unternehmen 8 % Dividende auf 8 Mill RM Aktienkapital gezahlt (7 % i. V.).

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Statistik des Reichspatentamts für das Jahr 1928. — Die ausführliche Statistik des Reichspatentamts für das Jahr 1928, die sonst Ende März zu erscheinen pflegte, ist diesmal erst Ende August herausgekommen und enthält folgende Angaben:

Die Zahl der Patentanmeldungen belief sich auf 70 895 (1927: 68 457) und hat somit um 3,6 % zugenommen; 20 % der Anmeldungen stammten aus dem Ausland. Die Zahl der bekanntgemachten Anmeldungen betrug 19 130 (18 692), so daß sich eine Erhöhung von 2,3 % ergibt. Es wurden 14 235 (14 072) Hauptpatente und 1363 (1193) Zusatzpatente erteilt, insgesamt also 15 598, was ein Mehr von 2,2 % bedeutet. Am Jahresschluß waren 70 951 (66 982) Patente in Kraft geblieben und 126 629 (112 627) Patentanmeldungen unerledigt. Diese Zahl ist im ständigen Wachsen begriffen. Es darf aber erwartet werden, daß infolge der 1929 erfolgten Vermehrung der Prüfungsbeamten eine Verbesserung dieses auf die Dauer sehr unerfreulichen Zustandes eintritt.

Die Zahl der Gebrauchsmusteranmeldungen betrug 64 837 (63 725) und die der Eintragungen 41 800 (41 100); 7629 (5931) Gebrauchsmuster wurden verlängert.

An Warenzeichen sind 27 925, d. s. 1715 weniger als 1927, angemeldet und 17 308 eingetragen worden; insgesamt beträgt die Zahl der Eintragungen z. Z. 286 419 Warenzeichen.

Statistik der internationalen Warenzeichen 1928. — Im Jahr 1928 sind 5976 Warenzeichen angemeldet worden (1927: 5255); es ergibt sich also eine Zunahme um 13,7 %, die vermutlich z. T. darauf zurückzuführen ist, daß das neue Haager Abkommen eine Erhöhung der Gebühren mit sich bringt und die Anmelder aus den bisher nicht beigetretenen Ländern die billigeren Gebühren noch wahrgenommen haben. Der Zahl der Anmeldungen nach stand diesmal Frankreich mit 1931 Marken an erster Stelle, die von Deutschland seit seinem Beitritt zum Abkommen im Jahr 1923 eingenommen war. Es folgten Deutschland mit 1690, die Schweiz mit 548, Österreich mit 383, die Niederlande mit 326, die Tschechoslowakei mit 302, Belgien mit 219, Spanien mit 181, Italien mit 155 und Ungarn mit 117 Anmeldungen. Die übrigen Staaten blieben wesentlich unter diesen Beträgen.

Die Zahl der Zurückweisungen betrug diesmal 16 %, nämlich 9854 gegen 8513 im Jahr 1927. Hier steht an erster Stelle Deutschland, das infolge seiner eingehenden Warenzeichenprüfung 2430 (2074) Zurückweisungen zu verzeichnen hatte.

Beitritt zu dem Haager Abkommen. — Die Schweiz ist mit Wirkung vom 15. VI. 1929 der Pariser Verbandsübereinkunft zum Schutz des gewerblichen Eigentums in der Haager Fassung beigetreten.

Belgien hat sich mit Wirkung vom 27. VII. der Pariser Übereinkunft und dem Madrider Abkommen, betreffend internationale Registrierung von Marken, in der Haager Fassung und außerdem dem Haager Abkommen über internationale Hinterlegung gewerblicher Muster oder Modelle angeschlossen.

Gegenseitigkeit für Warenzeichenschutz mit Litauen. — Nach einer Bekanntmachung des Reichsministers der Justiz vom 8. VII. 1929 wird die Gegenseitigkeit im Schutz deutscher Warenbezeichnungen mit dem litauischen festgestellt. Diese Erklärung, die die Gegenseitigkeit deutscher Warenzeichen litauischer Staatsangehöriger bewirkt, ist anscheinend dadurch veranlaßt worden, daß die litauische Warenzeichenbehörde in letzter Zeit die Eintragung deutscher Warenzeichen mit der Begründung abgelehnt hat, daß die Bekanntmachung über Gegenseitigkeit für litauische Staatsbürger noch nicht erfolgt sei.

Fristverlängerung in China. — Durch eine Verordnung des chinesischen Ministers für Industrie, Handel und Arbeit ist die Frist zur Registrierung von Handelsmarken, die bei dem früheren Pekinger Markenamt eingetragen waren, wiederum, u. zw. bis zum 18. XII. 1929, verlängert worden.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

„Fest der Technik".

Vorläufige Anzeige.

Die technisch-wissenschaftlichen Vereine in Berlin, darunter der Elektrotechnische Verein, veranstalten auch in diesem Jahre das

„Fest der Technik"

in sämtlichen Räumen des Zoologischen Gartens in Berlin

am Freitag, dem 8. November 1929.

Das Fest hat den Charakter eines repräsentativen Balles; sein Überschuß wird bestimmungsgemäß den Vereinen für Unterstützungen zugeführt.

Die Veranstaltung des Festes erfolgt in etwa demselben Rahmen wie im Vorjahre.

Nähere Bekanntmachungen folgen in einer der nächsten Nummern der ETZ.

Vorläufige Anzeige.

Der Elektrotechnische Verein wird in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin im kommenden Winter eine Vortragsreihe über:

„Funktionentheorie und ihre Anwendung in der Technik"

veranstalten. Die Vortragsreihe wird aus einem mathematischen, die Grundlagen der Theorie umfassenden Teile und einem technischen, die wichtigsten Anwendungen behandelnden Teile bestehen.

Beginn: Ende Oktober, Ende: Mitte März.

Zeit: Montags 18½ ... 20 Uhr.

Ort: Hörsaal Nr. 141 der Technischen Hochschule zu Berlin.

Voraussichtlicher Preis für sämtliche Vorträge:

für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins	16 RM
für deutsche Studenten	8 „
für andere Teilnehmer	24 „

Die näheren Festsetzungen werden rechtzeitig bekanntgegeben werden.

Lesesaal für technische Zeitschriften und Bücher.

Im Interesse der Vertiefung der technisch-wissenschaftlichen Bildung unserer Mitglieder, insbesondere zur Förderung der Weiterbildung der jungen Elektrotechniker, hat der Elektrotechnische Verein eine Anzahl der bedeutendsten Fachzeitschriften, namentlich ausländischer, beschafft. Diese werden in der Bücherei des VdI, Ingenieurhaus, Berlin NW 7, Friedrich-Ebert-Str. 27 II, aufbewahrt und dort ausgegeben. Durch eine Vereinbarung mit dem Verein deutscher Ingenieure ist es den Mitgliedern unseres Vereins weiterhin



ermöglicht, den Lesesaal im Ingenieurhaus und die dort verfügbaren Bücher und Zeitschriften gegen Vorzeigen der Mitgliedskarte unentgeltlich zu benutzen. Dieser Lesesaal ist geöffnet: Montags, Dienstags und Donnerstags von 9 Uhr vorm. bis 7 Uhr abends, Mittwochs und Freitags von 9 Uhr vorm. bis 9 Uhr abends, Sonnabends von 9 Uhr vorm. bis 1 Uhr mittags, Sonntags nicht. Die Bücher und Zeitschriften dürfen nur in der Bücherei selbst benutzt werden. Im Interesse der Mitglieder empfehlen wir eine lebhafte Beteiligung.

Nachtrag

zum Sitzungsbericht vom 29. Januar 1929[1].

Besprechung des Vortrags

des Herrn Professor A. Matthias:

„Der gegenwärtige Stand der Blitzschutzfrage"[2].

Vorsitzender: Herr Präsident Professor Dr. Ing. E. h. Dr. K. W. Wagner.

Vorsitzender: Ich danke Herrn Professor MATTHIAS für seinen sehr interessanten Vortrag, der für die weitere Entwicklung der Blitzschutzfrage höchst bedeutungsvoll ist.

Zur Diskussion, die ich jetzt eröffne, darf ich, da ich gerade das Wort habe, selbst etwas bemerken. Für den, der wie ich die Frage des Blitz- und Überspannungschutzes seit vielen Jahren verfolgt, ist es sehr interessant festzustellen, wie sich die Meinungen im Laufe der Zeit gewandelt und geklärt haben. Als wir in der Verbandskommission für Überspannungschutz vor einigen Jahren begannen, die gegenwärtig geltenden Vorschriften für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen auszuarbeiten, war die allgemeine Ansicht, daß es menschlicher Macht nur gegeben sei, die Anlagen gegen indirekte Blitzwirkungen und gegen schwächere Seitenschläge zu schützen; bei direkten Blitzschlägen dagegen müsse man den lieben Gott walten lassen. Im Gegensatz hierzu haben wir heute aus dem Vortrag gelernt, daß die indirekten Blitzwirkungen und die Seitenschläge vielfach gar nicht so schlimm sind. Es mag bei dieser Erfahrung freilich auch die Tatsache mitspielen, daß die Betriebsspannungen immer höher geworden sind und die Leitungen dementsprechend eine größere Sicherheit gegen atmosphärische Überspannungen erlangt haben, deren Höhe ja immer dieselbe geblieben ist.

Das erfreuliche Ergebnis dieses Vortrages ist aber die Erkenntnis — und das ist doch wirklich ein schönes Zeugnis für den technischen Fortschritt —, daß man sich heute auch gegenüber dem direkten Blitzschlag in die Leitung nicht mehr ganz ratlos und hilflos fühlt. Gewiß stehen wir erst am Anfang, und es wird noch viel schmerzliches Lehrgeld kosten, bis wir erst einmal so weit sein werden, auch die direkten Blitzschläge ohne wesentliche Störung der Anlage abzuleiten. Aber schon jetzt dürfen wir Herrn Prof. MATTHIAS zu den schönen Ergebnissen der unter seiner Leitung durchgeführten Forschungsarbeiten der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen herzlich beglückwünschen. (Lebhafter Beifall.)

Herr **Biermanns:** Bei dem außerordentlich interessanten Vortrag des Herrn Professor MATTHIAS hat mich besonders die Feststellung interessiert, daß selbst bei sehr schweren Blitzschlägen Überschläge nur an einer einzigen Leitungsphase beobachtet worden sind. Wenn man versucht, sich diese anfänglich überraschende Erscheinung zu erklären, dann kommt man zu dem Ergebnis, daß hierfür die kapazitive und induktive Koppelung zwischen der betroffenen und den beiden anderen Leitungsphasen verantwortlich zu machen ist. Durch diese Koppelung wird eine auf der zunächst getroffenen Leitungsphase laufende Wanderwelle die Spannung der beiden anderen Leitungsphasen mitnehmen und so die Spannungsdifferenz verringern, so daß man unter Umständen Überschläge hintanhalten kann. Wenn man diese Überlegung annimmt, dann kommt man zu dem Ergebnis, daß der Schutzwert der Blitzseile doch nicht so niedrig ist, wie vielfach behauptet wird. Insbesondere wird man, wenn man mehrere Blitzseile anwendet, durch eine verbesserte Koppelung zwischen Blitzseil und Leitungsdrähten manche Überschläge verhindern können. (Beifall.)

Herr **Piloty:** Ich möchte mir erlauben, an den Herrn Vortragenden eine Frage zu stellen, von welcher ich glaube, daß sie für die vorgetragene Theorie von prinzipieller Bedeutung ist. Ein wesentlicher Teil derjenigen Schlußfolgerungen, die an das Verhalten der direkten Blitzschläge geknüpft worden sind, beruht auf der Annahme, daß der Blitz als eine Stromquelle eingeprägten Stromes anzusehen ist. Hiernach erzeugt der Blitz einen gewissen Strom, welcher sich unabhängig von der Höhe der praktisch vorkommenden Widerstände der Blitzbahn seinen Weg zur Erde bahnt und dabei Spannungen entwickelt, deren Höhe gerade eben von der Höhe dieser Widerstände abhängt. Die Frage, welche ich an den Herrn Vortragenden richte, ist die, ob diese an sich plausible Annahme rein hypothetischer Natur ist oder ob sich für sie in den Versuchsergebnissen eine Stütze findet. Da der größte Teil der praktischen, vom Herrn Vortragenden gezogenen Schlußfolgerungen mit dieser Annahme steht und fällt, halte ich es für wünschenswert, genau darüber Klarheit zu schaffen, inwieweit diese Annahme selbst oder aus ihr gezogene Schlußfolgerungen experimentell verifiziert werden können.

Gewisse Erfahrungen aus der amerikanischen Betriebspraxis an 220 kV-Leitungen scheinen mir nämlich dieser Grundannahme zu widersprechen. Bei gemeinsam von der Southern California Edison Co. und der Westinghouse Electric and Mfg. Co. im 220 kV-Netz der ersteren vorgenommenen Versuchen[3] stellte sich nämlich heraus, daß der Widerstand der Erdschlußstrombahn (allerdings bei Betriebsperiodenzahl und einschl. des Lichtbogens) in diesem Netz bis zu 250 Ω beträgt. Wenn eine Zahl ähnlicher Größenordnung häufig vorkommt und wenn die Zahlen des Herrn Vortragenden über Stromstärke des Blitzes, außerdem die erwähnte Grundannahme zutreffen, so müßte praktisch jeder direkte Blitzschlag in die Leitungen zum rückwärtigen Überschlag auf sämtlichen Phasen und damit zu mehrphasigen Kurzschlüssen führen. Dem widerspricht aber in der genannten Literaturstelle die Tatsache, daß die überwiegende Mehrzahl aller Überschläge lediglich einphasig erfolgt. Auch die Erfahrung in anderen Netzen zeigt, wie ja auch der Herr Vortragende erwähnte, daß die einphasigen Überschläge bei weitem überwiegen. Vielleicht interessiert es die Versammlung, die Meinung des Herrn Vortragenden zu diesem Punkt zu hören. (Beifall.)

Herr **Ollendorff:** Ich möchte mir zur Frage der Mastwiderstände eine Frage erlauben. Wenn man die Leitungen als Wellenwiderstände behandelt, dann liegt es nahe, den Mast als Leitung aufzufassen, so daß er nicht als Erdwiderstand, sondern als Wellenwiderstand fungiert, der durch seine Konstruktion gegeben ist.

In diesem Zusammenhang noch eine andere Frage. Wenn man sich überlegt, wie der Strom von dem Blitze zur Erde übergeht, dann muß man sich natürlich fragen, wie sich die einzelnen Stromfäden nach dem Kontinuitätsgesetz wieder schließen. Ich denke nicht an den Übergang durch den Verschiebungstrom, sondern an den Rücktritt der Ströme durch die Erde. Man findet dann, daß sich ein ziemlich starkes Erdstromfeld entwickeln muß, das schon, bevor der Blitz einschlägt, den Mast auf ein hohes Potential bringen muß, weil sich in der Erde um den Mast herum ein Spannungstrichter ausbildet. Ich möchte fragen, ob dieses Erdstromfeld einmal berechnet worden ist und was für Gefahren entstehen, und ob man daran gedacht hat, dieses Erdstromfeld zu Meßzwecken heranzuziehen; denn es ist dem zu messenden Felde proportional. (Beifall.)

Herr **Biermanns:** Ich habe noch etwas vergessen. Herr Professor MATTHIAS kam auch auf den günstigsten Einbauplatz der Überspannungsableiter in einer Station zu sprechen. Soviel ich mich erinnere, schlug er vor, diese Überspannungsableiter an die Einführungstelle der Leitung in die Station oder wenigstens in deren Nähe zu setzen. Man kann aber der Ansicht sein, daß dort, wo die Leitung auf die Sammelschiene trifft, infolge des wesentlich geringeren Wellenwiderstandes des Sammelschienensystems eine Reflexion mit Spannungserniedrigung eintritt, daß also infolgedessen gerade an dieser Stelle die Ansprechspannung für den Ableiter ungünstig beeinflußt wird. Auf Grund dieser Tatsache muß man nach meiner Ansicht zu dem Ergebnis kommen, daß gerade die Enden der Sammelschienen geeignete Anschlußstellen sind, denn an ihnen treten Reflexionen mit Spannungsverdopplung ein, und man wird so an diesen Stellen günstigere Ansprechbedingungen für den Überspannungsableiter haben. In Amerika wird sogar der Vorschlag gemacht und an vielen Stellen auch durchgeführt, die Überspannungsableiter in unmittelbarer Nähe der Trans-

---

[1] ETZ 1929, S. 276 ff.
[2] ETZ 1929 S. 1469.
[3] Wood, Hunt, Griscom, Transact. Am. Inst. El. Engs. 1928 m. S. 68.



formatoren anzubringen, um die kostbarsten Objekte der Station zu schützen und die Reflexionen an dem Transformator mit ihren hohen Wellenwiderständen auszunutzen. (Beifall.)

Herr **Eisner**: Eine solche Technik, wie sie sich hier herausgebildet hat, wird nicht nur in ihrem eigenen Gebiet, aus dem heraus sie entstanden ist, von Nutzen sein, sondern man kann sich sehr wohl vorstellen, daß auch andere Anwendungsgebiete von dieser Einrichtung Nutzen haben können. Ich denke an die Meteorologie. Augenblicklich wird es dort so gemacht, daß in den einzelnen Beobachtungstationen die Wettermeldung in Telegrammform verschlüsselt an die einzelnen Stellen gegeben und dann entziffert wird, um zu einer Wetterkarte zusammengestellt zu werden. Das dauert sehr lange. Wenn an einer Stelle sämtliche Stationen gleichzeitig beobachtet werden können, dann ist das für die Beobachtung des Wetters von großem Vorteil und auch für die Wettervorhersage an sich.

Herr **Mestermann** (brieflich eingesandt): Zur Vermeidung von Mißverständnissen bezüglich der Betriebserfahrungen kalifornischer Elektrizitäts-Gesellschaften mit 220 kV Kraftübertragungen, die von Herrn Dr. PILOTY erwähnt wurden, möchte ich mir im folgenden einige Hinweise erlauben. Man kann nämlich die Überschläge und Betriebsunterbrechungen auf den mit widerstandlos geerdetem Nullpunkt seit Mai 1923 in Betrieb befindlichen 220 kV-Leitungen der Southern California Edison Co. zwischen den Big-Creek-Wasserkraftwerken und den Umspannwerken bei Los Angeles, die seit August 1925 systematisch durch eingebaute Oszillographen verfolgt wurden und über die im September 1927 auf der AJEE-Tagung in Del Monte, Kalifornien, von WOOD, HUNT und GRISCOM vorgetragen wurde, deswegen gar nicht mit den durch direkte Blizschläge in eine Phase ausgelösten rückwärtigen Überschlägen der anderen Phasen vergleichen, weil es sich in Kalifornien in den weitaus meisten Fällen um Überbrückungen von Hänge-Isolatorenketten durch die Exkremente der dort lebenden großen Vögel (Adler und Habichte) handelt, während Gewitter ja bekanntlich in Kalifornien nur sehr selten vorkommen. So wurden von den 96 in der Zeit von Januar 1924 bis Mai 1927 stattgefundenen Überschlägen allein 82 durch solche Vögel verursacht; 30 dieser 96 Überschläge führten zur Überschreitung der Stabilitätsgrenze und damit zur Unterbrechung des Betriebes infolge der großen, vom Erdschlußwiderstand verzehrten Energien. So ist es auch zu erklären, daß sich unter 65 in der Zeit zwischen August 1925 und Mai 1927 stattgefundenen Überschlägen 59 einphasige Erdschlüsse auf der Leitung und vier Überschläge zwischen Stationssammelschienen und Erde befanden; von diesen 65 Überschlägen führten elf zur Unterbrechung des Betriebes. Bekanntlich haben die ältesten Big-Creek-Einfachleitungen je nur ein Erdseil, während die dritte sogenannte „Vincent"-Leitung ohne Erdungseil ausgerüstet ist.

Die von Herrn Dr. PILOTY angeführten hohen Erdschluß-Widerstände bis zu 250 Ω kommen in der Hauptsache in der Nähe der Kraftwerke vor; wie ich mich kürzlich durch persönliche Inaugenscheinnahme überzeugen konnte, hat man hier eine derart unwirtliche felsige Gebirgslandschaft, daß wegen der geringen Erdschicht auf der Oberfläche des Felsengebirges die Vegetation schon recht verkümmert ist; die Wasserarmut tut noch ein übriges, um Erdungswiderstände der erwähnten Größe zu erzeugen. Auch der mittlere Teil der Leitungen führt durch sehr trockene Gegenden, und Erdungswiderstände von über 100 Ω bilden die Regel; nur in der Nähe der Küste bei Los Angeles ergeben sich niedrigere Werte. Während so aus einem Vergleich von den Versuchs- mit den Rechnungsergebnissen Schwankungen der Erdungswiderstände für die verschiedenen Gegenden zwischen 25 und 250 Ω resultierten, kann man doch sagen, daß Widerstände von über 100 Ω die überwiegende Mehrheit bilden. Übrigens ergaben die Versuche bei solchen Erdungswiderständen von 100 Ω ziemlich unabhängig von der Entfernung von den Kraftwerken Erdströme von etwas über 1000 A, so daß also die Spannung an den Fehlerstellen rd. 100 kV betrug.

Ganz anders haben sich infolge der abweichenden klimatischen Verhältnisse die Erfahrungen mit den beiden im Frühjahr 1928 von der Philadelphia Electric Co. in Betrieb genommenen 220 kV-Einfachleitungen zwischen dem Conowingo-Wasserkraftwerk am Susquehanna River und dem etwa 93 km entfernten, bei Philadelphia gelegenen Plymouth Meeting-Umspannwerk gezeigt; wie ich bei meinem letzten Besuch der Philadelphia Electric Co. Anfang Oktober 1928 von den Ingenieuren dieser Gesellschaft erfuhr, haben die häufigen schweren Gewitter in diesem östlichen Teil der V. S. Amerika (Pennsylvania) zur Folge gehabt, daß bis Anfang Oktober 1928 sich drei schwere Störungen ereigneten, die sämtlich zur Betriebsunterbrechung führten. Alle drei Fälle sind durch direkte Blitzschläge in die Leitung verursacht worden und waren entgegen den Erwartungen der Betriebsleiter mehrphasige Kurzschlüsse; etwa 3 min nach jeder Störung konnten die Leitungen, von denen jede mit zwei Erdseilen ausgerüstet ist, wieder in Betrieb genommen werden. Bemerkt sei noch, daß sowohl in Plymouth Meeting als auch in Conowingo 220 kV-Blitzableiter (Autovalve Arrester der Westinghouse Co. in Plymouth Meeting, Oxydfilm-Arrester der General Electric Co. in Conowingo) und Hochspannungsdrosselspulen (je 0,09 mH pro Leitungseil) eingebaut sind.

Vortragender: Die Herren Diskussionsredner haben interessante Fragen angeschnitten, die uns zum Teil auch schon beschäftigt haben.

Herr BIERMANNS sprach zunächst von der Verringerung der Spannungsdifferenz infolge der gegenseitigen kapazitiven Beeinflussung. Auch wir glauben daran, und ich habe in meinem Vortrag, den ich vor 1¼ Jahren in Ulm gehalten habe, an Hand von Lichtbildern diesen Einfluß ebenfalls erwähnt. Allerdings haben wir aber noch nicht ein so präzises Beobachtungsmaterial, daß wir uns zu dieser Frage endgültig äußern können. Der Gedankengang scheint uns aber durchaus richtig zu sein.

Herr PILOTY meinte, daß ein bestimmter Blitzstrom durch die unteren Teile seiner Bahn gewissermaßen hindurchgepreßt wird. Das ist auch unsere Auffassung. Ich glaube, daß es richtig ist anzunehmen, daß der Strom das primär Gegebene sei und daß die gewaltige Elektrizitätsmenge alles weitere bestimmt. Diese Auffassung führt zu den vorgetragenen Gedankengängen bezüglich der Vorgänge im Mast selber. — Daß fast alle Überschläge einphasig sind, habe ich nicht gesagt oder wenigstens nicht sagen wollen. Wir möchten allerdings vom Schutzstandpunkt gern, daß es so wäre. Wir können aber über das Verhältnis der einphasigen zu den mehrphasigen Fehlern zahlenmäßig nicht viel sagen. Wenn wir nach noch sehr unsicheren Unterlagen schätzen sollen, kann man vielleicht unter allem Vorbehalt etwa 50 % annehmen. Von den übrigen 50 %, die noch zu Kurzschlüssen führen, wird man einen großen Teil in ihren Auswirkungen durch Relaismaßnahmen bekämpfen müssen.

Die Ausführungen des Herrn OLLENDORFF über das Feld in der Erde sind sehr interessant. Die Beachtung des Erdstromfeldes wird sicher sehr nützlich sein; es gibt ein Gebiet, auf das sich die theoretischen Überlegungen, die Herr OLLENDORFF angeregt hat, sehr schön anwenden lassen. Es ist nämlich oft die Rede davon, ob es für den Blitzeinschlag nicht einen großen Unterschied macht, ob der darunter befindliche Boden trocken oder feucht ist. Es besteht sogar eine von verschiedenen Seiten sehr stark vertretene Auffassung, daß unterirdische Wasseradern, wie sie Rutengänger finden, Blitzeinschläge erleichtern. Wenn sich das mathematisch exakt nachrechnen ließe, dann wäre es sehr interessant zu wissen, ob eine solche Größenordnung herauskommt, daß tatsächlich solche Einflüsse praktisch eine Rolle spielen. Über die Ausnutzung dieses Feldes zu Meßzwecken haben wir noch nicht nachgedacht. Es ist die Frage, ob die Sache exakt genug wird.

Herr BIERMANNS sprach noch davon, wo man den Blitzschutzapparat anbringen soll. Wir möchten nicht gern, daß diese Wanderwellen ganze Teile der Anlagen durchlaufen müssen, die doch alle möglichen Reflexionspunkte an den Stromwandlern haben, um schließlich an andere Punkte, wie z. B. bis zu dem Transformator zu kommen. Wir haben vielfachen Grund zu der Annahme, daß ihr Eintritt in die Station besonders gefährlich ist. Nun ist die Sache zwar so, daß der Schutzapparat auch seine Ansprechverzögerung hat; bis er angesprochen hat, wird also schon eine gewisse Welle durchgelaufen sein. Aber das ist nur ein kurzes Wellenstück, das sich auch leichter bekämpfen läßt. Außerdem könnte man den Apparat auch noch etwas weiter vor die Station setzen, vielleicht an den ersten Mast, um dadurch auch schon eine Weglänge dazwischen zu schalten. (Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.



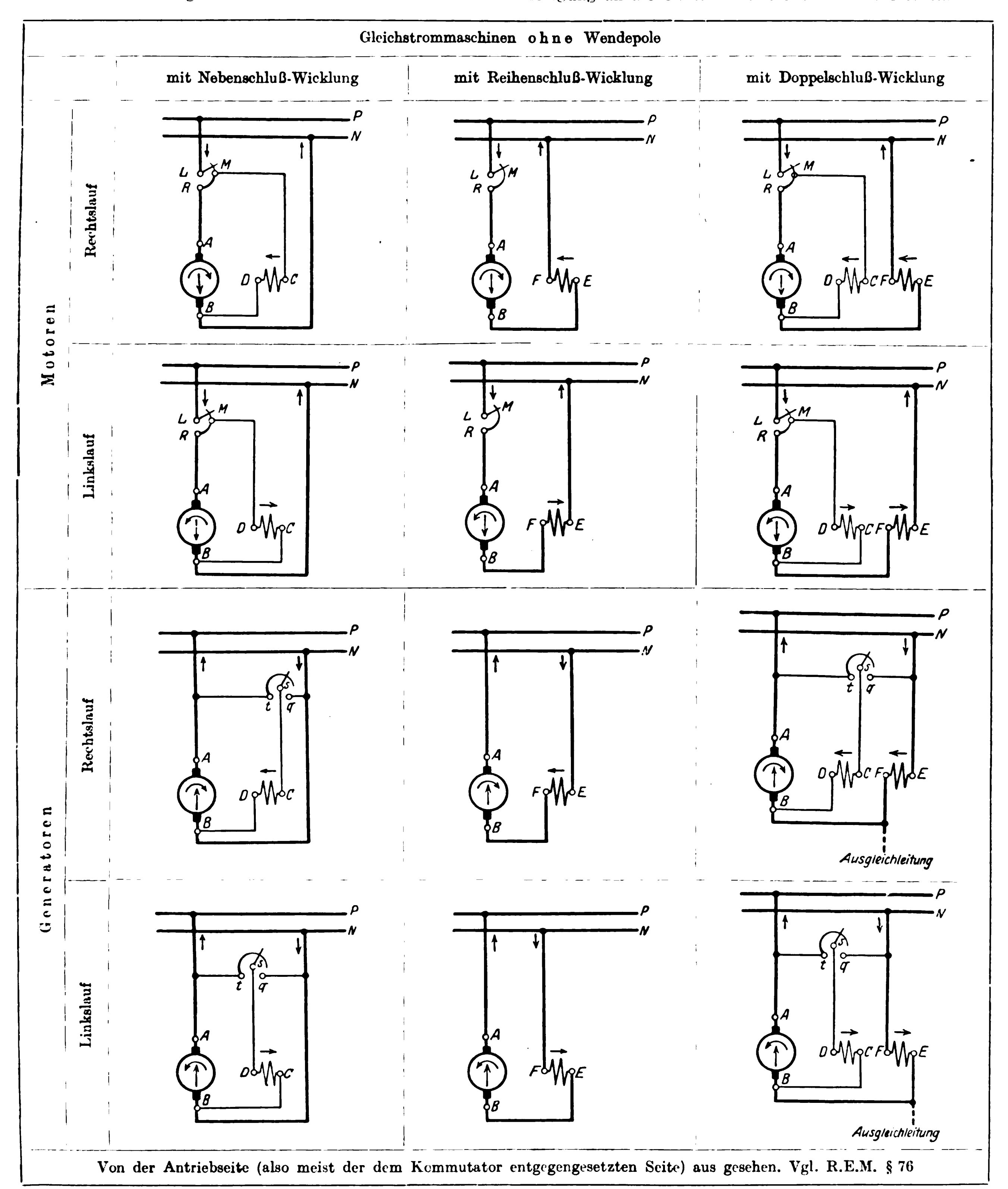
VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)
Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

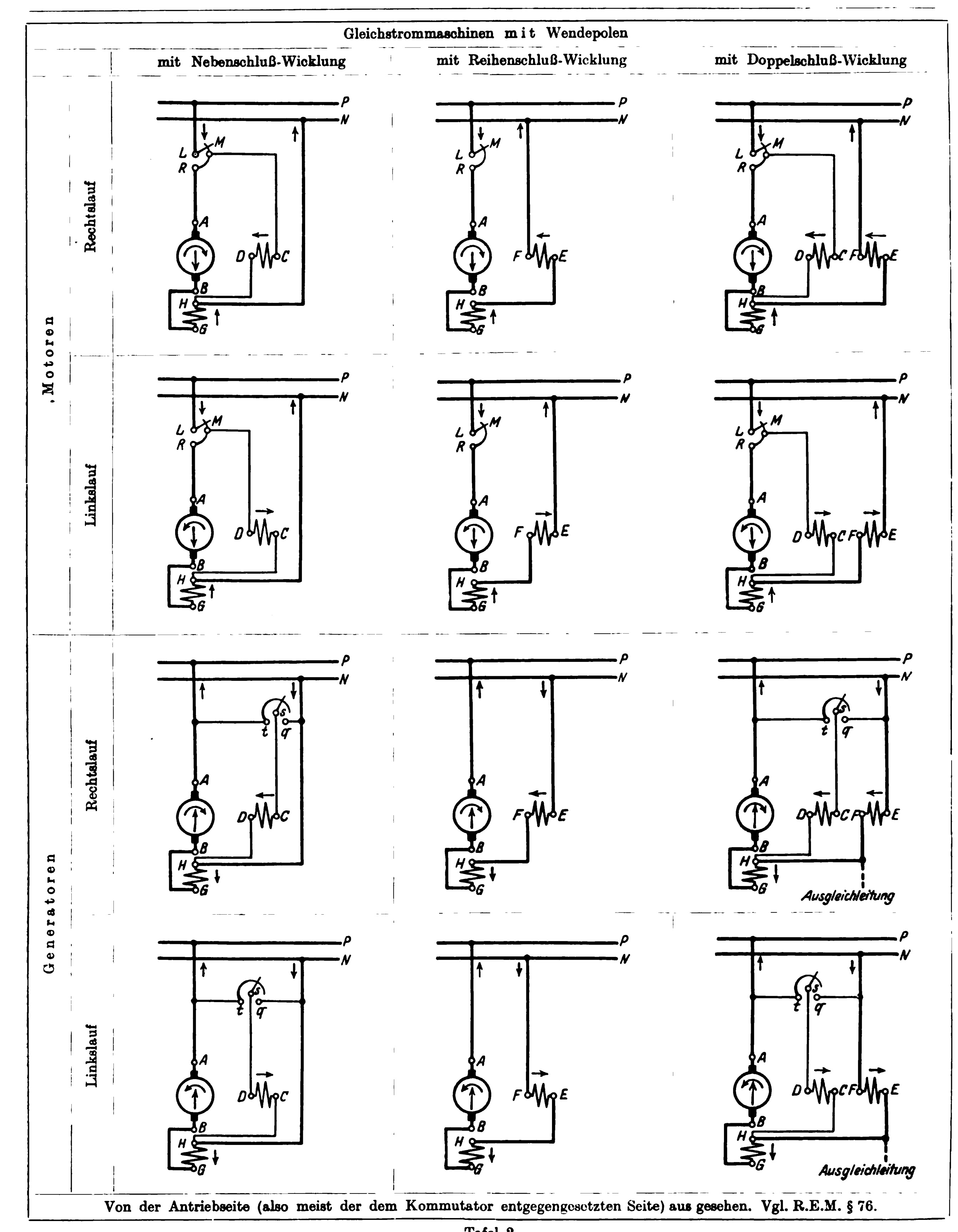
Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Nachstehend wird der von der Unterkommission für Klemmenbezeichnungen bearbeitete Entwurf von „Regeln für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen nebst Anlassern und Reglern sowie bei Transformatoren" bekanntgegeben. Der Entwurf, der unter Beachtung und Zugrundelegung der internationalen Verhandlungen, über die in ETZ 1928, Seite 163 u. ff. berichtet wurde, aufgestellt ist, wird später an die Stelle der seit 1. Juli 1909 gültigen „Normen für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen, Anlassern, Reglern und Transformatoren" treten.

Mit Rücksicht auf die noch nicht völlig abgeschlossenen internationalen Verhandlungen wurde von einer Vorlage und Genehmigung bei der diesjährigen Jahresversammlung abgesehen. Äußerungen und Anregungen sind längstens bis zum 1. Dezember 1929 in doppelter Ausfertigung an die Geschäftstelle des VDE zu richten.



Tafel 1.



Tafel 2.

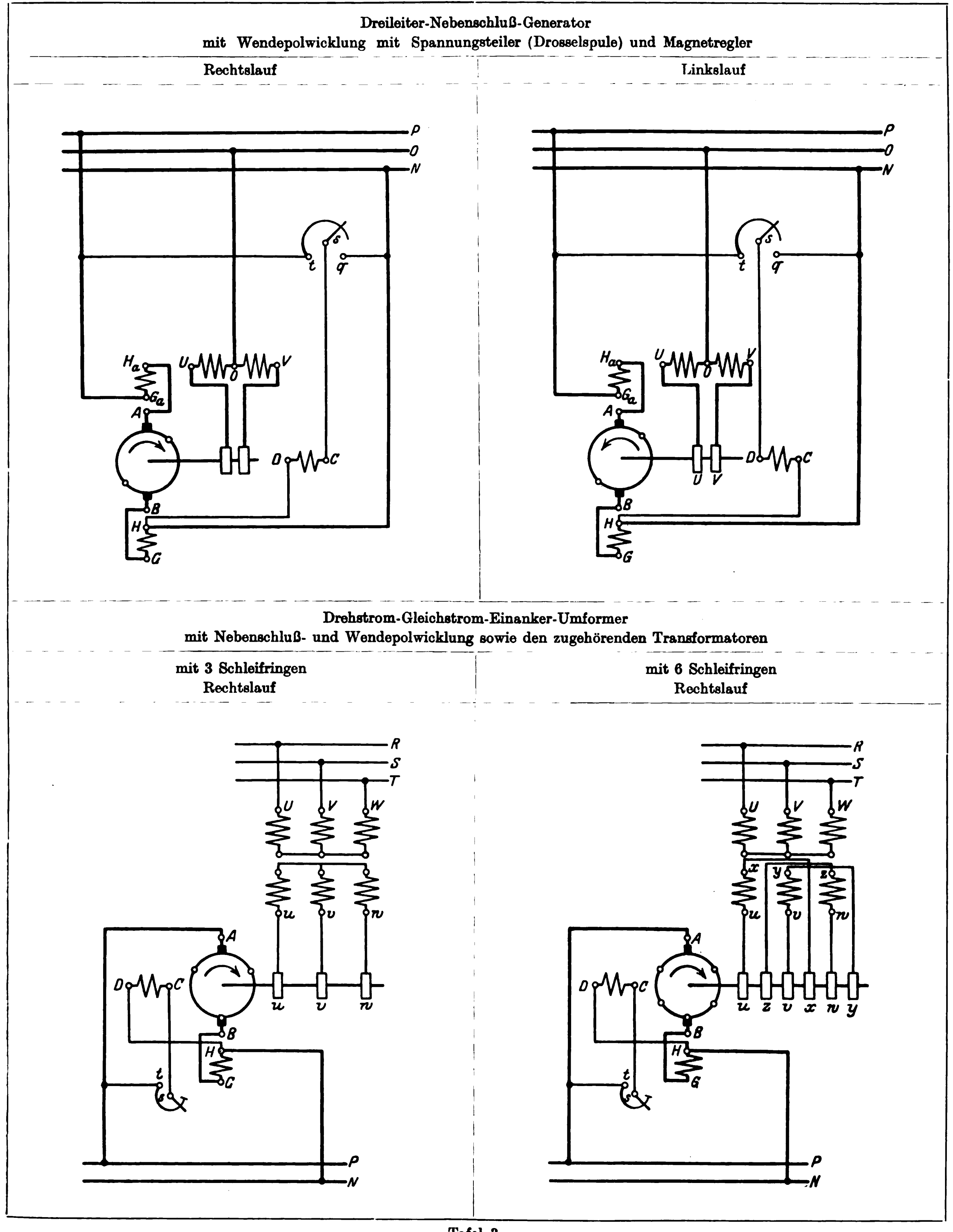
Entwurf 1.

Regeln für die Bezeichnung von Klemmen bei Maschinen nebst Anlassern und Reglern sowie bei Transformatoren.

A. Allgemeines.

Die Klemmen von Maschinen, Transformatoren sowie zugehörender Apparate der im allgemeinen üblichen Bauarten (Gleichstrommaschinen mit Nebenschluß-, Reihenschluß- und Doppelschlußwicklung mit oder ohne Wendepol- bzw. Kompensationswicklung, Einphasen- und Mehrphasenmaschinen, Umformer, Doppelgeneratoren, Transformatoren, Anlasser, Regler usw.) sind einheitlich zu bezeichnen. Bei Sonderausführungen, die nicht im Text oder den Beispielen besonders erwähnt sind, sind die Klemmenbezeichnungen sinngemäß anzuwenden.

Die normale Klemmenbezeichnung macht das Schaltbild nicht überflüssig.



Tafel 3.

Eine Klemme kann bzw. muß unter Umständen mehrere Buchstaben erhalten.

Große Buchstaben werden in vertikaler Blockschrift, kleine Buchstaben in schräger Kursivschrift ausgeführt.

Die Klemmen gleichartiger Wicklungen an einer Maschine werden durch Buchstabenindices *a, b, c* unterschieden, z. B. $u - x$, $u_a - x_a$, $u_b - x_b$. Anzapfungen erhalten dieselben Buchstaben als Klemmenbezeichnung wie das entsprechende Wicklungsende mit zusätzlichen Indices 1, 2, 3 usw.

Der Drehsinn wird bestimmt nach § 76 der R.E.M.

B. Maschinen und zugehörende Apparate.

I. Gleichstrom.

Die einheitliche Bezeichnung der Klemmen von Gleichstrommaschinen, Anlassern und Reglern soll sein:

(Fortsetzung des Textes auf S. 1502.)

Umformer

Frequenzumformer

Gleichrichter

Dreiphasengeneratoren und Synchronmotoren

mit Nulleiter und Eigenerregung

mit Nulleiter und Fremderregung

Tafel 4.

Dreiphasen-Asynchronmotoren

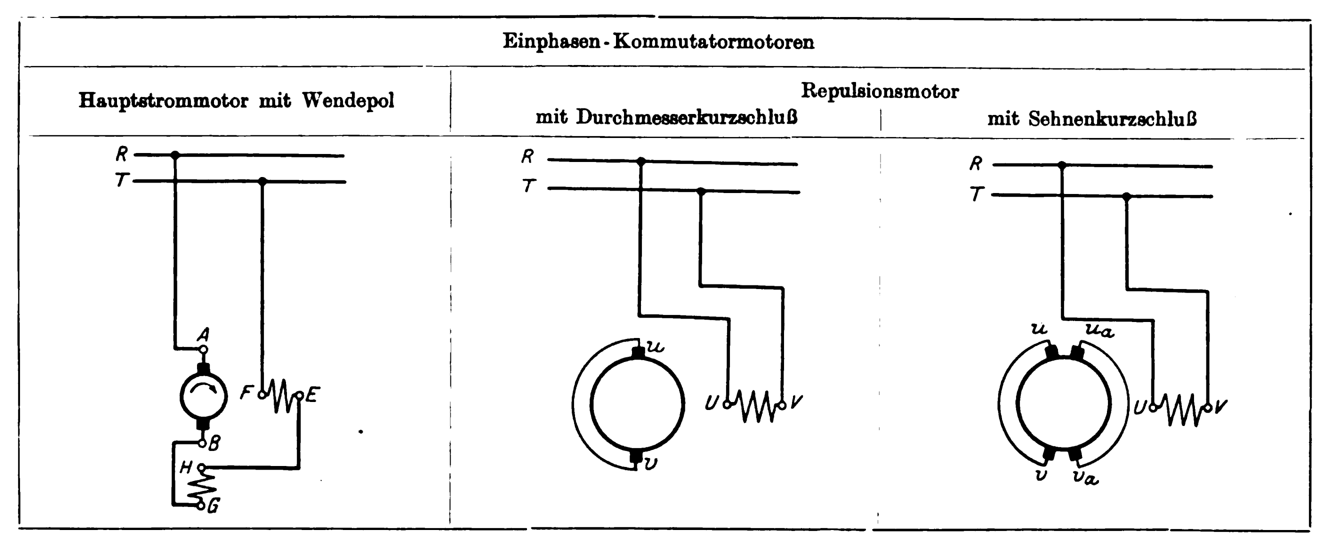
Sternschaltung

Dreieckschaltung

Stern-Dreieck-Anlauf

Synchronisierter Dreiphasen-Asynchronmotor

Tafel 5.



Tafel 6.

Dreiphasen-Kommutatormotor

mit Serientransformator, Rotor sechsphasig

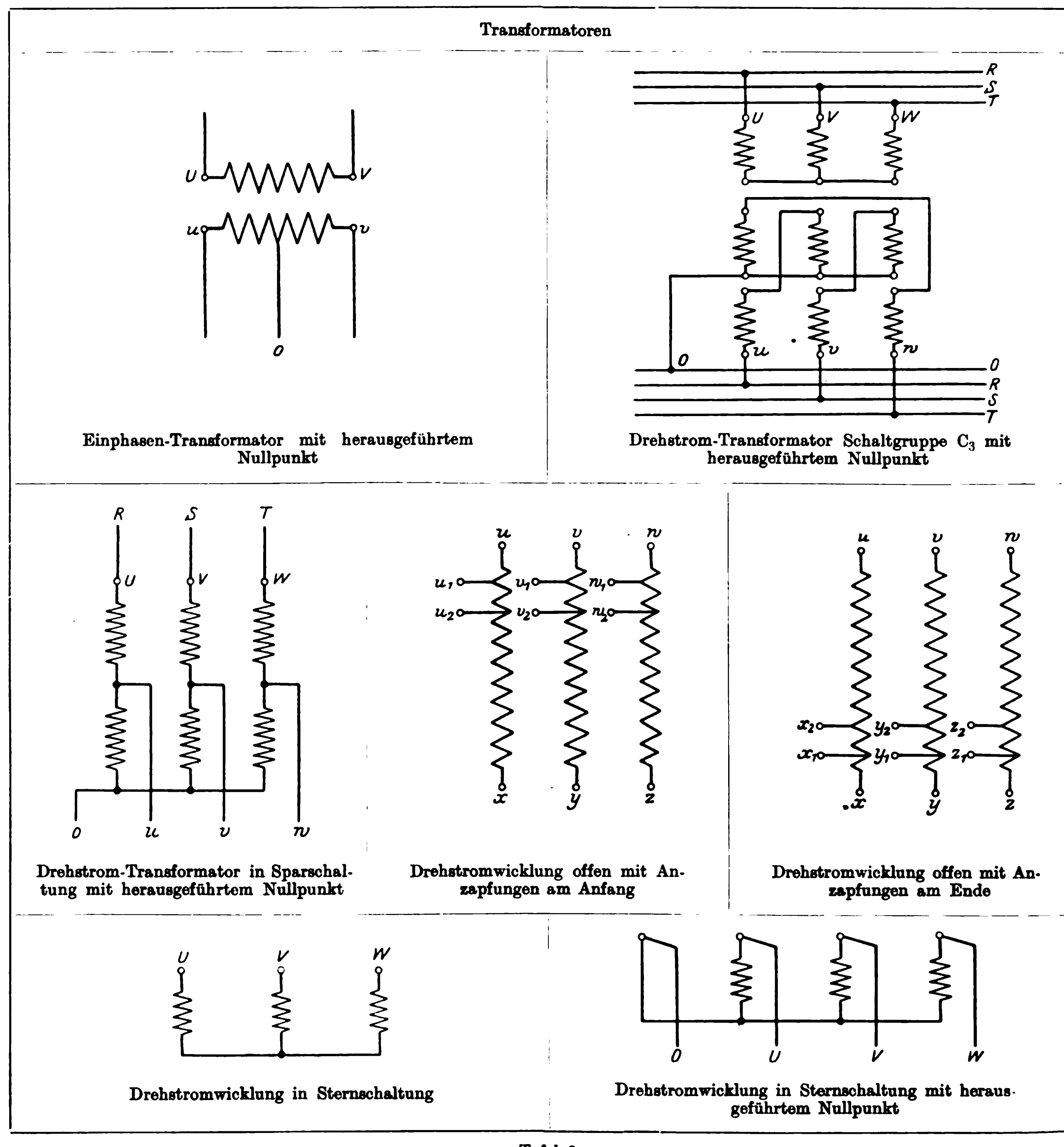
R S T U V W X Y Z u v w x y z

mit Serientransformator, Rotor dreiphasig

mit Leistungstransformator, Rotor dreiphasig

R S T U V W X Y Z u v w x y z

Tafel 7.



Einphasen-Transformator mit herausgeführtem Nullpunkt

Drehstrom-Transformator Schaltgruppe C_3 mit herausgeführtem Nullpunkt

Drehstrom-Transformator in Sparschaltung mit herausgeführtem Nullpunkt

Drehstromwicklung offen mit Anzapfungen am Anfang

Drehstromwicklung offen mit Anzapfungen am Ende

Drehstromwicklung in Sternschaltung

Drehstromwicklung in Sternschaltung mit herausgeführtem Nullpunkt

Tafel 8.

Anker . . . . **A — B**
Nebenschlußwicklung für Selbsterregung . **C — D**
Reihenschlußwicklung für Erregung mit eigenem Ankerstrom . . . . **E — F**
Wendepolwicklung bzw. Kompensationswicklung . . . . **G — H**
Fremderregte Magnetwicklung . . . . . **J — K**

wenn die Wicklung für die eigene Ankerspannung bemessen ist, kann sie auch mit **C — D** bezeichnet werden.

Leitung: unabhängig von Polarität . . . **L**
Pluspol . . . . **P**
Minuspol . . . . **N**
Netz: Zweileiter . . . . **N — P**
Dreileiter . . . . **N — O — P**
Nulleiter (Mittelleiter) . . . . . . **O**
Anlasser . . . . **L, M, R,**

wobei

L mit **N** oder **P**
M „ **C** „ **D** (u. U. über einen Regler),
R „ **A** „ **B, E, F, G, H** je nach Schaltung verbunden werden kann.

Bei Umkehranlassern sind die Klemmen des Anlassers, deren Vertauschung zur Erzielung sinnfälliger (sympathischer) Bewegung zwischen dem Steuerorgan und z. B. der Lastbewegung erforderlich ist, doppelt zu bezeichnen und nach der Montage die nichtbenutzten Bezeichnungen ungültig zu machen, z. B. **A** (**B**) und **B** (**A**).

Regler . . . . *s — t*,

wobei *s* mit dem Schleifkontakt unmittelbar in Verbindung steht und mit

C oder **D** bei Selbsterregung im Nebenschluß,
J „ **K** „ Fremderregung

zu verbinden ist.

Klemme des Magnetkurzschlußkontaktes . . *q*

Die Unterscheidung gleichartiger Wicklungen an derselben Maschine geschieht z. B. wie folgt:

Doppelkommutatormaschinen . . . . . **A — B**; $\mathbf{A_a — B_a}$
Bei Maschinen mit getrennter Wendepol- und Kompensationswicklung
für die erstgenannte . . . . . **G — H**
für die letzterwähnte . . . . . $\mathbf{G_a — H_a}$.

Drehstromwicklung offen, geteilt	Drehstromwicklung offen, geteilt mit Anzapfungen in der Mitte	Drehstromwicklung offen, geteilt mit Schaltspulen in der Mitte	
Transformator mit Anzapfungen am Anfang	Transformator mit Anzapfungen am Ende	Stromwandler	Drehstrom-Transformator mit 3 Wicklungen
Stromwandler mit geteilter Primärwicklung	Stromwandler mit Anzapfung	Dreiphasen-Spannungswandler	Einphasen-Spannungswandler

Tafel 9.

Die Klemmenbezeichnung soll so gewählt werden, daß bei Motoren im Rechtslauf der Strom in allen Wicklungen (ausgenommen feldschwächende Zusatzwicklungen) im Sinne der alphabetischen Buchstabenfolge die gleiche Richtung hat, also bei allen Wicklungen in der Buchstabenfolge fließt. Bei Doppelschlußmaschinen sollen alle Erregerwicklungen, wenn sie im Sinne der alphabetischen Reihenfolge ihrer Klemmenbuchstaben in derselben Richtung vom Strom durchflossen werden, die gleiche Feldrichtung ergeben.

Eine bleibende Änderung des Drehsinnes wird durch Umpolarisierung der Maschine, also durch Vertauschung der Anschlußleitungen an den Klemmen der Feldwicklungen **C, D** bzw. **E, F** (aber nicht der Wendepol- und Kompensationswicklungen **G, H**) erreicht. Es bleibt daher Klemme **A** stets mit der **P**-Leitung verbunden.

Dagegen erfordert betriebsmäßig wechselnder Drehsinn (umsteuerbarer Motoren) in der Regel Vertauschen der Anker- (und Wendepol-) Anschlußleitungen (**A, B** bzw. **G, H**) bei unverändertem Anschluß der Feldwicklungen.

Bei Gleichstromgeneratoren für Selbsterregung muß die Maschine unter Umständen nachträglich am Aufstellungsort umgepolt werden.

Bei dem Entwurf von Schaltungsbildern soll die gegenseitige Lage der Wicklungen in der Weise gewählt werden, daß ein Stromrichtungspfeil in Richtung der Achse der Wicklung gleichzeitig die Richtung des magnetischen Feldes der betreffenden Wicklung angibt, z. B. **A — B** die Richtung des Ankerstromes und des von der Ankerwicklung erzeugten Ankerfeldes. Feldrichtungen und Drehsinn stehen in gesetzmäßiger Abhängigkeit, die am einfachsten aus den Beispielen für Motoren und Generatoren zu ersehen ist.

II. Wechselstrom.

Die einheitliche Bezeichnung der Klemmen von Wechselstrommaschinen, Anlassern und Reglern soll sein:

Anker bzw. Primäranker
- bei Dreiphasenstrom und verketteter Schaltung . . . . **U, V, W,**
- bei Dreiphasenstrom und unverketteter Schaltung . . . **U — X, V — Y, W — Z**



bei Zweiphasenstrom und verketteter Schaltung . . . . . . **U — X, Y — V**
XY ist der Verkettungspunkt
bei Zweiphasenstrom und unverketteter Schaltung . . . . . **U — X, V — Y**
bei Einphasenstrom . . . . . **U — V**
bei Einphasenstrom mit Hilfsphase:
Hauptwicklung . . . . . . **U — V**
Hilfswicklung . . . . . . **W — Z**
Nullpunkt und bei Einphasenstrom der Nulleiter . . . . **O**

Sekundäranker:
dreiphasig verkettet . . . . . . *u, v, w,*
dreiphasig unverkettet . . . . *u — x, v — y, w — z*
zweiphasig verkettet . . . . . . *u — x, y — v*
zweiphasig unverkettet . . . . . *u — x, v — y*
Magnetwicklung (Gleichstrom) . . . **J — K**
Leitung, unabhängig von Polarität bzw. Phase . . . . **L**
Netz: Drehstrom mit drei Leitungen . **R, S, T,**
Drehstrom mit vier Leitungen (Nulleitung) . . . . . . **O, R, S, T,**
Einphasenstrom, Zweileiter . . **R — T**
Einphasenstrom, Dreileiter . . **R — O — T**
Zweiphasenstrom verkettet . . **Q — S, T — R**
ST ist der Verkettungspunkt.
Zweiphasenstrom unverkettet . **Q — S, R — T**
Regler . . . . *s — t,*
wobei *s* mit dem Schleifkontakt in unmittelbarer Verbindung steht und mit **J** oder **K** zu verbinden ist.
Klemme des Magnet-Kurzschlußkontaktes . . . . *q*

Anlasser:
dreiphasiger Sekundäranlasser, verkettet . . . . *u, v, w,*
dreiphasiger Sekundäranlasser, unverkettet . . . . *v — x, v — y, w — z*
zweiphasiger Sekundäranlasser, verkettet . . . . *u — x, y — v*
zweiphasiger Sekundäranlasser, unverkettet . . . . *u — x, v — y*
dreiphasiger Primäranlasser, im Nullpunkt angeschlossen . . . **X, Y, Z**
dreiphasiger Primäranlasser, zwischen Netz und Motor angeschlossen . . . . **U — X, V — Y, W — Z,**

Umkehranlasser:
Netzanschlüsse . . . . **R, S, T,**
Anschlüsse an den Primäranker . **U (W), V, W (U)**

Die Doppelbezeichnung ist notwendig zur Erzielung sinnfälliger (sympathischer) Bewegung zwischen Steuerorgan und z. B. der Lastbewegung. Nach der Montage sind die nichtbenutzten Bezeichnungen ungültig zu machen.

Im Drehstromnetz soll die Reihenfolge der Buchstaben **R, S, T** die zeitliche Phasenfolge angeben. Bei Drehstrommaschinen soll im allgemeinen die Reihenfolge der Klemmen **U, V, W** die zeitliche Phasenfolge bei Rechtslauf angeben.

Es wird aber empfohlen, daß besonders bei großen Drehstrommaschinen, die eindeutig für Linkslauf bestimmt sind, die Klemmen **U, V, W** ebenfalls bei Linkslauf die zeitliche Phasenfolge angeben.

Hierbei sowie in allen Zweifelsfällen muß jedoch der Drehsinn, bei dem zeitliche Phasenfolge und Klemmenfolge der Klemmen übereinstimmen, durch einen Pfeil mit entsprechender Spitze kenntlich gemacht werden.

Diese Bestimmungen über die Phasenfolge gelten sinngemäß auch für andere Mehrphasenmaschinen und Netze.

Bei Wechselstrom - Kommutatormaschinen, die wie Gleichstrommaschinen geschaltet sind und entsprechende Wicklungen besitzen, sind die Klemmen wie bei Gleichstrommaschinen zu bezeichnen.

Für die übrigen Wechselstrom-Kommutatormaschinen, z. B. Repulsionsmotoren, Drehstrom-Kollektormaschinen, sind die Bezeichnungen für Wechselstrommaschinen sinngemäß anzuwenden, bei Drehstrommaschinen erforderlichenfalls unter Verwendung von Indices. Die Klemmen der normalen Ober- und Unterspannungswicklung werden unterschieden durch große und kleine Buchstaben.

C. Transformatoren.

Die einheitliche Bezeichnung der Klemmen von den durch die R.E.T. behandelten Transformatoren (§ 3 der R. E. T.) soll sein:

Drehstromwicklung höherer Spannung (Oberspannungswicklung)
bei verketteter Schaltung . . . **U, V, W**
bei unverketteter Schaltung . **U — X, V — Y, W — Z**
Drehstromwicklung niederer Spannung (Unterspannungswicklung)
bei verketteter Schaltung . *u, v, w*
bei unverketteter Schaltung . *u — x, v — y, w — z*
Einphasenwicklung höherer Spannung (Oberspannungswicklung) . . . **U — V**
Einphasenwicklung niederer Spannung (Unterspannungswicklung) . . . *u — v*
Nullpunkt bzw. Nulleiter:
für Oberspannung . . . . . **O**
für Unterspannung . . . . . *o*

Für die Anordnung der Klemmen gilt § 59 der R. E. T.

S p a n n u n g s w a n d l e r sind zu behandeln wie Leistungstransformatoren.

S t r o m w a n d l e r :
Netzseite . . . . **K — L**
Apparatseite . . . . *k — l*

Die alphabetische Reihenfolge der Buchstaben, die an den Klemmen der Ober- und Unterspannungswicklung angebracht sind, muß die gleiche Phase oder Phasenfolge ergeben.

Bei allen Transformatoren, bei denen der Zusammenhang zwischen Wicklungsinn und Richtungsinn der Klemmenbezeichnung nicht durch ihre Zugehörigkeit zu einer Schaltgruppe nach § 8 der R. E. T. bestimmt ist, sollen bei getrennten Wicklungen die Klemmen nach folgenden Regeln bezeichnet werden (siehe § 12 der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Meßwandlern").

Die Anschlüsse der Wicklungen sind durch Buchstaben (Anfang und Ende) und Zahlen (Anzapfungen) zu bezeichnen. Diese Bezeichnungen sollen so gewählt sein, daß an ihrer natürlichen Aufeinanderfolge ein bestimmter Richtungsinn zu erkennen ist.

Die Anschlußbezeichnung zweier Wicklungen ist:

a) gleichsinnig, wenn die Wicklungen im Richtungsinn der Bezeichnungen hintereinander geschaltet in der gleichen Wicklungsrichtung verlaufen,
b) gegensinnig, wenn sie dabei in entgegengesetzter Wicklungsrichtung verlaufen.

Bei Stromwandlern ist sinngemäß nach § 59 der R. E. T. die Anordnung der Buchstaben **K** und **L** so zu treffen, daß ihre Reihenfolge dem vor der Oberspannungseite stehenden Beschauer von links nach rechts erscheint: die Reihenfolge der Buchstaben *k* und *l* muß daher dem vor der Unterspannungseite stehenden Beschauer von rechts nach links erscheinen.

Kommission für Drähte und Kabel.

Von dem Ausschuß für Kupferleitungsnormen der „Deutschen Gesellschaft für Metallkunde" ist ein Entwurf zu

V o r s c h r i f t e n f ü r K u p f e r l e i t u n g e n

aufgestellt, der nachstehend bekanntgegeben wird.

Einsprüche gegen den Entwurf sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. Dezember 1929 an die Geschäftstelle zu richten.

Neue Vorschriften für Kupferleitungen.

Vorwort.

Von Dr. R. A p t , Berlin.

Der nachstehend wiedergegebene Entwurf zu Vorschriften für Kupferleitungen ist das Ergebnis der Arbeiten des Ausschusses für Kupferleitungsnormen, der gemeinsam vom Verband Deutscher Elektrotechniker und der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde unter dem Vorsitz des Verfassers gebildet wurde. Die im Jahre 1896 zuerst herausgegebenen Kupfernormen stellten neben den Sicherheitsvorschriften eine der frühesten Arbeiten des Verbandes Deutscher Elektrotechniker auf dem Gebiete der Normung dar. Die Kupfernormen wurden mehrfachen Abänderungen unterzogen und erhielten schließlich im Jahre 1906 die Fassung, die etwa dem heutigen Wortlaut entspricht. Als Grundgedanke war fest-



gelegt, daß das für elektrische Leitungen verwendete Kupfer einen bestimmten höchsten spezifischen Widerstand nicht überschreiten dürfe. Damit sollte eine Mindestqualität des für elektrische Leitungen verwendeten Kupfers festgelegt sein. Die weiteren Bestimmungen bezogen sich auf die Feststellung des Querschnitts, die bei isolierten Leitungen und Kabeln nicht auf den geometrischen Dimensionen, sondern grundsätzlich auf Widerstandsmessungen beruhen.

Die Wichtigkeit für die Ausfuhr, einheitliche Grundlagen für die Bewertung der Kupferleitungen zu haben, führte zur Schaffung der internationalen Kupfernormen für elektrische Leitungen durch die internationale elektrotechnische Kommission im Jahre 1913. Diese internationalen Kupfernormalien haben sich allerdings darauf beschränkt, die Werte für ein ideales Kupfer festzulegen, und haben es jedem Lande überlassen, die zulässigen Werte des spezifischen Widerstandes für das Handelskupfer darauf zu basieren. Infolgedessen haben die internationalen Kupfernormen für die Praxis nicht die Bedeutung erlangt, die bei ihrer Schaffung erwartet wurde. Die Vorschriften für Kupferleitungen in den einzelnen Ländern weichen, wenn sie auch etwa auf derselben Grundlage aufgebaut sind, doch in den Einzelwerten nicht unerheblich voneinander ab.

Seit längerer Zeit bereits wurde es als Mangel der deutschen Kupfernormen empfunden, daß auf die verschiedenen Qualitäten des Kupfers, wie sie für Freileitungen als kaltgereckter Draht und für isolierte Leitungen als weichgeglühter Draht benutzt werden, Unterschiede im spezifischen Widerstand nicht festgelegt waren. Auch der Tatsache, daß verzinnter Draht im allgemeinen einen höheren spezifischen Widerstand zeigt als unverzinnter Draht, war nicht Rechnung getragen. Dadurch war zwar der Wortlaut der Kupfernormen sehr vereinfacht, es ergaben sich aber hierdurch Unstimmigkeiten mit anderen VDE-Vorschriften, z. B. mit den Vorschriften für Freileitungen, und auch praktische Schwierigkeiten bei der Querschnittsermittlung durch Widerstandsmessung.

Aus diesem Grunde schien eine völlige Neubearbeitung der Kupfernormen unter Berücksichtigung der verschiedenen Qualitäten und Verwendungsgebiete der Kupferleitungen erforderlich. Der nachstehende Entwurf soll diesen Forderungen entsprechen.

In § 1 wird festgestellt, welche Höchstwerte des spezifischen Widerstandes für Leitungskupfer bei weichgeglühtem und verzinntem Draht nicht überschritten werden dürfen.

§ 2 übernimmt die Forderung des § 2 der bisherigen Kupfernormen, wonach bei isolierten Leitungen und Kabeln die wirksamen Querschnitte grundsätzlich durch Widerstandsmessung zu ermitteln sind. Für die Berechnung wird hierbei mit Rücksicht auf Drall und Herstellungsverfahren ein etwas höherer Wert des spezifischen Widerstandes zugelassen, als er in § 1 für die unverarbeiteten Kupferdrähte festgelegt worden ist.

Die Ziffer in § 3 für die Erhöhung des Widerstandes mit der Temperatur deckt sich mit dem entsprechenden Werte der jetzigen Kupfernormen.

§ 4 des neuen Entwurfes ist inhaltlich mit dem § 3 der früheren Normen übereinstimmend.

Während als Höchstwert des spezifischen Widerstandes in $\frac{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ in den alten Kupfernormen der Wert von 0,017 84 angegeben war, liegen die entsprechenden Werte für die verschiedenen Kupferqualitäten bei dem neuen Entwurf zwischen 0,01754 und 0,01850. Die in § 1 gegebenen Werte entsprechen den Ziffern, die in der Praxis ohne Schwierigkeiten erreicht und von den Verbrauchern gefordert werden können.

Schließlich ist formal noch zu erwähnen, daß an Stelle der Normen für Kupfer nunmehr Vorschriften für Kupferleitungen treten, deren Innehaltung eine zwingende Vorschrift ist.

Entwurf 1.

Kupferleitungen.

§ 1.

Kupferleitungen müssen aus Leitungskupfer hergestellt sein. Beim Leitungskupfer dürfen die folgenden Werte des spez. Widerstandes bei 20° in $\frac{\text{Ohm} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ nicht überschritten werden:

a) bei weichgeglühtem Draht . . . . 1/57 = 0,017 54
b) bei kaltgerecktem Draht mit einem Durchmesser des Drahtes gleich oder größer als 1 mm . . . . 1/55 = 0,018 18
c) bei kaltgerecktem Draht mit einem Durchmesser des Drahtes kleiner als 1 mm . . . . 1/54 = 0,018 50
d) bei weichgeglühtem verzinnten Draht 1/55,5 = 0,018 02.

§ 2.

Für isolierte Leiter und Kabel sind die wirksamen Querschnitte durch Widerstandsmessungen zu ermitteln. Hierbei sind zur Berücksichtigung des Dralles der Litzen und der Mehrfachleiter sowie der Stärketoleranz anstatt der in § 1 gegebenen Werte folgende Werte einzusetzen:

a) bei weichgeglühtem unverzinnten Draht . . . . 1/56 = 0,017 84
b) bei weichgeglühtem verzinnten Draht 1/54,5 = 0,018 35.

§ 3.

Der Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt wächst um 0,000 068 Ω für 1° Temperaturzunahme.

§ 4.

Bei den Untersuchungen, ob eine Kupferleitung aus Leitungskupfer hergestellt ist, soll der Querschnitt durch Gewichts- und Längenbestimmung eines einfachen, gerade gerichteten Leiterstückes ermittelt werden, wobei, falls eine besondere Feststellung des spezifischen Gewichtes nicht vorgenommen wird, für dieses der Wert von 8,89 einzusetzen ist.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

Der AEF hat die folgenden Druckschriften und Tafeln herausgegeben, auf die er hiermit hinweist:

1. Die „Verhandlungen des AEF in den Jahren 1907 bis 1927" sind im Verlage von Julius Springer erschienen und durch den Buchhandel zu beziehen. 49 S. im Format A4, Preis 5 RM.

2. 3 Wandtafeln Formelzeichen und 2 Wandtafeln Einheitszeichen auf Steifpapier im Format A1: 59,4 × 84,1 cm² und mit Ösen zum Aufhängen. Sie sind zu beziehen von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, zum Preise von je 35 Pf. Für Verpackung und Versand sind für 1 bis 5 Tafeln 55 Pf beizufügen.

3. Taschenheftchen, 15 S. im Format A6. Es enthält allgemeine Angaben über den AEF, alle Zeichenlisten und 4 Sätze (ohne Erläuterungen). Es ist ebenfalls von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu beziehen. Preis (Versand inbegriffen) 1 Stück 25 Pf, 2 Stück 40 Pf, 3 Stück 50 Pf, 4 und mehr Stück 15 Pf das Stück.

4. Die meisten Listen und Sätze des AEF sind auch in Form von Normblättern erschienen. Diese sind zu beziehen vom Beuth-Verlag G. m. b. H. in Berlin SW 19.

Strecker.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 15. X. 1929, abds. 8 h, Aula der Staatl. Akademie für Technik, Schillerplatz 6/7: Lichtbildervortrag mit Film Prof. Dr. Bangert: „Achtung! Achtung! Ein Film vom Deutschen Rundfunk."

Elektrotechn. Verein in Hamburg. 16. X. 1929, abds. 7½ h, Hörsaal 8 der Techn. Staatslehranstalten, Lübecker Tor 24: Vortrag Obering. Becker, „El. Schwachstromanlagen und ihre Wirtschaftlichkeit".

Elektrotechn. Gesellschaft zu Magdeburg. 16. X. 1929, abds. 8¼ h, Lichtsaal der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen, am Krökentor 1: Vortrag Obering. Stordeur, „Die neuen Errichtungsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker".

Elektrotechnische Gesellschaft zu Nürnberg. 11. X. 1929, abds. 8 h, SSW, Frauentorgraben 35: Vortrag Dr. Lund, „Doppelnutmotoren".

Württemberg. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 16. X. 1929, abds. 8 h, gr. Hörsaal des Elektrotechn. Instituts: Lichtbildervortag Dr.-Ing. H. Nissel, „Die Bedeutung des cos φ für die Elektrizitätswirtschaft".

Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft, Berlin. 15. X. 1929, abds. 7 h, gr. Saal des Ingenieurhauses, Berlin, Friedrich-Ebert-Str. 27: a) Reichsbahnbaumstr. Norden, „Die elektrischen Bahnbetriebe in den V. S. Amerika", b) Reichsbahnrat Peters, „Mitt. aus dem elektr. Zugbetrieb der schweiz. Bahnen insbes. der Schweiz. Bundesbahnen". c) Reichsbahnrat Heydmann, „Elektrischer Zugbetrieb in Deutschland und Österreich".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

C. L. Weber †.

Am 29. September d. J. starb in Berlin-Lichterfelde an den Folgen der Operation eines Gallenleidens Herr Geheimer Reg.-Rat Dr. Carl Ludwig Weber. Wenngleich die Gesundheit des Verstorbenen in den letzten Jahren manches zu wünschen ließ, gab seine große körperliche Frische doch keinen ernstlichen Befürchtungen Raum. Um so schmerzlicher wirkt die Kunde von dem raschen Ableben dieses in allen Kreisen der Elektrotechnik angesehenen und verdienstvollen Mannes. Weber wurde 1860 zu Würzburg geboren, studierte dortselbst sowie in München Mathematik und Physik und wurde, nachdem er 1884 promoviert hatte, 1886 Privatdozent an der T. H. München. 1890 übernahm er die vorher durch von Gaisberg und Uppenborn geleitete Elektrotechnische Versuchstation München und trat 1893 als Mitglied in das kurz vorher neu organisierte Reichspatentamt ein, dem er bis zum Erreichen der Altersgrenze im Jahre 1925 angehörte. Sein umfassendes Wissen und seine scharfe Urteilskraft befähigten ihn hier zu hervorragenden Leistungen, so daß er zu den ersten Technikern gehörte, die in die gehobene Stellung eines Mitgliedes der Beschwerdeabteilung und später in die eines Abteilungsvorsitzenden einrückten. Überall hat er mit vorbildlicher Zuverlässigkeit und Pflichttreue gewirkt. Zeitweilig war seine Tätigkeit im Patentamt durch seine Berufung in das damalige Reichsschatzamt unterbrochen, wo er unter Staatssekretär Sydow an gesetzgeberischen Arbeiten auf elektrotechnischem Gebiet beteiligt war.

Neben seiner umfassenden Berufsarbeit hat sich Weber lebhaft an den Bestrebungen des Elektrotechnischen Vereins und des VDE beteiligt und ist insbesondere dafür eingetreten, daß der VDE die Aufstellung von Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen in die Hand nahm, die er auf Grund seiner praktischen Erfahrung in richtiger Beurteilung ihres Wertes in der Jahresversammlung 1895 eifrig befürwortet hat. Auf Grund seiner Mitarbeit bei den Vorberatungen und der Beschlußfassung über diese Vorschriften wurde ihm die Abfassung der „Erläuterungen" zu ihnen übertragen, die zur Aufklärung der beteiligten Kreise und zur Überwindung des anfangs sehr starken Mißtrauens gegen derartige Bestimmungen erheblich mitgewirkt haben. Dem weiteren Ausbau der Vorschriften hat Weber, der 1905 zum Vorsitzenden der betreffenden Kommission gewählt wurde, ein großes Maß von Arbeit gewidmet.

Durch die Aufstellung und stetige Weiterbildung der Vorschriften hat sich der VDE die anfangs stark umstrittene Selbstverwaltung auf diesem Gebiete gesichert. Daß diese nunmehr von den Behörden aller deutschen Regierungen anerkannt ist, verdankt man zum erheblichen Teil der maßvollen, unparteiischen und zielbewußten stetigen Tätigkeit, die die zuständige Kommission mit ihrem Vorsitzenden geleistet hat. Die deutschen Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen haben nicht nur innerhalb des VDE vorbildlich gewirkt und zur Aufstellung vieler Sondervorschriften Anlaß gegeben, die sich an diese erste derartige Verbandsarbeit angegliedert haben, sondern sie sind auch im Auslande anerkannt und zur Grundlage ähnlicher Arbeiten gemacht worden.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker würdigte in der diesjährigen Jahresversammlung in Aachen die großen Verdienste Webers als langjährigen Vorsitzenden der Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften und Herausgebers der zu diesen Vorschriften gehörigen Erläuterungen durch Verleihung der Ehrenmitgliedschaft.

Als der Weltkrieg ausbrach, ließ es Weber trotz seiner 55 Jahre nicht ruhen, seine Kraft und seine Kenntnisse zum Wohle des Vaterlandes einzusetzen. Er war von Anfang an als Offizier eines Pionierregiments an der Front tätig und hat hier unter Einsetzung seiner ganzen Person gewirkt, bis ihn eine schwere Erkrankung zwang, seinen Posten zu verlassen. Diese Erkrankung, die ihn dem Tode nahe brachte, hat er zwar mit seiner zähen Natur überwunden, sie hat ihm aber doch einen argen Stoß versetzt, so daß wir uns ohne sie vielleicht länger seiner wertvollen Person hätten erfreuen können.

Dr. Weber war außer im Verband auch im Elektrotechnischen Verein Mitglied und Vorsitzender wichtiger Kommissionen. Seine dort gesprochenen Worte wurden von reifer Erfahrung und sachlicher Überlegung getragen und trafen immer den Kern der Sache. Die deutsche Elektrotechnik wird diesem aufrechten und liebenswürdigen Manne, dessen Bildnis die ETZ letzthin brachte[1], allzeit ein warmes Andenken bewahren.

Ch. Eberle †. — Am 30. IX. starb der Rektor der T. H. Darmstadt, Professor Dipl.-Ing. Christoph Eberle im Alter von 59 Jahren. Der Verstorbene vertrat die Fächer Wärmetechnik und Wärmewirtschaft, war Vorsitzender der Hauptstelle für Wärmewirtschaft und a.o. Mitglied der Akademie des Bauwesens. Über seine Forschungen auf dem Gebiete des Dampfkesselwesens hat auch die ETZ des öfteren berichtet.

K. Kahle. — Am 31. VII. 1929 ist Herr Dr. Karl Kahle, Direktor im Reichspatentamt, in den Ruhestand getreten. Dr. Kahle gehört bereits seit mehreren Jahrzehnten dem Elektrotechnischen Verein an; er war von 1915 bis 1918 im Vorstand und von 1908 bis 1910 im Hauptausschuß; dem letzteren gehört er seit 1926 wieder an.



[K. Kahle.]

Kahle wurde 1864 in Hannover geboren und studierte an den Universitäten Göttingen, Berlin und Marburg und an der Technischen Hochschule Hannover Naturwissenschaften und Elektrotechnik. 1899 promovierte er in Marburg mit einer Arbeit auf dem Gebiet des Magnetismus. 1890 ... 1897 trat er in die Physikalisch-Technische Reichsanstalt ein und befaßte sich im elektrotechnischen Laboratorium hauptsächlich mit den elektrischen Einheiten und Meßinstrumenten. 1897 trat Dr. Kahle als Prüfer in das Patentamt ein, dem er fortan seine ganze Kraft widmete. Bereits im Jahre 1908 wurde er zum Geheimen Regierungsrat ernannt und der Beschwerde- und Nichtigkeitsabteilung zugewiesen. Im Jahre 1917 wurde er Vorsitzender der Anmelde-Abteilungen V, VIII und IX. Zum Direktor und Vorsitzenden der Beschwerde- und Nichtigkeitsabteilung wurde er am 1. IV. 1924 ernannt.

Direktor Dr. Kahle nahm an allen wissenschaftlichen und technischen Ereignissen regen Anteil. Überall wirkte er durch seine gründlichen Kenntnisse, sein klares und stets den Kern der Sache treffendes Urteil und seine große Arbeitskraft fördernd, belehrend und entscheidend. Literarisch ist Dr. Kahle außer als Forscher auch als Mitarbeiter und Herausgeber der „Fortschritte der Elektrotechnik" hervorgetreten.

R. Otto. — Direktor Robert Otto, der Begründer und kaufmännische Leiter der Electricitäts-Gesellschaft „Sanitas", Berlin, beging am 3. Oktober d. J. seinen 70. Geburtstag. Den Grundstein zu der heutigen Geltung der im Jahre 1898 aus kleinen Anfängen heraus gegründeten Firma legte Direktor Robert Otto mit dem Bau von elektrischen Lichtbädern und Lichtheilapparaten. Er schuf damit den Boden für die Entwicklung der damals noch

[1] ETZ 1929, S. 1312.

ziemlich unbekannten, heute aber bei der gesamten Ärzteschaft zu großer Bedeutung gelangten Lichttherapie. Die Herstellung von weiteren elektromedizinischen Apparaten, namentlich von Röntgen- und Diathermieapparaten, führte zu einer wesentlichen Erweiterung des Fabrikationsprogrammes.

Hochschulnachrichten. — Herr Baurat A. Rachel, Direktor der A. G. Sächsische Werke, ist als Honorar-Professor für das Fach Elektrische Kraftanlagen an die T. H. Dresden berufen worden.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Stromtarife der Elektrizitätswerke. Theorie und Praxis. Von H. E. Eisenmenger. Autorisierte deutsche Bearbeitung von A. G. Arnold. Mit 67 Textabb., XII u. 242 S. in gr. 8⁰. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1929. Preis geb. 15 RM.

Das Buch, dessen englische Ausgabe[1] 1921 erschien und damals an dieser Stelle ausführlich besprochen wurde[2], wird in deutschen Fachkreisen zweifellos mit Interesse begrüßt werden. Gilt doch der auch in Deutschland durch seine Veröffentlichungen bekannte Verfasser nicht nur als gewissenhafter Theoretiker, sondern auch als erfahrener Praktiker auf dem Gebiete der Elektrizitätstarife. Hervorgehoben zu werden verdient besonders die liebevolle Behandlung der Grundlagen des für den Neuling etwas schwierigen Stoffes, die in klarer Darstellung und unter Verwendung von Parallelen aus anderen Wirtschaftsgebieten dem Verständnis nahegebracht werden. Aber auch der Fachmann wird aus der Lektüre dieses Buches Nutzen ziehen, das das umfangreiche Gebiet straff gliedert und von Grund auf systematisch behandelt. Die Zusammenfassung einiger die Übersichtlichkeit störender Ableitungen am Ende des Buches wird besonders angenehm empfunden. Interessant ist die räumliche Darstellung der Tarife in Form von Tarifmodellen; in der mathematischen Analyse geht Eisenmenger für meine Begriffe allerdings etwas zu weit. So ist auch die sehr interessante Methode zur Verteilung der festen Kosten[3], die in die deutsche Ausgabe neu aufgenommen wurde, für die Praxis schwerlich anwendbar.

Zu der ziemlich ausführlich behandelten und in der Elektrizitätswirtschaft sehr beachteten Wertschätzungstheorie muß bemerkt werden, daß dieser Gedanke zum ersten Male bereits 1906 von Siegel in seinem Buche „Die Preisstellung beim Verkaufe elektrischer Energie" (Springer 1906) entwickelt wurde. Ein Hinweis auf dieses inzwischen in erweitertem Umfange erschienene Standardwerk[4] ist in der deutschen Ausgabe nur bei dem im Anhange beigefügten neuen Beitrag über die Verteilung der festen Kosten gegeben.

Der Übersetzung merkt man an manchen Stellen die Wortgetreuheit an, jedoch hat es der Bearbeiter i. a. verstanden, die im englischen oft abweichende Ausdrucksweise der deutschen Begriffswelt anzupassen. Da der Verbreitung der englischen Ausgabe in Deutschland neben den sprachlichen Schwierigkeiten die seinerzeit unerschwinglichen Inflationspreise entgegenstanden, ist der deutschen Ausgabe eine starke Verbreitung in der deutschen Elektrizitätswirtschaft zu wünschen.

Nissel.

Die elektrische Ausrüstung des Kraftfahrzeuges, Teil I: Zündung. Von Erich Klaiber u. Dr. Walter Lippart. Mit 157 Abb., XIV u. 237 S. in gr. 8⁰. Verlag M. Krayn, Berlin 1928. Preis geh. 17 RM, geb. 19 RM.

Im Rahmen der „Automobiltechnischen Bibliothek" des Verlages M. Krayn erscheint dieses Werk als erster Teil des XIII. Bandes, dem die „Lichtmaschine und Batterie" als zweiter und „Stromverbraucher" als dritter Teil folgen sollen. Daraus ist ersichtlich, daß es sich hier nicht um die Ausrüstung elektrisch angetriebener Kraftwagen, sondern um die elektrischen Nebenorgane eines neuzeitlichen Benzinkraftwagens handelt. Diesen einmal in der Literatur eine so breite Behandlung zuteil werden zu lassen, wie es die Herausgeber E. Klaiber, Franz Kratz und Dr. Friedrich Trautmann vorhaben, ist ein begrüßenswertes Unternehmen, für das namentlich alle diejenigen dankbar sein werden, denen die Instandhaltung von Benzinkraftwagen obliegt. Den Beteiligten sind doch gerade die elektrischen und magnetischen Vorgänge immer noch rätselhaft, wenn sie die mechanische Kraftübertragung und den Verbrennungsprozeß schon längst verstanden haben.

Der vorliegende 1. Teil behandelt Geschichtliches zur Zündung von Verbrennungsmotoren auf 20 Seiten. Der Theorie und Konstruktion von Vorrichtungen zur Erzeugung elektrischer Zündfunken sind 86 Seiten gewidmet. Auf weiteren 32 Seiten werden die heute gebräuchlichen Magnet- und Batteriezünder beschrieben. Mit Einbau, Störungen und Hilfseinrichtungen wird der Leser dann auf 20 Seiten nebst einer „Störungstafel" vertraut gemacht. Den Schluß bildet der von W. Lippart bearbeitete Abschnitt über Zündkerzen mit 25 Seiten. Im ganzen haben wir es mit einer sorgfältigen Arbeit von Fachmännern zu tun, denen man Seite für Seite und Bild für Bild die persönlichen Erfahrungen anmerkt.

W. A. Th. Müller-Neuhaus.

Neue Zeitschriften.

Mitteilungen aus dem Arbeitsbereich der Metallgesellschaft A. G., Frankfurt a. M. Jahrgang 1929.

[Die starke Ausdehnung des Arbeitsbereichs der Gesellschaft, der Ausbau der ihr nahestehenden Metallhütten usw. sowie die Entwicklung eigener Versuchslaboratorien haben die Gesellschaft veranlaßt, ihren Lesern in regelmäßig erscheinenden „Mitteilungen" Teile ihrer Organisation zu beschreiben und ihnen ein Bild ihrer Betätigung auf den verschiedensten Gebieten zu geben. Die neue Publikation soll auch die bekannten „Statistischen Zusammenstellungen" der Metallgesellschaft erweitern. Das hier eingegangene 1. Heft bringt u. a. einen beachtlichen Aufsatz von Dr. H. Fiesel „Einführung der elektrischen Gasreinigung in die europäische Industrie".]

Technik und Wirtschaft der Gemeinde- und Staatsbetriebe. Organ des Verbandes der Gemeinde- und Staatsarbeiter. Berlin, 1929.

[Diese bisher als Beilage zur „Gewerkschaft" herausgegebene illustrierte Monatsschrift erscheint seit Anfang des Jahres als selbständiges Organ im Verlag des genannten Verbandes und soll der technischen und wirtschaftlichen Weiterbildung der Arbeitnehmer in den öffentlichen Betrieben dienen. Sie kann zum Preis von 25 Pf je Monat durch die Post bezogen werden. Die uns vorliegenden ersten Nummern der Zeitschrift, für die als Schriftleiter E. Dittmer zeichnet, enthalten u. a. kurze populäre Aufsätze über Fortschritte im Ausgleich von Belastungschwankungen in der Stromversorgung, die Elektrizität im Gaswerk, Kohlenverflüssigung, die Elektrisierung der Reichsbahn, internationale Stromgemeinschaft und außerdem regelmäßig Notizen aus der öffentlichen Wirtschaft, eine technische Rundschau sowie Buchbesprechungen.]

Elektrische Arbeit. Technische Rundschau und Anzeiger (Trua). Herausgeber: Ing. Gustav W. Meyer, Bodenbach a. Elbe.

[Unter diesem Titel erscheint seit dem 1. IV. die bekannte „Trua", Zeitschrift für die Belange der Elektrizitätsabnehmer und stromverbrauchenden Industrien. Sie ist gleichzeitig amtliches Organ der am 22. IV. gegründeten Deutschen Reichsstelle der Stromabnehmer-Schutzverbände in der Tschechoslowakei geworden.]

Der Hochfrequenzler. Monatschrift f. Licht- u. Strahlenforschung. Herausg. v. Verein f. Licht- u. Strahlenforschung e. V., Sitz Leipzig. Druck u. Verlag von Aug. Klöppel, Eisleben. Preis d. Jahrgangs 3 RM und Porto.

Eingegangene Doktordissertationen.

Martin Erich Bergmann, Die Eisenwärme in elektrischen Kleinstmaschinen. T. H. Breslau 1927.

Kurt Franzke, Über polarisierte Relais in der Telegraphen-Technik. T. H. Danzig 1928.

Herbert Brandes, Elektrolytische Polarisationen aus Anlaß von Kristallwachstumhemmungen. T. H. Berlin 1929.

E. Krohne, Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten unter besond. Berücks. der Fortleitungskosten. T. H. Berlin 1929.

Werner Prietsch, Das Materialproblem innerhalb der Organisation. T. H. Berlin 1928. S. A. aus Werkstattstechn. 1929, H. 11.

[1] H. E. Eisenmenger, Central station rates in theory and practice. Verlag Frederick J. Drake & Co., Chicago 1921.
[2] ETZ 1923, S. 276.
[3] Vgl. ETZ 1927, S. 1450.
[4] Dr.-Ing. G. Siegel, Der Verkauf elektrischer Arbeit. Verlag von Julius Springer, Berlin 1917.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der deutsche Elektrogroßhandel. — Mit Interesse liest man eine Broschüre, in der sich der geschäftsführende Syndikus der Elektro-Großhändler- und Exporteur-Vereinigung Deutschlands e. V. (E.G.V.), Rechtsanwalt H. Stern, über die Entwicklung, das Arbeitsgebiet, spezielle Fragen des Elektrogroßhandels usw. ausspricht, und in der er zunächst feststellt, daß sich sowohl die Elektroindustrie wie der Elektrogroßhandel seit Kriegsende seiner Ansicht nach ganz außerordentlich übersetzt hätten, um so mehr, als die Industrie eines bedeutenden Absatzmarktes, nämlich des Auslands, während des Kriegs ganz verlustig gegangen sei. Unter dieser Entwicklung hätten weniger die Großfirmen als besonders die Spezialindustrie gelitten, die ihre nunmehr jenseits der Grenzen nicht mehr verkäuflichen Erzeugnisse der geschwächten Kaufkraft des Inlands anbieten müsse. Nach einer sorgfältigen Aufstellung beständen auf deutschem Boden ungefähr 570 Großhandlungen in der Elektrotechnik, im Beleuchtungsfach und verwandten Branchen, wovon etwa 250 in der E.G.V. und annähernd die gleiche Zahl im Reichsverband des Beleuchtungs- und Elektro-Großhandels e. V. (R.B.E.) organisiert seien; was das reine Elektrofach angehe, so würden mehr als drei Viertel des Gesamtumsatzes des Elektrogroßhandels durch die E.G.V. vertreten. Der Verfasser bespricht dann den Kampf gegen die Konkurrenz der öffentlichen Hand und das Warenhausproblem, wobei er, was die privatwirtschaftliche Tätigkeit der Elektrizitätswerke betrifft, auf den erfreulichen Fortschritt hinweist, der durch die bekannte Entschließung der V.d.E.W. in Wien von 1928 erzielt worden ist, die zwar die Handels- und Handwerkstätigkeit ihrer Mitglieder nicht ganz verbiete, aber die wesentlichsten Auswüchse beseitigt habe. Dem Gebaren der Warenhäuser gegenüber, neben elektrotechnischen Fertigfabrikaten der Haushaltbranche auch das elektrotechnische Installationsmaterial warenhausmäßig zu vertreiben, dadurch das Preisniveau zu erschüttern und die Bastelei sowie das Pfuschertum in der Installierung zu fördern, ständen Installateure und Großhandel auf dem Standpunkt, daß mit dem Verkauf von Installationsmaterial aller Art das Warenhaus die Grenze dessen überschritten habe, was als Gegenstand seiner Verkaufstätigkeit angesehen werden dürfe. Der Elektrogroßhandel werde keinesfalls Firmen unterstützen, die Warenhäuser beliefern und dazu beitragen, daß die im öffentlichen Interesse unbedingt gebotene Beschränkung des Verkaufs eines technischen Artikels durch technisch geschulte Lieferer an ebensolche Abnehmer aufgehoben werde. Stern äußert sich weiter über die Beteiligung der E.G.V. an den Arbeiten des VDE, wofür erstere einen eigenen technischen Sekretär angestellt habe, der nicht nur in den Hauptausschüssen, sondern auch in den Unterkommissionen und Arbeitsausschüssen die Interessen des Großhandels vertrete. Die Vereinigung fasse ihre Mitarbeit stets so auf, daß sie zwar den maßgeblichen wirtschaftlichen Gesichtspunkten zur Geltung verhelfe, der technische Fortschritt und die Sicherheit der Anlagen jedoch immer in erster Linie als Richtschnur gelten müsse. Es folgen Ausführungen über die Stellung des Elektrogroßhandels zum Lieferanten und über den sogen. Grossistenschutz, eine Frage, die seit Jahren die vornehmste Rolle in den Beziehungen des Großhandels zur Industrie spiele und mit einem Teil der Fabrikanten, insbesondere mit den Eltfabriken bereits befriedigend gelöst sei, ebenso auf dem Spezialgebiet der Glühlampen, wo das internationale Kartell in Deutschland den Großhandelsschutz grundsätzlich durchgeführt habe, wenn er auch bei einigen Glühlampenfirmen tatsächlich nicht vollkommen ausreichend sei. Als besonders interessant bezeichnet der Verfasser die Geschichte der Beziehungen des Großhandels zum Rohr- und Drahtsyndikat (Idig und V.L.G.). Schwierige Verhandlungen, namentlich mit der V.L.G., hätten 1927 zu der Möglichkeit eines für beide Teile annehmbaren Vertragszustandes geführt, zu dem es dann aber wegen Auflösung der V.L.G. nicht mehr gekommen sei. Versuche, angesichts des dann einsetzenden wilden Konkurrenzkampfes gemeinsam mit dem Großhandel wieder ein Kartell aufzubauen, wären bisher gescheitert. Als unverständlich bezeichnet Stern die vollkommene Ausschaltung des Großhandels durch das Zählerkartell, die Ablehnung der Zählerfabriken, sich des Verteilungsapparats des Großhandels, etwa in dem Sinn, wie es die Maschinen- und Apparateindustrie schon seit langem tue, zu bedienen. Wie er im folgenden weiter ausführt, lasse sich ein Preiskartell oder gar ein Syndikat nur dann aufrecht erhalten, wenn den Erzeugern scharf umrissene Gruppen von Abnehmern gegenüberständen, die wirtschaftlich so klar umgrenzt seien, daß weder der Abnehmer in Versuchung komme, für sich eine günstigere Preislage herauszuhandeln, noch der Lieferant, die eigenen Kartellbestimmungen zu umgehen. Die Kräftigung der Grossistenorganisationen liege ebenso wie die der entsprechenden Organisationen des Installateurgewerbes und Einzelhandels auch im Interesse der Industrie, sie lasse sich aber nur erreichen, wenn die Lieferanten dazu beitrügen, daß allmählich keine nennenswerte Firma des Berufsstandes sich der Abnehmerorganisation entziehe. Im Bereich des Rundfunks, wo der handwerksmäßige Vertrieb zurücktrete und der kaufmännische Einzelhandel die Regel sei, habe von vornherein das Bestreben eingesetzt, den Großhandelsstand ordnungsmäßig abzugrenzen. Eine Interessengemeinschaft des deutschen Funkhandels hätte damals neben der Vertretung der Abnehmerinteressen als erste die überaus schwierige Aufgabe übernommen, auf dem gewaltigen neuen Gebiet eine ordnungsmäßige, jeder Kritik standhaltende Grossistenliste anzulegen, die nunmehr gebrauchsfertig vorliege. Die Industrie sei gewissen teils technischen, teils wirtschaftlichen Aufgaben dieser Interessengemeinschaft nähergetreten und es habe sich unter Zuziehung sogar der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft eine lose Interessengemeinschaft des Funkgewerbes gebildet, in der wichtige gemeinschaftliche Fragen des neuen Gebiets erfolgreich durchberaten und durchgeführt worden seien. Weitere Abschnitte der Broschüre behandeln u. a. das Verhältnis des Großhandels zu den Abnehmern, seine Funktion als Lagerhalter und Kreditgeber, welch letztere Stern geradezu als handwerkerhaltend bezeichnet, die nur ein kapitalstarker Großhandel auszuüben vermöge, die Gemeinschaftsarbeit mit den Installateuren, die Einkaufsvereinigungen der Abnehmer usw. Schließlich weist der Verfasser nach eingehender Besprechung verschiedener innerer Großhandelsfragen, wie der Rationalisierung der Lagerhaltung, der Unkosten, die im Mittel etwa 18 % betragen, des Einkaufs und der Preisbildung, darauf hin, daß sich der Elektrogroßhandel infolge einmal der Nöte unserer Gesamtwirtschaft, sodann seiner speziellen Stellung zwischen einer viel gegliederten, z. T. überaus kapitalstarken Industrie und einer von unten her immer lebhafter andrängenden organisationsbereiten Abnehmerschaft in einer schweren Krisis befinde, aus der er aber um so stärker, einiger und gefestigter hervorgehen werde, je lückenloser seine Reihen in der E.G.V. seien.

Der Elektroaußenhandel Belgiens. — Wir entnehmen der El. Review[1] folgende Mengenangaben, die zeigen, daß die Einfuhr des Königreichs 1928 gegen das Vorjahr durchweg gestiegen ist, u. zw. bei Dynamos um 1178, bei Isolatoren um 593 und bei nicht näher bezeichneten elektrischen Vorrichtungen um 945 t. Die Generatoren hat Belgien hauptsächlich aus Frankreich und Deutschland, Akkumulatoren und elektrotechnische Kohlen von den V. S. Amerika, Kabel und Metalldrahtlampen aus Holland und Deutschland, Meßinstrumente aus der Schweiz und Deutschland bezogen, während Frankreich den Hauptteil der nicht spezifizierten Waren lieferte. Die Ausfuhr ist im Vergleich zu 1927, wenn man von Dynamos und Isolierrohren absieht, ebenfalls gewachsen. Hauptabnehmer für Stromerzeuger waren England und Holland, für Akkumulatoren Argentinien, für Kabel England und Deutschland, für Telegraphen- und Fernsprechapparate Frankreich und Mexiko; Isolierrohre hat Belgien vorwiegend nach Ägypten und nicht näher bezeichnete Erzeugnisse nach dem Kongo und Holland versandt.

Erzeugnisse	Einfuhr in t		Ausfuhr in t	
	1928	1927	1928	1927
Dynamomaschinen	3 773	2 595	2 600	3 064
Akkumulatoren, Trockenbatterien	560	411	850	745
Meßinstrumente und Teile solcher	255	226	34	27
Metalldrahtlampen	397	102	99	75
Isolatoren aus Porzellan, Glas usw.	1 065	472	122	99
Isolierrohre	385	152	411	446
Telegraphen- und Telephonapparate	205	138	2 654	2 585
Funkröhren	16	5	—	—
Nicht näher bezeichnete Vorrichtungen	2 816	1 871	1 202	966
Elektrotechnische Kohlen	434	346	—	—
Isolierte Drähte und Kabel	1 088	926	10351	7 558

[1] Bd. 104, 1929, S. 581.

Abschluß des Heftes: 5. Oktober 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

.HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
(09–1540)
17. OKTOBER 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 17. Oktober 1929 | Heft 42

Die Entwicklung der elektrischen Fernmessung*.

Von Prof. Dr.-Ing. G. Keinath, Berlin.

Übersicht. Der Vortrag schildert die Entwicklung der Fernmessung, wie sie für die Betriebsführung von Elektrizitätswerken verwendet wird. Nach einer Aufstellung der Anforderungen an die elektrische Fernmessung werden die wesentlichen Meßverfahren kurz beschrieben. Die größte Bedeutung haben die Impulsmethoden erlangt, weil bei ihnen der Leitungszustand die Messung nicht beeinflußt. Zum Schluß werden die Verfahren zur Fernsummierung an Hand von Schaltbildern kurz geschildert und auf eine interessante große Fernmeßanlage der BEWAG hingewiesen.

Geschichtliche Entwicklung der Fernmessung.

Den ersten Anstoß zu einer Entwicklung der Fernmessung in größerem Maßstabe hat wohl Oskar von Miller im Jahre 1919 gegeben, als er die deutschen Elektrofirmen aufforderte, Einrichtungen zu schaffen, mit denen die Zentral-Kommandostelle in Karlsfeld die Energiewirtschaft des gesamten Bayernwerkes überwachen sollte. Die Aufgabe war für den damaligen Stand der Technik zu schwierig, sie konnte zunächst nicht ausgeführt werden, sie geht aber jetzt in ähnlicher Weise, wie es damals von O. v. Miller angeregt wurde, der Vollendung entgegen. In den V. S. Amerika hat man entsprechend den größeren Entfernungen der Fernmessung schon seit Jahren mehr Beachtung geschenkt. Es sind nach den verschiedensten Systemen, von denen noch die Rede sein wird, Fernmeßeinrichtungen auch für Entfernungen von mehreren 100 km schon seit einer Reihe von Jahren im Betriebe[1]. Mit der zunehmenden Zusammenschließung der Elektrizitätswerke ist die Fernmessung eine Frage allgemeiner Bedeutung geworden[2], und man hat ihr in den letzten Jahren von den verschiedensten Seiten sehr viel Entwicklungsarbeit gewidmet. Wenn es sich zunächst nur um Einzelübertragung gehandelt hat, so wurden die Anlagen doch mit der Zeit immer größer und verwickelter und es sind auch heute schon Anlagen in Betrieb genommen worden, um auf einer einzigen Leitung eine Anzahl von Meßgrößen zu übertragen. Die Anforderungen bezüglich der Übertragungslänge — ursprünglich nur einige Kilometer — sind bis auf 500, sogar 1000 km gewachsen.

Anforderungen an die Fernmessung.

Wenn gefragt wird, wo eigentlich der Begriff der Fernmessung anfängt, so kann darauf gesagt werden, daß man von Fernmessen spricht, wo besondere Maßnahmen notwendig sind, also andere als einfach die Verlängerung der Leitungen oder Verminderung des Sekundärstromes eines Stromwandlers von 5 A auf 1 A.

Zur Übertragung kommen bzw. verlangt wird:

1. Momentanwerte von Strom, Spannung, Wirkleistung, Blindleistung, Scheinleistung, Leistungsfaktor, Frequenz, Länge (Pegelstände), Druck, wobei die Richtung der Meßgrößen wechselt und sowohl anzeigende als auch schreibende Fernmessung verlangt wird;
2. Summierung mehrerer Momentanwerte, die an verschiedenen Stellen gemessen werden;
3. Vielfachfernmessung auf einem einzigen Leitungskanal zum Zwecke der Ersparnis teurer Leitungen;
4. Fernzählung (Fernzifferblatt) und Fernsummierung nach einem Maximumtarif (Höchstlast-Anzeiger).

Die verlangte Genauigkeit ist ganz und gar verschieden, je nach dem Verwendungszweck. Wenn es sich nur darum handelt, für die Zwecke der Lastverteilung fernzumessen, so wird eine erzielte Genauigkeit von 3 %, u. U. sogar ± 5 % ausreichend sein. Sobald es sich aber darum handelt, eine Leistungsangabe auf einem bestimmten Grenzwert zu halten, wenn beispielsweise eine verabredete Grenze weder über- noch unterschritten werden soll, so muß man mit der Fernmessung auf möglichst 1 % genau messen können. Bei der Fernzählung wird viel höhere Genauigkeit verlangt, weil dabei ein Verkauf von Elektrizität stattfindet. Es müssen dabei die gesetzlichen Vorschriften eingehalten werden und es können nur solche Einrichtungen in Frage kommen, die nach ihrem Prinzip und ihrer Ausführung sozusagen eine hundertprozentige Sicherheit gewährleisten.

Als Übertragungsmittel kommen besondere Meßleitungen nur bei relativ kleinen Entfernungen in Frage. In den meisten Fällen soll die Fernmessung auf Fernsprechleitungen ausgeführt werden, entweder Freileitungen oder Kabeln, wobei die Forderung gestellt ist, daß gleichzeitig mit dem Fernmessen auch noch gesprochen werden kann. Es sind hier umfangreiche Schutzmaßnahmen notwendig, um die Beeinflussung der Messung durch Induktionsstörungen auszuscheiden, ferner auch um Gefahren, die aus dem gleichen Grunde für die Apparate und für die Menschen bestehen, unschädlich zu machen; anderseits darf aber auch die Fernmessung wieder nicht die Verständigung auf den Fernsprechleitungen stören. In der letzten Entwicklung bedient sich die elektrische Fernmessung der leitungsgerichteten Hochfrequenztelephonie, der sog. „EW.-Telephonie", wobei auch hier wieder die Forderung gestellt wird, daß der Übertragungskanal nicht nur für die Fernmessung sondern auch für Fernsprechen bzw. Fernzählen oder für die Fernsteuerung von Ölschaltern oder von Generatoren verwendet wird.

Die Kosten der Fernmessung setzen sich im wesentlichen aus zwei Komponenten zusammen: aus den Kosten der Apparate und denen der Leitungen. Bei kleinen Entfernungen von wenigen Kilometern sind die Apparatekosten ausschlaggebend, in roher Annäherung kann gesagt werden, daß die billigsten Einrichtungen für Sender und Empfänger zusammen etwa 800 RM kosten, die teuersten im Handel befindlichen etwa 3000 RM. Die Preise erhöhen sich ganz erheblich, wenn Hochfrequenzübertragung in Frage kommt, es kann aber dann die Einrichtung in der Regel sowohl zum Fernsprechen als auch zum Fernmessen gleichzeitig verwendet werden. Die Leitungskosten sind außerordentlich verschieden. Wenn ein besonderes zweiadriges Kabel gelegt werden muß, so hat man mit etwa 1000 RM/km zu rechnen, die Verlegungskosten ungerechnet. Die Kosten werden wesentlich niedriger, wenn man aus einem normalen Vielfach-Fernsprechkabel mit 20 ... 80 Adern ein Aderpaar benutzen kann. Man kommt dann auf etwa 100 ... 150 RM/km. Aber auch hier ist bereits festzustellen, daß für Entfernungen von nur 10 km ein Leitungspaar viel teurer ist als die Sende- und Empfangsapparate. Die Miete eines Aderpaares aus dem Fernsprechnetz der Reichspost wird mit jährlich 60 RM/km berechnet, für 100 km entstehen also bereits 6000 RM jährliche laufende Kosten. Bei großen Entfernungen wird man immer von selbst darauf kommen, daß beim Übertragen mehrerer Meßgrößen eine Vielfachübertragung auf nur einem Aderpaar stattfinden muß. Wenn es sich nur um eine einzige

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 26. II. 1929. Besprechung auf S. 1536 dieses Heftes.

[1] Bericht des Sonderkomitees des A. I. E. E. für Fernmessung. J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 603.

[2] Sächsische Werke AG., Die Bedeutung der Fernmessung. Elektrizitätswirtsch. Bd. 27, S. 12.

Meßgröße handelt, so kann man diese in verhältnismäßig einfacher Weise auf vorhandenen, im Betrieb befindlichen Fernsprechleitungen übertragen, ohne daß die Verständigung gefährdet wird und ohne daß besondere Mittel aufgewendet werden müssen. Wenn man auch immer an Leitungen sparen wird, so soll dieses Bestreben nicht so weit gehen, daß man die Erde als Rückleitung verwendet, davon ist in jedem Falle abzuraten.

Der Widerstand der Leitungen ist bei sehr vielen Meßverfahren von Bedeutung für die Genauigkeit und die Ausführbarkeit der Übertragung. Bei dem normalen Fernsprechkabel mit Kupferdraht von 0,8 mm Dmr. beträgt der Widerstand einer Doppelleitung etwa 80 Ω/km, bei 200 km kommen wir also auf 16 000 Ω. Die maximal zulässige Spannung in einem solchen Kabel ist 60 V. Bezüglich des Isolationswertes ist zu sagen, daß die Kabelfabriken heute als Mindestwert etwa 500 MΩ/km garantieren, bei 200 km kommt man ohne Endverschlüsse auf einen Isolationswert von 2,5 MΩ. Dieser Widerstand wird bei allen Intensitätsübertragungen in um so höherem Maße in die Erscheinung treten, je höher der Widerstand der Meßeinrichtung ist, d. h. mit je geringerem Arbeitsstrom sie betrieben wird. Von größerer Bedeutung als die eigentliche Kabelisolation ist die Isolation der Endverschlüsse, die in ganz unkontrollierbarer Weise schlecht sein kann, so daß sich dafür keine Zahlenwerte angeben lassen.

Als erstrebte Eigenschaften eines Fernmeßverfahrens sind zu nennen:

1. Unabhängigkeit vom Widerstand und Isolationswert der Leitung, also auch Unabhängigkeit von Temperatureinflüssen auf die Leitung sowie auf Sender und Empfänger;
2. möglichst keine Hilfsspannung; wenn doch eine solche verwendet wird, Unabhängigkeit von der Höhe der Hilfsspannung;
3. möglichst keine Intensitätsübertragung, also möglichst Null- oder Impulsmethoden;
4. möglichst einfache Einrichtungen, die sich zur Summierung eignen.

Es gibt kein Verfahren für elektrische Fernmessung, bei dem alle diese Forderungen erfüllt sind, es müssen die Vor- und Nachteile eines jeden Verfahrens im Einzelfall abgewogen werden, es muß gefordert werden, daß eine Fernmeßeinrichtung praktisch, billig und vor allem kombinationsfähig ist, so daß Summationen und Rückmeldungen einfach auszuführen sind.

Meßverfahren.

Es soll zunächst eine Übersicht über die zur Anwendung kommenden Meßprinzipien gegeben werden, im Anschluß daran die Meßsysteme zur Summierung und Vielfachfernmessung ganz kurz erläutert werden.

1. Induktive Übertragung der Zeigerstellungen.

Dieses Verfahren ist von der General Electric Co., Schenectady, als Selsyn-System seit einer Reihe von Jahren in Verwendung[3]. Es besteht aus einem Wechselstrommotor mit einem Dreiphasen-Stator und einem Einphasen-Rotor. Die Batterie des Senders und des Empfängers werden von der gleichen Drehstromspannung erregt. Wird der Rotor des Sendeinstrumentes verdreht, so dreht sich mit ihm auch der Rotor des Empfangsinstrumentes. Die Einrichtung ist außerordentlich robust, erfordert allerdings große Richtkräfte im Sender und ist nur für Entfernungen bis zu mehreren Kilometer anwendbar. Die Firma Trüb, Täuber & Co. hat ein verfeinertes Meßverfahren dieser Art herausgebracht[4], im wesentlichen ein Induktions-Elektrodynamoter mit einphasigem Stator, am Sender und Empfänger auch von einer gemeinsamen Spannung erregt, mit einer Drehspule im Sender und Empfänger. Auch dieses System ist nur zur Übertragung über einige Kilometer geeignet. Der Leitungswiderstand darf maximal etwa 300 Ω betragen. Die Spannung ist ohne Einfluß auf die Anzeige, mit ihr ändert sich allein das Drehmoment der Empfangsinstrumente.

2. Verfahren mit Hilfsspannung.

Es existiert eine große Anzahl derartiger Meßverfahren[5], die alle dadurch gekennzeichnet sind, daß eine Hilfsbatterie die Größe des Zeigerausschlags durch einen Widerstand beeinflußt, so daß dann eine Spannung oder ein Strom mit einem Gleichstrominstrument ferngemessen wird. Die bekanntesten Ausführungen dieser Art sind die Widerstandswalze von Hartmann & Braun, wie sie vielfach zur Fernmessung mit Meßgeräten der Wärmewirtschaft angewendet wird. Wesensgleich, aber in der Bauweise verschieden ist der Ringrohrgeber, den Siemens & Halske herstellen; in beiden Fällen muß das Meßwerk unmittelbar die Widerstandswalze bzw. das Ringrohr bewegen, um den in den Meßkreis eingeschalteten Widerstand zu ändern. In der Ausführung mit Kreuzspulinstrument sind diese Systeme unabhängig von der Höhe der Hilfsspannung.

Das von Siemens & Halske vor einigen Jahren entwickelte Doppelfallbügel-Potentiometer[6] war gedacht für Meßwerke, die zu schwach waren, um ein Ringrohr zu bewegen, und wo die dem Ringrohr aufgedrückte Spannung von maximal etwa 4 V zur Überbrückung der Entfernung nicht ausreichte. Es kommen Spannungen bis etwa 20 V zur Anwendung. In England und Amerika sind eine große Anzahl von Potentiometerschaltungen entwickelt worden, die selbsttätig arbeiten und bei denen der Leitungswiderstand nach dem Grundprinzip der Anordnung ohne Einfluß auf die Anzeige des Empfangsinstrumentes ist. Ein Instrument dieser Art, der Midworth Distant Repeater, von Evershed & Vignoles gebaut[7], von der Fa. D. Bercovitz & Sohn zur Verfügung gestellt, wurde vorgeführt, ebenso eine Anordnung von Hartmann & Braun, gleichfalls ein selbsttätiges Potentiometer mit einer sehr originellen Anordnung für die selbsttätige Einstellung[8]. Systeme dieser Art können auf Entfernungen von 50 km, gegebenenfalls noch bis zu 100 km bei einwandfreiem Leitungszustand arbeiten.

3. Umformung der Meßgröße in Gleichstrom.

Da Gleichstrominstrumente außerordentlich viel empfindlicher sind als solche für Wechselstrom, liegt es nahe, die zur Übertragung bestimmten Meßgrößen in eine Gleichspannung oder in einen Gleichstrom umzuformen. Die einfachste Anordnung besteht in der Verwendung von Gleichrichtern. Trockengleichrichter[9] sind bisher nicht zur Anwendung gekommen, obwohl sie zur Fernübertragung von Stromstärken sehr zweckmäßig erscheinen, wenn sie auch wie alle Gleichrichter den Nachteil haben, daß ihre Angaben nicht dem Effektivwert sondern dem arithmetischen Mittelwert der Stromkurve entsprechen, so daß bei Änderung der Wellenform auch Änderungen der Anzeige eintreten. Für reine Sinuswellen ist der Korrektionsfaktor 1,11 *[9a]. Die Gen. El. Co. hat neuerdings eine Gleichrichteranordnung mit Glühkathodengleichrichtern für größere Entfernungen durchgebildet[10]. An Stelle der unmittelbaren Gleichrichtung kann auch ein Thermoumformer verwendet werden, eine Einrichtung, die nach dem Vorschlag von Fawsett seit 1922 von der Cambridge Instrument Co. gebaut wird[11]. Es handelt sich dabei um eine Verbesserung der bekannten Thermokreuze, die ohne weiteres zur Umformung von Wechselstrom und Wechselspannungen in Gleichspannung geeignet sind, in der Schaltung des Hitzdrahtwattmeters auch zur Umformung von Leistungen. Die erzeugte EMK ist maximal nur 40 mV; unter Verwendung der hochempfindlichen Pyrometerinstrumente kann man damit im äußersten Falle Entfernungen von 5 ... 10 km überbrücken. Durch Vorschalten geeigneter Wandler kann diese Einrichtung auch kurzschlußfest gemacht werden. Das Verfahren ist, soweit dem Verfasser bekannt, nur bei einer englischen Gesellschaft, der Newcastle on Tyne Co., im Gebrauch.

Die wichtigste Gruppe von Fernmeßgeräten, bei denen die Meßgröße in Gleichstrom umgeformt wird, ist die mit Motorumformern, in Deutschland bekannt als Telewattsystem. Schon im Jahre 1904 hat Duncan den Vorschlag gemacht [12], die Leistungsummierung mehrerer asynchron laufender Generatoren in der Weise auszuführen, daß man mit den Wechselstromzählern kleine Gleichstromgeneratoren kuppelt und diese dann zur Anzeige, zur Registrierung oder zur Zählung in Reihe schaltet. Eine praktische Anwendung in den V. S. Amerika ist nicht bekannt geworden. Im Jahre 1924 hat dann die Cie. pour

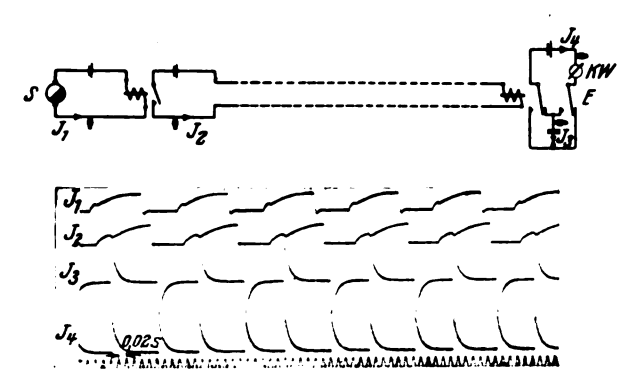
[3] Nock u. Edgerly, Gen. El. Rev. Bd. 27, S. 758.
[4] Täuber-Gretler, Schweiz. Techn. Z. Bd. 25, S. 273 u. 281.
[5] Keinath, Technik elektrischer Meßgeräte, 3. Aufl., Bd. 2, S. 166 bis 185.

[6] Schleicher, Siemens-Z. Bd. 7, S. 422.
[7] Bercovitz, Elektro-Journ. Bd. 8, S. 61.
[8] Palm, El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 863.
[9] Grondahl u. Geiger, ETZ 1927, S. 1738. — Irion, Siemens-Z. Bd. 8, S. 293.
*[9a] Nachtrag bei der Korrektur: Nach einer neuen Veröffentlichung (R. J. Wensley, The Electric Journ. Bd. 26, S. 329) werden Trockengleichrichter, an die Sekundärseite von Stromwandlern angeschlossen, in steigendem Maße mit bestem Erfolge besonders zur Vielfach-Fernmessung in den V. S. Amerika benutzt.
[10] Linder, Stewart, Rex u. Fitzgerald, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 181.
[11] Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 4, S. 88.
[12] USA-Patent 768 934 vom 6. VI. 1904.

la fabrication des Compteurs das gleiche Verfahren für die Fernmessung von Leistungen u. dgl. angemeldet[13]; etwa zwei Jahre später wurde das Verfahren bei der Aron-Gesellschaft nach den Angaben von Stern[14] durchgebildet und ist vielfach zur Anwendung gekommen. Die einfachste Anordnung besteht darin, daß auf der gleichen Achse mit dem Wechselstromzähler ein Amperestundenzähler mit Spezialwicklung als Gleichstromgenerator läuft. Die erzeugte Spannung ist proportional der Drehzahl, also auch proportional der Leistung und beträgt maximal 1000 mV, wenn man einen Zähler mit anomal hoher Drehzahl verwendet. Unter Benutzung der bereits erwähnten Pyrometerinstrumente, die einen Widerstand bis zu 20 Ω/mV haben, kann man mit diesem System Entfernungen von 20 ... 50 km überbrücken, entsprechend einem Leitungswiderstand von 1600 ... 4000 Ω, auch Registrierapparate der Fallbügeltype anschließen.

4. Umformung der Meßgröße in eine langsame Impulsfolge.

Die vorher beschriebenen Verfahren sind grundsätzlich alle abhängig von dem Widerstand der Leitung, während im Gegensatz dazu alle Verfahren, die allein mit Stoßimpulsen die Übertragung bewerkstelligen, nicht davon abhängig sind. Die einfachste Anwendung ergibt sich



J_1 Batteriestrom am Sender. Die Zacken rühren vom Anzug des Ankers am Senderelais her
J_2 Verlauf der Impulse auf der Fernleitung. Der Strom setzt ein bei dem Anziehen des Ankers in der J_1-Kurve, fällt später als J_1 auf Null
J_3 Lade- und Entladestrom des Kondensators, setzt ein beim Anzug und nach dem Abfall des Senderelais
J_4 Stromverlauf im Gleichstrom-Anzeigeinstrument
Darunter eine mit 50 Hz geschriebene Zeitlinie

Abb. 1. Impulsfrequenz-Fernmessung. Verlauf der Ströme.

für die Fernzählung ohne Zeiteinschnitte, d. h. die Anbringung eines Fernzifferblattes für einen Geberzähler. Hier können die Impulse in einer sehr weiten Folge gegeben werden, weil die Ablesung des Zählers nicht in kürzeren Zeitabschnitten als in einem Tag gewünscht wird. Es reicht dazu bei Höchstlast eine Impulsgabe alle 15 ... 20 s. Man kann diese Kontakteinrichtungen am Zählwerk anbringen und sehr kräftig gestalten. Die Sangamo Co. in Illinois baut seit einer Reihe von Jahren derartige Fernzählwerke, die mit Gleichstromimpulsen arbeiten und mit Nebenuhrwerken, bei denen ein beweglicher Anker bei jedesmaliger Umpolung um einen Schritt weiterschaltet. Die Einrichtung ist (in einer sinngemäßen Weise) auch für Wechselstrom durchgebildet worden, auch unter Anwendung eines Fortschaltwerkes unter wechselweiser Verstärkung und Schwächung zweier Hilfspole.

Mehr Bedeutung hat die Impulsfolge, wenn die Angaben von Maximumzählern übertragen werden sollen, also die Summe von Kilowattstunden über einen Zeitraum von 15 ... 30 min. Hier ist die Einrichtung grundsätzlich die gleiche, das Impulsintervall muß aber kleiner sein, es beträgt üblicherweise 5 ... 10 s. Man erhält dann eine Mittelwertanzeige der entnommenen Leistung über das Registrierintervall. Je kleiner man dieses nimmt, um so näher kommt man dem Momentanwert, und es bereitet grundsätzlich keine Schwierigkeiten, die Mittelwertanzeige schon über 5, 3 oder 1 min erfolgen zu lassen. Fern-Maximumzähler dieser Art sind in den V. S. Amerika sowohl von der Sangamo Co. als auch von der Westinghouse Co. und der General Electric Co. vielfach in Anwendung[15], in Deutschland haben die SSW das Verfahren durchgebildet.

Wesensverwandt mit der Übertragung des Viertelstunden-Maximums ist das Impulszeitverfahren, das von den Deutschen Telephon-Werken entwickelt wurde[16] und nach dem auch die AEG ihr Fernmeßverfahren durchbildet. Das Impulszeit-Verfahren beruht darauf, daß der Winkelausschlag eines Zeigerinstrumentes abgetastet wird und daß die Zeit, die notwendig ist für eine gleichmäßige Bewegung des Schleppzeigers vom Nullpunkt bis zum Instrumentzeiger, in eine Impulsdauer umgesetzt wird, die mit einem synchron laufenden Empfänger wiederum zu einem Zeigerausschlag umgewandelt wird. Die Umlaufzeit des Abtastzeigers beträgt etwa 5 s, sie kann gegebenenfalls auf 2 s herabgesetzt werden. Wie man sieht, ist auch dieses Verfahren vollkommen unabhängig vom Widerstand des Leitungskanals und von der Höhe der Hilfsspannung. Da es nach der Start-Stop-Methode arbeitet und nach jeder Übertragung der Anfangspunkt der synchron laufenden Zeiger richtiggestellt wird, so ist kein absoluter Synchronismus zwischen den beiden Zeigern notwendig, die Differenz der Drehzahl geht lediglich als Meßfehler in die Anzeige ein. Man muß allein dafür Sorge tragen, daß die Drehzahl nicht unter ein gewisses Maß sinkt, denn in diesem Falle würden Geber und Empfänger vollkommen außer Tritt fallen.

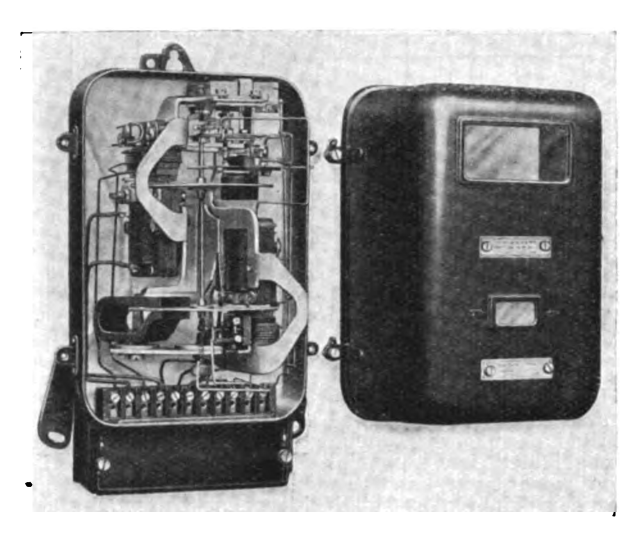


Abb. 2. Impulsfrequenz-Fernmessung. Sendezähler für Drehstrom mit Kontakteinrichtung (S & H).

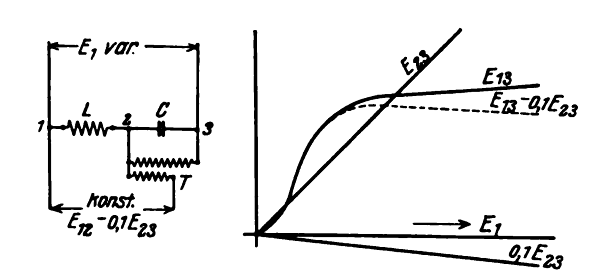


Abb. 3. Konstant-Spannungsschaltung zur Speisung des Trockengleichrichters.

Konstruktiv wesentlich einfacher ist das Verfahren, bei dem die zu übertragende Meßgröße in eine Folge von Impulsen umgesetzt wird. Den ersten diesbezüglichen Vorschlag hat wohl der Verfasser im Jahre 1921 gemacht[17]. Er hat damals vorgeschlagen, Morsezeichen proportional der zu übertragenden Leistung zu erzeugen, gegebenenfalls mit Hochfrequenz zu übertragen und an der Empfangstelle einen Frequenzmesser vorzusehen. Einrichtungen dieser Art sind von der Westinghouse Co. wesentlich später in Amerika gebaut worden, sie sind wegen der

[13] Franz. Patent 585 292 vom 18. VII. 1924.
[14] Engl. Patent 302 396 vom 16. IX. 1927; ETZ 1928, S. 282 u. 1326.
[15] J. J. Linebaugh, Gen. El. Rev. Bd. 23, S. 292. — Stanley u. Nelson, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 262.
[16] Wilde, Elektrizitätswirtsch. Bd. 27, S. 81.
[17] Technik elektrischer Meßgeräte, 1. Aufl., S. 304.



Umformung der Leistung in Frequenzimpulse über ein Kontaktinstrument und über einen Hilfsgenerator zu umständlich.

Neuerdings sind noch andere Frequenzverfahren angewendet worden, u. zw. arbeitet eine Fernmessung von Eschwege nach Hersfeld[18] so, daß das Geberinstrument einen sehr kleinen Drehkondensator betätigt, der in einem Schwingungskreis liegt und über eine konstante Frequenz eine variable Frequenz lagert. An der Empfangstelle wird mit dieser Einrichtung, die bereits im Jahre 1922 von Telefunken angegeben worden ist[19] entsprechend einem Patent

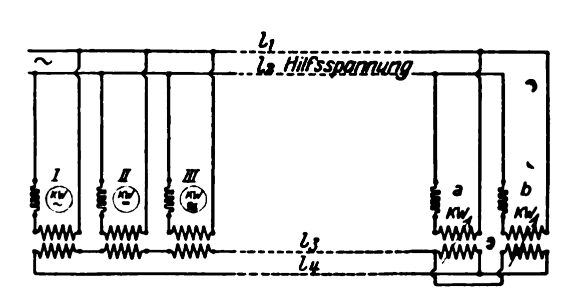
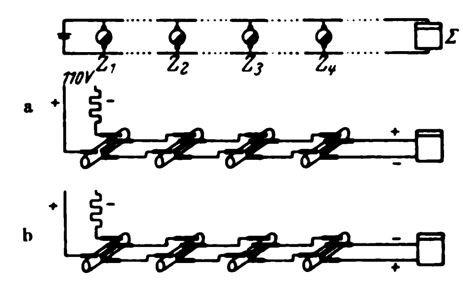


Abb. 4. Summen-Fernmessung mit Induktionsgebern; vier Leitungen zwischen den Sendern und den Empfängern. (Trüb, Täuber & Co.)

von Dr. E. Huth, ein rotierender Drehkondensator in Verbindung mit einer Heliumröhre als Anzeigeinstrument benutzt. Auch die General Electric Co. hat ein hinsichtlich der Geberanordnung ganz ähnliches Verfahren durchgebildet[20] und es scheint, daß auch dieses in Amerika zur Anwendung kommt. Das Unangenehme bei allen diesen Frequenzverfahren ist bei Hochfrequenzübertragung, daß es mit einem mehr oder weniger breiten Frequenzband arbeitet, so daß es den Übertragungskanal mehr beansprucht, als es andere Systeme tun, die nur mit einer einzigen konstanten Frequenz, z. B. 100 Hz, auskommen.



Rechts ist das Summierwerk, das auf jede Stromwendung weiterschaltet. Die Sendezähler Z_1, Z_2, Z_3 haben Kommutierungs-Einrichtungen, die alle parallel an der gemeinsamen Spannung liegen. Im Bild b hat Z_3 einen Impuls gegeben.

Abb. 5. Summierschaltung für Sangamo-Fernzähler mit gepolten Klinkwerken.

Dies ist der Fall bei dem reinen Impulsfrequenz-Verfahren, das Smith[21] im Jahre 1924 bei der Westinghouse Co. entwickelt hat und bei dem zur Erzeugung der Impulse an Stelle der verwickelten Einrichtung, die von dem Verfasser vorgeschlagen und unabhängig davon bei der Westinghouse ausgeführt wurde, ein Zähler verwendet wird, der auf der Achse eine Kontakteinrichtung hat, die mit Hilfe einer Batterie bei jeder Umdrehung einmal oder mehrmals einen Stromstoß in die Leitung gibt. Die Umformung dieser Stromimpulse an der Empfangsstelle in einen stetigen Zeigerausschlag erfolgt in einer eigenartigen Weise, die in Deutschland von Burstyn schon durch das DRP. 239 123 vom 24. IX. 1910 für einen Geschwindigkeitsmesser angegeben worden ist. Abb. 1 zeigt die gesamte Anordnung, wobei noch die zweckmäßige Vorkehrung getroffen worden ist, den Kollektor der Sendeeinrichtung durch Verwendung eines Zwischenrelais zu entlasten und auch an der Empfangstelle die einzelnen Impulse zunächst durch ein hochempfindliches Telegraphenrelais aufzunehmen und erst so weit zu verstärken, bis das Umschaltrelais gesteuert werden kann.

[18] Vgl. ETZ 1929, S. 165.
[19] DRP. 353 349 vom 2. I. 1922.
[20] Wie Fußnote 10.
[21] B. H. Smith, The Electric Journ. Bd. 21, S. 219.

Die Zahl der Impulse in der Zeiteinheit ist bei den verschiedenen Einrichtungen bei der Höchstlast 2 ... 6 in der Sekunde. Abb. 2 zeigt den nach diesem Verfahren entwickelten Sendezähler der Siemens & Halske AG.[22]. Die Gen. El. Co.[23] verwendet an Stelle der Kondensator-Empfangschaltung einen eigenartigen Relaismotor, der sich dauernd zu drehen sucht, bei dem aber jeder ankommende

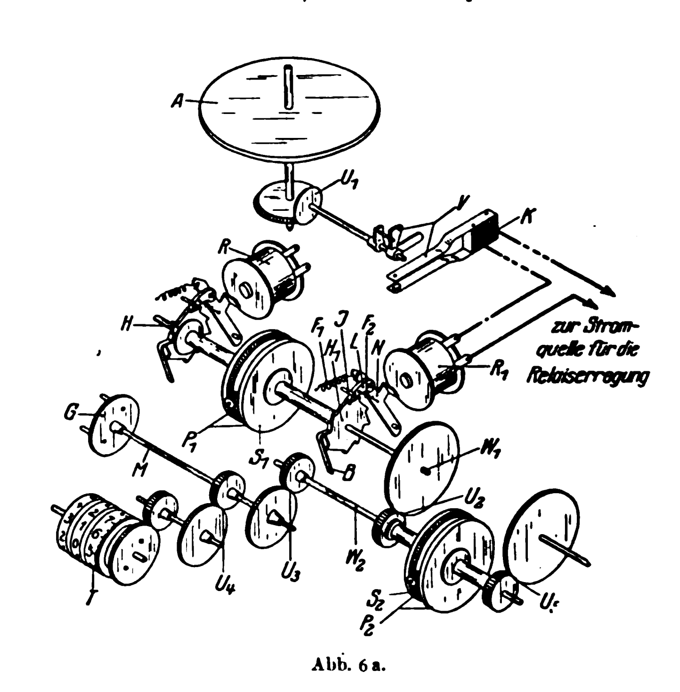


Abb. 6 a.

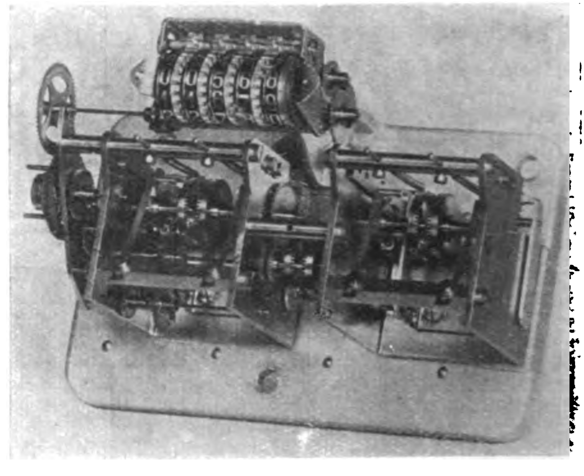


Abb. 6 b.

Der eine Sendezähler A gibt bei K Stromimpulse, die das Relais R_1 veranlassen, das vor ihm liegende Klinkwerk weiterzuschalten, dabei das Sonnenrad S_1 zu drehen. Auf das zweite Sonnenrad des Planetengetriebes wirkt das von einem zweiten Zähler gesteuerte Relais. Das Planetenrad P_1 überträgt durch eine hohle Welle alle Impulse auf das Rad W_1 und weiter auf das Zifferwerk. $S_2 P_2$ ist ein weiteres Planetengetriebe zum Anschluß von zwei weiteren Geberzählern.

Abb. 6. Summierungs-Maximumzähler der Siemens-Schuckertwerke mit Pyramidenrelais.

Impuls immer nur eine einzige Umdrehung freigibt. Durch ein elastisches Zwischengetriebe, Verwendung einer großen Schwungmasse, wird dann diese diskontinuierliche Umdrehung in eine konstante Umdrehung verwandelt und nach Art eines Wirbelstromtachometers in einen konstanten Zeigerausschlag mit einem sehr hohen Drehmoment (200 cmg) umgewandelt. In dieser Ausführung ist die Anzeige des Empfängers unabhängig von der Höhe einer Spannung an der Gebe- und Empfangstelle. Um die Aufstellung von Konstantbatterien an der Empfangstelle in

[22] Schleicher, Siemens-Z. Bd. 9, S. 157.
[23] Wie Fußnote 10.

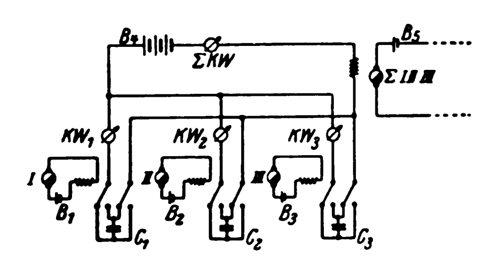
der Schaltung nach Abb. 1 zu ersparen, werden neuerdings von Siemens & Halske an Stelle der Batterien Protos-Trockengleichrichter verwendet mit einer Konstantschaltung, die in Abb. 3 gezeigt ist[24] und auf der Gegenschaltung einer Kondensatorspannung zu der einer gesättigten Drossel beruht.

Registrierung.

Fast alle Arten der Fernmessung können auch mit Registrierung geliefert werden, die Art der Schrift ist indessen abhängig von der Höhe der ankommenden Leistung. Beim Telewattsystem ist es nur möglich, mit Punktschreibern zu arbeiten, während das Impulszeitsystem und das Impulsfrequenzsystem mit Tintenschreibern geliefert werden können. Die Art der zu übertragenden Meßgröße kann bei fast allen Fernmeßsystemen eine beliebige sein. Es sei hier beispielsweise erwähnt, daß für das Telewattsystem ein $\cos\varphi$-Zähler entwickelt worden ist[25], dessen Drehzahl proportional dem Leistungsfaktor ist. Ferner ist es auch mit den meisten Fernmeßverfahren möglich, Plus-Minus-Größen zu übertragen; es ist dies fast immer nur eine Frage der Skala. Bei dem Impulsfrequenzverfahren sind verschiedene Wege möglich. Der eine davon ist der, daß positive und negative Gleichstromimpulse gegeben werden, der andere ist der, daß man dem Sendezähler schon bei der Leistung Null mit Hilfe eines Synchronmotors eine Vorspanndrehzahl gibt, die den halben Instrumentausschlag am Empfänger erzeugt, und daß dann diese Drehzahl durch die positive oder negative Last erhöht oder bis auf Null vermindert wird.

Summierung.

Die bisher üblichen Verfahren der Summierung elektrischer Größen waren die Wandlersummierung, die Synchronlauf der Generatoren voraussetzt, und die Verwen-

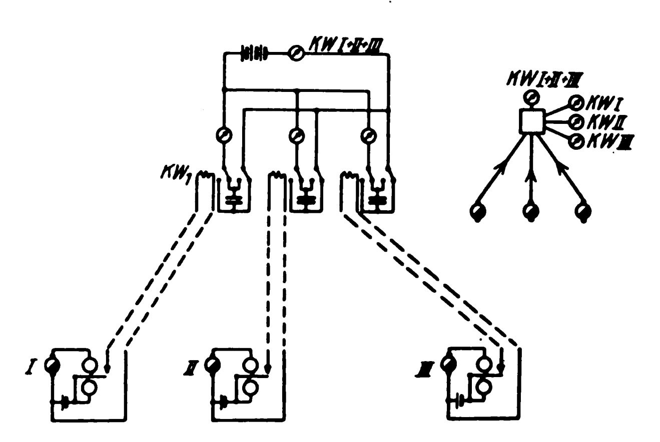


Die Einzelleistung eines jeden Generators und die Summenleistung werden angezeigt, schließlich wird ein Summenzähler gespeist, der Impulse entsprechend der Summenleistung weitergibt

Abb. 7. Summierungschaltung auf der Geberseite.

dung von Vielfachsystemen in den Anzeigeinstrumenten. Der letztere Weg bedingt immer die Spezialentwicklung von anomalen Meßgeräten, die mit hohen Kosten und viel Einzelarbeit verbunden ist. Die meisten Fernmeßverfahren eignen sich besonders leicht dazu, Summierungen vorzunehmen. Abb. 4 zeigt eine Summierungsschaltung nach dem Prinzip der induktiven Geber, wie sie von Trüb-Täuber angewendet wird. Auch bei dem Verfahren mit Batterie und geregelten Widerständen lassen sich in einfachster Weise Summierungschaltungen anwenden, auch mit Kreuzspulinstrumenten. Das gleiche gilt für die Summierungsmöglichkeit mit Potentiometerschaltungen. Verhältnismäßig einfach gestaltet sich die Summierung bei den Verfahren, bei denen die Meßgröße in eine Gleichspannung umgewandelt wird. Man braucht dann nur die einzelnen Generatoren unter gewissen Vorsichtsmaßregeln in Reihe zu schalten, um mit der gesamten Spannungsumme die Gesamtleistung angezeigt oder registriert zu erhalten[26].

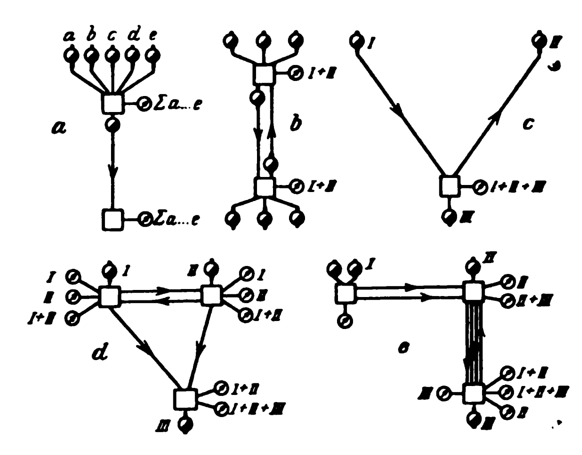
Eine ganz besondere Bedeutung hat die Summierung bei der Fernzählung, insbesondere bei der Fern-Maximum-Zählung. Die Sangamo Electric Co. führt die Summierung mehrerer Zähler in einfachster Weise dadurch aus, daß sie zwischen den zu summierenden Zählern eine Doppelleitung zieht und die Spannung, die an den Empfänger kommt, durch einen besonders schnell schaltenden Mechanismus immer umpolen läßt (Abb. 5). Die Zeitdauer einer solchen Umschaltung ist etwa 0,02 s, der Impulsabstand bei Höchstlast 10 s, die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens zweier Impulse ist also nur 1 : 500. Die anderen Firmen haben andere Maßnahmen getroffen, um das Zusammenfallen von Impulsen, das die Gesamtrechnung ändern würde, zu vermeiden. Die SSW verwendeten ebenso wie die Gen. El. Co. ein sog. Pyramidenrelais (Abb. 6 a und b) mit Differentialgetriebe[27]. Die Gen. El. Co. stellt solche Relais zur Summierung von bis zu acht Meßstellen her. Bei einer großen amerikanischen Anlage werden 48



Die drei Sender speisen über drei Fernleitungen drei Empfangsrelais. Angezeigt werden die Einzelleistungen *I, II, III* und die Summenleistung

Abb. 8. Summierungschaltung auf der Empfangseite.

Entnahmestellen mit einem einzigen Empfangsinstrument überwacht[28]. Auch Landis & Gyr haben nach einem anderen Verfahren eine solche Summationseinrichtung geschaffen[29], die gleichfalls berücksichtigt, daß beim gleichzeitigen Eintreffen von Impulsen eine Speicherung der



a 5 Generatoren, Summe an der Sendestelle angezeigt und durch einen Summierzähler weitergegeben
b 2 × 3 Generatoren, je ein Summierzähler. Anzeige der Summe in beiden Kraftwerken
c 3 Kraftwerke mit je einem Generator, Summieranzeige allein in *III*
d 3 Kraftwerke mit je einem Generator. Angezeigt werden:
im Kraftwerk *I* die Leistung von *I*, von *II* und *I + II*
„ „ *II* „ „ „ *I*, „ *II* „ *I + II*
„ „ *III* „ „ „ *I + II* und *I + II + III*
e 3 Kraftwerke mit zusammen 4 Generatoren. Angezeigt werden:
im Kraftwerk *I* die Leistung von *I*
„ „ *II* „ „ „ *II* und *II + III*
„ „ *III* „ „ „ *II, III, I + II* und *I + II + III*

Abb. 9. Impulsfrequenz-Fernmessung. Summierungschaltungen.

Ausschläge eintritt. Eine derartige Einrichtung ist in Schweden für eine sehr lange Leitung der Wasserfalldirektion im Betrieb.

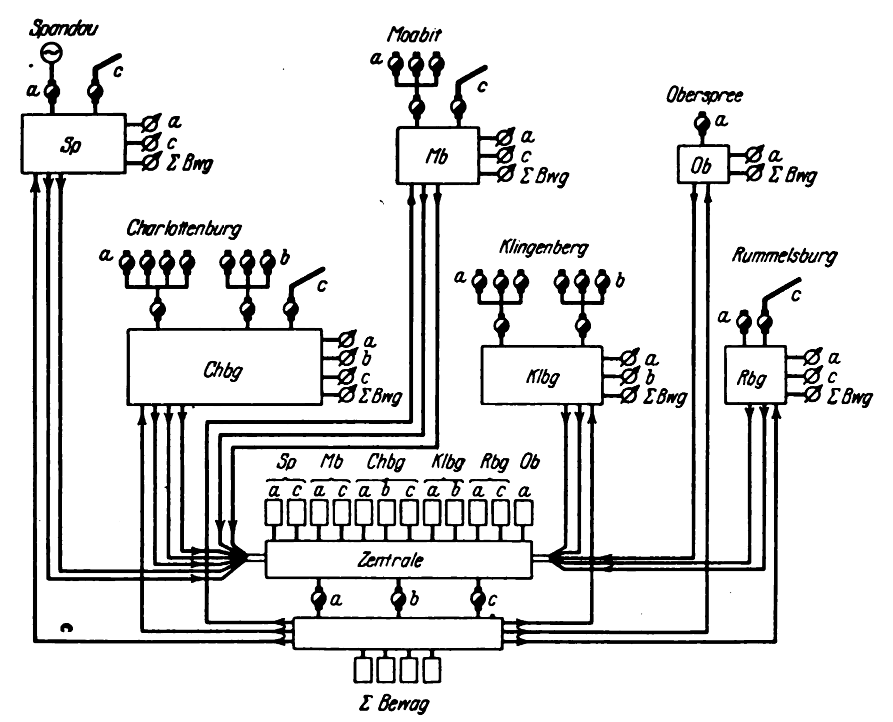
Besonders einfach gestaltet sich die Summierung bei dem Impulsfrequenzverfahren[30]. Man hat hier zu unter-

[24] Keinath, El. u. Maschinenb. Bd. 34, S. 282.
[25] Stern, ETZ 1928, S. 1326.
[26] Wie Fußnote 25.

[27] Technische Mitteilung VZ 36, April 1929.
[28] Stanley u. Nelson, wie Fußnote 15.
[29] New Developments in Electrical Measuring Devices. Bericht des Meter-Committee der Nela, April 1929, S. 13; ferner die Kataloge der Firma Landis & Gyr, Zug (Schweiz).
[30] Smith, The Electric Journ. Bd. 21, S. 355. — Schleicher, wie Fußnote 22.



scheiden zwischen einer Summierung an der Sendestelle und einer solchen an der Empfangstelle. Zur Summierung an der Sendestelle (Abb. 7) verwendet man die ent-



a Generatoren für BEWAG *b* Generatoren für Reichsbahn *c* Fernstrom

Von jedem Kraftwerk wird die Summe von *a*, *b* und *c* einzeln gebildet, angezeigt und nach der Zentrale weitergegeben. Dort wird die Leistung aller Kraftwerke in den Gruppen *a*, *b*, *c* einzeln registriert, die Summe gebildet und in jedem Kraftwerk auf einem Anzeigeinstrument gemeldet.

Abb. 10. Fernmeßanlage der BEWAG, Berlin.

sprechende Anzahl von einzelnen Kontaktgebern, zeigt den Gesamtstrom mit einem Anzeigeinstrument an, speist mit diesem einen Gleichstrom-Amperestundenzähler, der eine neue Serie von Impulsen auf einer einzigen Leitung weitergibt. Für die Summierung von mehreren entfernt gelegenen Sendestellen wird für jede Leitung an der Empfangstelle ein Empfangsrelais vorgesehen (Abb. 8) und es wird dann der Summenstrom aus einer gemeinsamen Batterie entnommen und angezeigt. Die Summierung mehrerer Leistungen, überhaupt elektrischer Größen, läßt sich auch mit dem Impulszeitverfahren ausführen. Das Impulsfrequenzverfahren ist hinsichtlich der Summierungsmöglichkeit besonders einfach und anpassungsfähig, es gestattet auch in bequemster Weise eine Rückmeldung der Summen an die einzelnen Sendeorte. Abb. 9 zeigt eine Zusammenstellung einfacher Impulsfrequenz-Summenschaltungen. Eine große Anlage dieser Art ist gegenwärtig für die BEWAG bei der Siemens & Halske AG. im Bau; Abb. 10 zeigt mit Genehmigung der BEWAG in schematischer Weise die Verteilung der Sende- und Empfangseinrichtungen. Eine ausführliche Veröffentlichung über diese Anlage wird in nächster Zeit durch die BEWAG erfolgen.

Vielfach-Fernmessung.

Wenn die Übertragungsmittel für die Fernmessung teuer sind, so wird es nicht allein darauf ankommen, eine Fernmessung gleichzeitig mit einem Ferngespräch auszuführen, sondern es wird auch verlangt, daß eine ganze Anzahl von Meßgrößen in einem einzigen Kanal möglichst mit der gleichen Frequenz übertragen werden. Bei Siemens & Halske ist bereits eine derartige Vielfach-Fernmessung nach dem Impulsfrequenzsystem entwickelt worden, bei der fünf Meßgrößen nacheinander mit nach der Start-Stop-Methode synchronisierten rotierenden Schaltern auf dem gleichen Leitungskanal übertragen werden. Die Zeit für die Einzelmessung beträgt etwa 8 s, die gleiche Zeit wird für den Synchronisierimpuls gegeben, so daß die einzelne Meßgröße jeweils alle $6 \times 8 = 48$ s übertragen wird. Die AEG verwendet bei ihrem Impulszeitverfahren die Mittelwertübertragung nach Art der Höchstlastanzeiger und es kann auch nach diesem Verfahren die Vielfach-Fernmessung durchgeführt werden. Auch die Gleichstromverfahren sind zur Vielfachfernmessung geeignet, u. zw. sowohl unter Verwendung von Strom- und Spannungsmessern als auch von Quotientenmessern.

Schlußwort.

Der vorliegende kurze Bericht über das Gebiet der elektrischen Fernmessung kann nur eine flüchtige Übersicht über die große Zahl der bis jetzt entwickelten Fernmeßverfahren geben. Das Gebiet ist sowohl hinsichtlich der Entwicklungsmöglichkeiten als auch hinsichtlich der Anwendungsmöglichkeiten noch lange nicht abgeschlossen. Es ist sehr schwer, ja geradezu unmöglich, ein Werturteil über die einzelnen Verfahren abzugeben, und es hat den Anschein, daß es nicht möglich ist, mit einem einzigen Verfahren allen Bedürfnissen gleichwertig zu entsprechen. Es hängt davon ab, ob die Entfernung klein oder groß ist, welche Genauigkeit verlangt wird und ob Vielfachmessungen auf dem gleichen Kanal verlangt werden. Der Bericht dürfte aber gezeigt haben, daß mit den heute verfügbaren Systemen schon schwierige Aufgaben lösbar sind.

Elektrischer Geschwindigkeitsmesser für Flüssigkeiten.

Der Apparat[1] beruht auf der Wellenänderung eines Schwingungskreises, sei es durch Änderung der Kapazität eines Kondensators, sei es durch Änderung der Induktivität einer Spule. In die Strömung wird eine Stauscheibe gebracht, mit der die eine Belegung eines Zylinderkondensators fest verbunden ist. Durch die Bewegung der Stauscheibe, der eine Spiralfeder entgegenwirkt (Abb. 1), wird die Kapazität des Zylinderkondensators geändert. Diese veränderliche Kapazität liegt

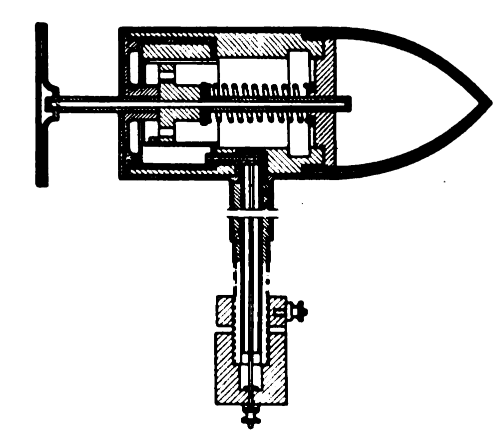


Abb. 1. Elektrischer Strömungs-Geschwindigkeitsmesser.

in Reihe mit dem Kondensator eines kleinen Röhrensenders. Durch Überlagerung mit einem zweiten Sender werden die Frequenzänderungen hörbar gemacht. In bekannter Weise kann man durch die Bewegung der Stauscheibe auch eine Änderung der Selbstinduktion und damit der Frequenz des ersten Kreises erreichen. Geeicht wird das Instrument zweckmäßig in einer Wasserströmung, deren Geschwindigkeit man auf anderem Wege genau mißt. Die Eichkurve des Apparates ist eine gerade Linie, was ein Vorzug gegenüber dem Pitotrohr ist. Auch ist er sehr handlich. *Mch.*

[1] P. Dupin, Génie Civil Bd. 94, S. 220.



Berechnung langer Wechselstromleitungen auf Spannungsabfall.

Von W. Bütow, Frankfurt a. M.

Übersicht. Es wird ein graphisches Verfahren beschrieben, um den Spannungsabfall auf langen Wechselstromleitungen mit hinreichender Genauigkeit zu ermitteln. Das neue Verfahren lehnt sich an bereits bekannte Methoden eng an. Es hat den Vorteil, daß die Benutzung hyperbolischer Funktionen vermieden wird, so daß der Rechnende ein anschauliches Bild erhält, das Fehler in der Rechnung leicht erkennen läßt.

In den letzten Jahren hat die Anwendung der Elektrizität große Fortschritte gemacht. Die Zentralenleistungen sind infolgedessen gewachsen und Ausgleichsleitungen zwischen den Werken gebaut worden, um den Abnehmern sicher Leistung liefern zu können und um die Wirtschaftlichkeit kleiner Werke zu heben. Diese Entwicklung ist noch nicht beendet. Eine wesentliche Entlastung unserer Verkehrsmittel kann durch die Energieübertragung auf elektrischen Leitungen an Stelle des teuren, zeit- und arbeitraubenden Kohlentransportes erreicht werden, wobei noch weitere Vorteile, wie Sauberkeit, geringere Verluste und damit größere Wirtschaftlichkeit erreicht werden. Dazu sind Leitungen erforderlich, wie sie bisher noch nicht gebaut wurden. Die Spannung wird erhöht, man rechnet bereits mit 380 000 V, und man wird vielleicht, sobald die Entwicklung der Isoliertechnik dies zuläßt, auf noch höhere Spannungen gehen. Dies wird durch die Übertragung großer Leistungen auf weite Strecken bedingt.

Die Berechnung derartiger Leitungen ist wesentlich schwieriger als die solcher von den bisher üblichen Abmessungen. Die Elektrizitäts-Actien-Gesellschaft vorm. W. Lahmeyer & Co. in Frankfurt a. M. hat sich hiermit bereits seit mehreren Jahren eingehend beschäftigt. Im folgenden soll die vom Verfasser angegebene und jetzt im Berechnungsbüro dieser Firma allein angewandte graphische Methode zur Ermittlung des Strom- und Spannungsverlaufes langer Leitungen beschrieben werden. Sie lehnt sich an bekannte Verfahren eng an. Ihr Vorteil besteht insbesondere darin, daß die umständliche Benutzung hyperbolischer Funktionen vermieden wird, daß weiter der durch die Ermittlung der Hilfsgrößen verursachte Zeitverlust vermieden wird und daß man ein anschauliches Bild der gesamten Rechnung erhält, das etwaige Fehler, soweit sie nicht in den Konstanten liegen, sofort erkennen läßt.

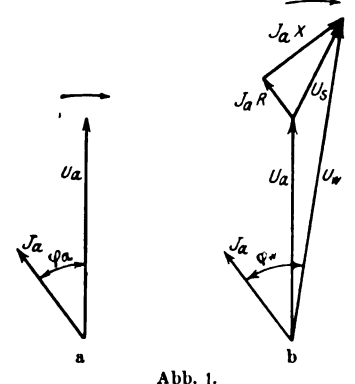


Abb. 1.

Wir betrachten zunächst eine kurze, mit niedriger Spannung betriebene Leitung zwischen dem Werk W und dem Abnehmer A. Die Kapazität können wir dabei vernachlässigen. Bei allen Berechnungen gehen wir stets vom Abnehmer A aus. Wie Abb. 1a zeigt, soll der letztere bei einer Spannung U_a einen Strom J_a abnehmen, wobei der Phasenwinkel gleich φ_a ist. Wir berechnen nun den Widerstand R der Leitung und ihre induktive Reaktanz X, wobei

$$X = m\,L$$

ist, wenn mit $m = 2\pi\nu$ die Kreisfrequenz, ν die Frequenz und mit L der Selbstinduktionskoeffizient bezeichnet werden.

Abb. 1b zeigt die bekannte Lösung. Da der Strom am Ende der Leitung der gleiche wie im Werk ist (die Kapazität der Leitung sollte vernachlässigt werden), ist

$$J_a = J_w,$$

wenn mit dem Index w bezeichnet wird, daß die betreffende Größe im Werk gemessen wird. Auf der Leitung verlieren wir Spannung. Um U_w, die Spannung im Werk, zu erhalten, müssen wir zu der Spannung U_a am Abnehmer den Ohmschen Spannungsverlust $J_a R$ und den induktiven Spannungsabfall $J_a X$ geometrisch addieren, d. h. $J_a R$ muß in Richtung des Stromes, $J_a X$ senkrecht dazu aufgetragen werden. Die Addition von $J_a R$ und $J_a X$ ergibt die zwischen den Enden einer Phase zu messende Spannungsdifferenz.

Zweckmäßig führen wir entweder für U_a die Phasenspannung U_p oder die Betriebspannung U ein. Im ersteren Falle erhalten wir also

bei Einphasenstrom $U_a = 0{,}5\ U$,
bei Drehstrom $U_a = U/\sqrt{3}$

und berechnen R und X jeweils für eine einzige Phase. Im letzteren Falle dagegen haben wir diese Größen R und X bei Einphasenstrom mit 2 bzw. bei Drehstrom mit $\sqrt{3}$ zu multiplizieren. Wir erhalten dann auch für U_w die gesuchte Betriebspannung im Werk, während wir im ersteren Falle U_w mit 2 bzw. $\sqrt{3}$ multiplizieren müssen.

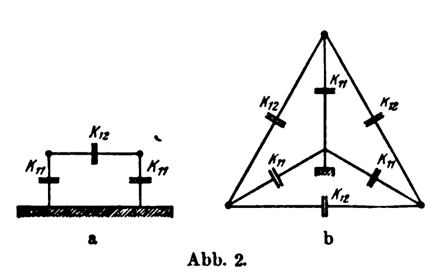


Abb. 2.

Wenn die Leitung so lang ist oder mit so hoher Spannung betrieben wird, daß der Kapazitätsstrom einen Einfluß hat, werden die Berechnungen schwieriger. Wir bezeichnen die Teilkapazitäten zwischen Leitung und Erde mit K_{11}, die zwischen den Leitungen mit K_{12} und erhalten für eine Einphasenleitung das in Abb. 2a dargestellte Schema, für eine Drehstromleitung das in Abb. 2b gezeichnete. Die Berechnung dieser Teilkapazitäten erfolgt nach Petersen[1]. Wir nehmen stets an, daß die Teilkapazitäten K_{11} bzw. K_{12} untereinander gleich groß sind, da Abweichungen heute wohl stets durch Verdrillen der Leitungen beseitigt werden, zumal dadurch die Verhältnisse für die Löschung des Erdschlußstromes günstiger werden. Für unsere Leitungsberechnung müssen wir die Betriebskapazität C_b kennen. Wenn wir ein Einphasennetz haben, ist

$$C_b = K_{11} + 2\,K_{12}\ [\mu\text{F/km}],$$

für ein n-Phasen-Netz

$$C_b = K_{11} + n\,K_{12}\ [\mu\text{F/km}],$$

also z. B. für ein Drehstromnetz

$$C_b = K_{11} + 3\,K_{12}\ [\mu\text{F km}].$$

Der Ladestrom J_c kann aus der Gleichung

$$J_c = U_p\,m\,C_b\ [\text{A/km}]$$

berechnet werden, worin U_p die Phasenspannung in Volt ist.

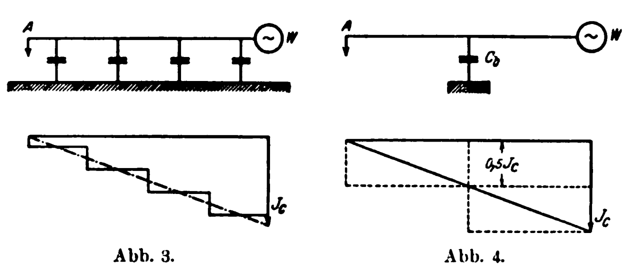


Abb. 3. Abb. 4.

Abb. 3 zeigt den Verlauf des Ladestromes vom Werk längs der Leitung. Die unendlich vielen Teilkapazitäten sind im Bilde durch vier angedeutet. Der Stromverlauf ist durch die ausgezogene Linie dargestellt. Ersetzt man die angenommenen vier Kapazitäten durch unendlich viele, so erhält man die strichpunktierte Linie für den Stromverlauf. Für die Berechnung kurzer Leitungen ersetzen wir die unendlich vielen Teilkapazitäten durch eine einzige je Phase von der Größe C_b, die wir uns in der Mitte der Leitung eingeschaltet denken, wie Abb. 4 zeigt. Jetzt wird

[1] W. Petersen, ETZ 1916, S. 512.

angenommen, daß ein Strom von der Größe J_c über die halbe Leitung oder ein Strom gleich $J_c/2$ über die ganze Leitung als Ersatz für den Strom obengenannter Stärke fließt.

Abb. 5 zeigt den Gang der Rechnung für eine Leitung mit Kapazität. In Abb. 5a ist die Belastung des Abnehmers dargestellt, die die gleiche sei, die der Rechnung in Abb. 1 zugrunde gelegt wurde. Den Strom im Werk J_w erhält man durch geometrische Addition von J_c zu J_a. Für die Berechnung des Spannungsabfalles benutzen wir die geometrische Summe von $J_a + 0{,}5\,J_c = J_1$. Der Ohmsche Spannungsabfall ist nun gleich $J_1 R$ und liegt in Phase mit J_1, der induktive Spannungsabfall $J_1 X$ eilt J_1 um 90° vor. Die geometrische Summe von U_a, $J_1 R$ und $J_1 X$ gibt, wie Abb. 1b, die Spannung im Werk U_w.

strom der Strecke AB gleich Ladestrom der Strecke $A\,1$ geometrisch zu addieren. Den hierdurch neu erhaltenen Strom J_1 können wir jetzt auch dem Diagramm Abb. 7 entnehmen. Derselbe ist nämlich die geometrische Summe des konstanten Wattstromes J_{Watt} und des Blindstromes J_{bl} im Punkte *1*. Mit dem Wert $J_{ges1} = J_1$ errechnen wir, wie Abb. 8a zeigt, U_b, die Spannung am Punkte B, indem wir $J_1 R_1$ in Phase mit J_1 und $J_1 X_1$ senkrecht zu J_1 geometrisch addieren.

Wie Abb. 8b zeigt, gehen wir bei der Berechnung der Spannung U_c am Punkte C von U_b aus. Wir addieren zu J_1 die Differenz des Blindstromes $J_{bl_1} - J_{bl_2}$ gleich gesamter Ladestrom der Teilstrecke $\overline{12}$ und erhalten den Strom J_2. Hierbei ist zu beachten, daß dieser Blindstrom, da wir von U_b ausgehen, senkrecht zu U_b aufzutragen ist.

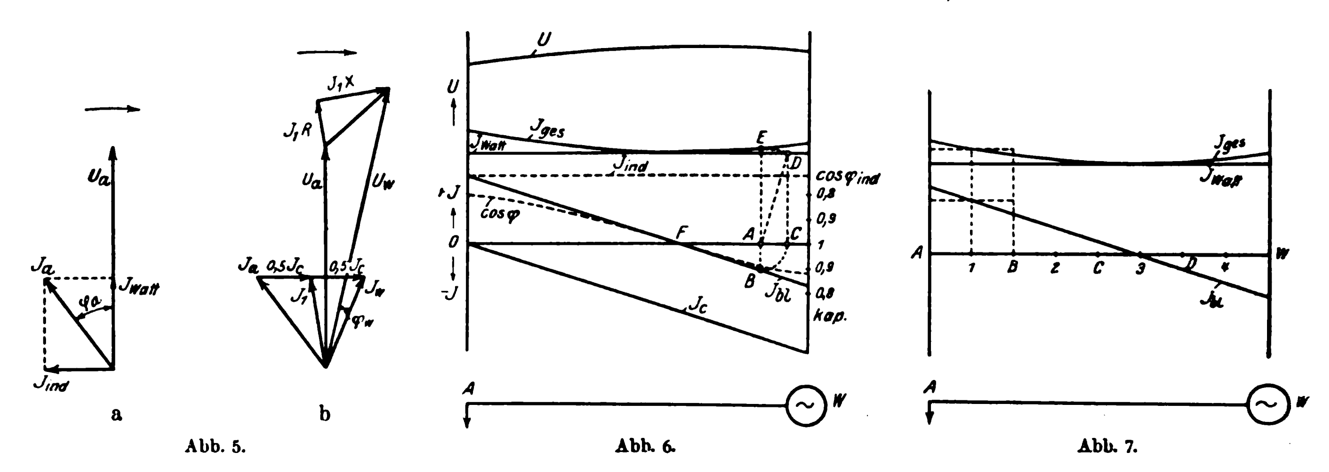


Abb. 5. Abb. 6. Abb. 7.

Nach dem Vorgang von Petersen und Lommel[2] zeichnen wir uns nun die Strom- und Spannungsverhältnisse längs der Leitung auf, wie Abb. 6 zeigt. Zu dem Zwecke zerlegen wir die in Abb. 5a angegebene Belastung in den Wattstrom J_{Watt} und den induktiven Blindstrom J_{ind}. Den letzteren können wir mit dem Ladestrom J_c, den wir als kapazitiven Strom negativ auftragen, zum Blindstrom J_{bl} zusammensetzen. Der tatsächlich an einer Stelle der Leitung fließende Strom J_{ges} wird durch die Gleichung

$$J^2_{ges} = J^2_{Watt} + J^2_{bl}$$

bestimmt und ist ebenfalls in Abb. 6 eingetragen. Hierzu bedient man sich zweckmäßig folgender einfacher Stechzirkelkonstruktion: Um die Größe des Stromes J_{ges} an der Stelle A zu bestimmen, trägt man die Strecke $AB = J_{bl}$ von A bis C ab, errichtet in C auf AC die Senkrechte und erhält den Punkt D als Schnittpunkt der Senkrechten mit der J_{Watt}-Linie, so daß $CD = J_{Watt}$ ist. Dann ist $AD = J_{ges}$. Die Strecke AD trägt man auf der Senkrechten auf AC im Punkte A ab und erhält in E den gesuchten Punkt der J_{ges}-Kurve.

Aus der J_{bl}-Linie können wir den Verlauf des Leistungsfaktors längs der Leitung sehr schön erkennen. Am Abnehmer ist der Blindstrom induktiv, wird beim Punkte F gleich Null, so daß Strom und Spannung in Phase liegen, dann wird der Blindstrom negativ, von F bis zum Werk haben wir also kapazitive Last.

Bisher sind alle Größen, da es sich nur um Ströme handelt, im gleichen Maßstab aufgetragen. Für den cos φ, der weiterhin eingetragen ist, können wir einen neuen Maßstab wählen, ebenso für den Verlauf der Spannung U längs der Leitung. Die Bestimmung der letzteren Kurve erfolgt folgendermaßen: Wir teilen die Leitung zwischen A und W in eine Anzahl von Strecken, die wir entweder gleichgroß oder mit Rücksicht auf J_{ges} wählen. In Abb. 7 sind vier gleichlange Strecken der Rechnung zugrunde gelegt. Es sei

$$AB = l_1, \quad BC = l_2, \quad CD = l_3, \quad DW = l_4.$$

Wenn die Entfernungen l in km angegeben sind, so rechnen wir den Widerstand der Leitung für 1 km gleich r und ihre induktive Reaktanz für 1 km gleich x aus und erhalten

$$R_1 = r\,l_1, \; X_1 = x\,l_1, \; R_2 = r\,l_2 \text{ usw.}$$

Wir gehen, wie stets, von der Spannung am Abnehmer aus. Abb. 8a zeigt wie Abb. 5a den Belastungszustand am Abnehmer. Um die Spannung im Punkte B zu bestimmen, haben wir zunächst nach Abb. 5b zu J_a den halben Lade-

[2] Lommel, Cos φ-Heft der Vereinig. d. Elektrizitätsw., S. 53. Berlin 1921.

Mit J_2 errechnen wir jetzt in bekannter Weise U_c dadurch, daß wir zu U_b den Ohmschen Spannungsunterschied $J_2\,r\,l_2$ und den induktiven Spannungsunterschied $J_2\,x\,l_2$ geometrisch addieren. Dieses Verfahren wiederholt sich für die weiteren Teilstrecken *2 ... 4*, und wir bekommen mit Hilfe des Stromwertes J_4 die gesuchte Spannung U_w am Werk. Durch die geometrische Addition des halben Ladestromes der Teilstrecke $\overline{DW}$ zu J_4 erhalten wir alsdann den Gesamtstrom J_w am Werk (Abb. 8c).

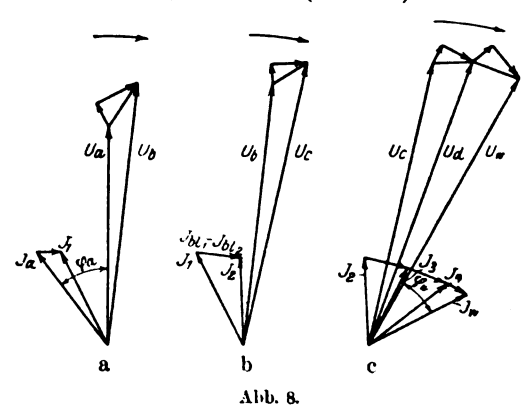


Abb. 8.

Das nach dem zuletzt angewandten Verfahren erhaltene Resultat kann mit dem nach Abb. 5 errechneten nicht übereinstimmen. Die genauere Lösung ist die zuletzt angegebene, aber auch sie ist nur eine Näherungslösung. Wir müßten die gleichen Resultate erhalten, wenn wir alle Teile des Ladestromes senkrecht zu U_a auftragen würden. Mit dem Schwenken des Spannungsvektors, das wir in Abb. 8c deutlich erkennen können, schwenkt auch der Ladestrom. Dies haben wir bei der letzten Lösung bereits berücksichtigt. Willkürlich haben wir den Ladestrom senkrecht zu U_a bzw. der jeweils zuletzt berechneten Spannung aufgetragen. Der hierdurch entstehende Fehler ist aber sehr klein und erreicht selbst bei Leitungslängen von 2000 ... 3000 km bei richtiger Unterteilung noch nicht die Größenordnung von 3 %, während die angenommene Belastung kaum mit so großer Genauigkeit bestimmt werden kann. Wir sind jedoch in der Lage, auch diesen geringen Fehler ohne große Schwierigkeit noch weiter zu verkleinern, indem wir entweder noch feiner unterteilen oder nach Abb. 9 die folgende Korrektur einführen:

Wir rechnen wie in Abb. 5b, gehen also von J_a, U_a und φ_a aus, addieren $J_c/2$ zu J_a, um J_1 zu erhalten, und

berechnen U_w. Dann verbinden wir die Endpunkte der Vektoren U_a und U_w und halbieren die Verbindungslinie, wodurch wir den Punkt B finden. Die Linie AB stellt dann den Spannungsvektor dar, der den Zustand in der Mitte der untersuchten Leitung angibt. Jetzt addieren wir zu J_a nochmals $0{,}5\,J_c$ senkrecht zu AB und erhalten nun J_1'. Mit J_1' führen wir die Rechnung nochmals durch und erhalten den berichtigten Wert U_w'. In Abb. 9 sind die Spannungsabfälle und Ladeströme übertrieben groß eingezeichnet, um die Figur möglichst übersichtlich zu machen. Trotzdem ist der Unterschied zwischen U_w und U_w' gering. Damit ist der Beweis erbracht, daß das Verfahren nach Abb. 8c bei genügend feiner Unterteilung genaue Werte ergibt.

Bei sehr genauen Untersuchungen werden wir weiter berücksichtigen, daß der spezifische Ladestrom von der Höhe der Spannung abhängt und nicht konstant bleibt, wie wir gewöhnlich annehmen, weil die Spannung längs der Leitung annähernd gleich bleibt. Wir können weiter den Ableitungstrom, soweit Erfahrungswerte vorliegen, mit in Rechnung setzen. Seine Entstehung soll Abb. 10 erklären. Die Leitung L ist an einem Isolator befestigt, den wir durch eine Kapazität, die zwischen Leitung und Erde liegt, ersetzen können und die in Abb. 10 mit C bezeichnet ist. Wir berücksichtigen C bei der Berechnung der Teilkapazität K_{11}, indem wir einen entsprechenden Zuschlag machen. Durch Verschmutzung, Feuchtigkeitsniederschläge usw. ist der Isolationswiderstand W jedoch nicht unendlich groß sondern hat einen endlichen Wert, der durch Versuche bestimmt werden kann und etwa in der Größenordnung von $10^7\ \Omega$/km liegt.

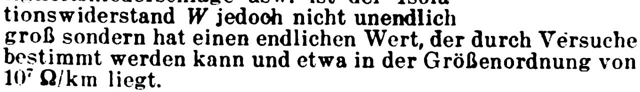


Abb. 9

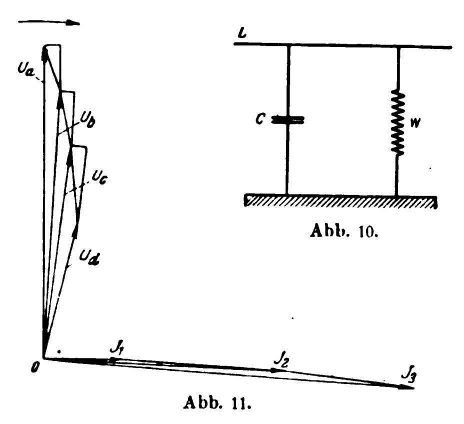


Abb. 11.

Abb. 10.

Der Ableitungsstrom ist also ein reiner Wattstrom ebenso wie der durch den Koronaverlust verursachte Strom, dem ebenfalls Erfahrungswerte zugrunde zu legen sind. Bisher liegen solche nur bis 100 kV vor, besonders in der ausgezeichneten Arbeit der Dresdner Hochschule[3]. Die amerikanischen Messungen sind wenig brauchbar, die Peeksche Formel gibt nur sehr rohe Näherungswerte, die bisher in Deutschland ausgeführten Versuche sind leider noch nicht veröffentlicht. Es wäre sehr zu wünschen, wenn in koaxialer Anordnung oder an einer nicht zu kleinen Leitung, die die in der Praxis üblichen Abmessungen haben müßte, bei verschiedenen Witterungsverhältnissen exakte Messungen bis zu 1000 kV ausgeführt würden.

Ableitungs- und Koronastrom stellen wir uns am besten in Form einer Kurve dar, durch die der gesamte Verluststrom als Funktion der Spannung dargestellt ist. Auf die Berücksichtigung der Ableitungs- und Koronaverluste soll jedoch nicht näher eingegangen werden, zumal die ersteren wohl stets, die letzteren häufig vernachlässigt werden dürfen.

Beispiel.

Wir wollen zunächst eine leerlaufende Drehstromleitung für 220 kV verkettete Spannung bis zu 3000 km Länge untersuchen. Wie bei allen Leitungsberechnungen müssen wir die Daten der zu untersuchenden Leitung zunächst bestimmen, also

den Widerstand r einer Phase für 1 km,
die induktive Reaktanz x einer Phase für 1 km
und die Betriebskapazität c_b einer Phase für 1 km.

[3] Jaensch u. Weidig, ETZ 1913, S. 637.

Wir wollen im folgenden mit der Phasenspannung rechnen und können dann diese eben angegebenen Werte ohne weiteres benutzen. Wie oben bereits erwähnt, kann man auch mit der verketteten Spannung rechnen. Dann ist $r\sqrt{3}$ statt r und $x\sqrt{3}$ statt x bei Drehstromleitungen einzuführen. Wir gehen also von der Spannung $U_a = \frac{220}{\sqrt{3}}$ [kV] = 127 kV an dem 3000 km vom Werk entfernten Abnehmer aus und zerlegen die Strecke in Teile von je 250 km; wir wählen die in Abb. 11 angegebene Form, die bereits in Abb. 8 zur Anwendung kam. Da die Strecken alle gleich groß sind, setzen wir

$$R = 250\,r,\quad X = 250\,x,\quad C_b = 250\,c_b$$

und erhalten den Ladestrom

$$J_c = U_p\,m\,C_b \text{ (vgl. S. 1515).}$$

Wir wählen die gleichen Bezeichnungen wie in Abb. 7. Auf der Strecke AB fließt, wie wir in Abb. 3 gesehen haben, ein mittlerer Ladestrom gleich $0{,}5\,J_c = 0{,}5\,U_a\,m\,C_b = J_1$ (Abb. 11), der senkrecht zu U_a als rein kapazitiver Strom aufzutragen ist. Er ruft auf der Strecke AB einen Ohmschen Spannungsabfall $J_1 R$, einen induktiven $J_1 X$ hervor und man erhält U_b durch die uns bereits aus Abb. 1 bekannte Addition.

Um den Strom J_2 zu erhalten, müssen wir zu J_1 senkrecht zu U_b den Ladestrom von 250 km, also $U_b\,m\,C_b$ addieren. Dieser Strom ist nach Abb. 3 als äquivalenter Strom der Strecke BC (s. Abb. 7) aufzufassen. Wir bilden wieder $J_2 R$ und $J_2 X$ und addieren diese Spannungen zu U_b, so daß wir U_c erhalten. Dieses Verfahren wiederholen wir, bis wir U_w gefunden haben, addieren also zu J_2 den Ladestrom $U_c\,m\,C_b$ senkrecht zu U_c und erhalten damit J_3. Addieren wir $J_3 R$ und $J_3 X$ zu U_c, so erhalten wir U_d, ermitteln J_4, daraus U_e usw. Das Resultat der ganzen Berechnung zeigt Abb. 12. Alle Endpunkte der U- und J-Vektoren liegen auf je einer Kurve, die gleichzeitig eine gute Rechnungskontrolle gibt. Eine Unterbrechung des gleichmäßigen Verlaufes der Kurven ist nur möglich, wenn eine Belastung auf der Strecke dazu kommt. Darauf werden wir später noch eingehen.

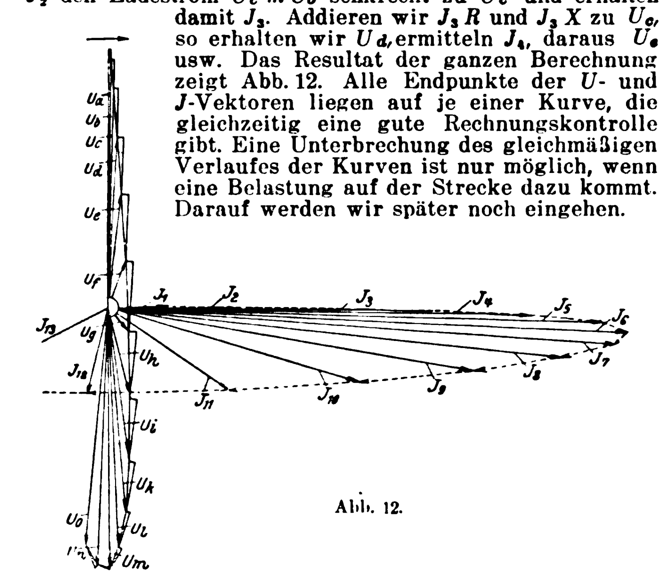


Abb. 12.

Die Ergebnisse des Polardiagramms (Abb. 12) sind in Abb. 13 dargestellt. Die Kilometerzahlen sind vom Abnehmer aus aufgetragen. Man wird mit 220 kV kaum auf 3000 km Leistung übertragen, trotzdem ist das Diagramm überaus interessant. Es zeigt, daß der anfangs rein kapazitive Ladestrom eine immer größer werdende Ohmsche Komponente erhält. Dies ist darin begründet, daß der auf der Leitung fließende Ladestrom Ohmsche Widerstände überwinden muß. Hierzu ist Leistung erforderlich. Bei einer bestimmten Leitungslänge wird der Ladestrom ein reiner Wattstrom und erreicht sein Maximum. Bei 50 Hz beträgt die Entfernung etwa 1500 km. Sie wird eine Viertelwellenlänge genannt und ändert sich mit den Daten der Leitung und der Periodenzahl. Je größer der Ladestrom wird, um so kleiner wird die Spannung. Bei einer Leitungslänge, die größer als die Viertelwellenlänge ist, bekommt

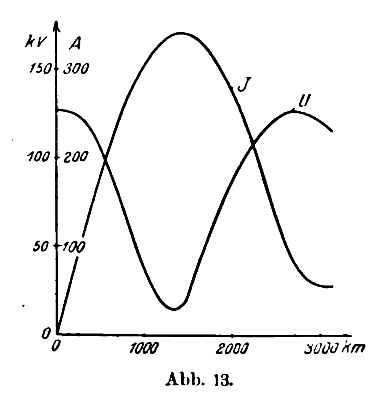


Abb. 13.

man einen induktiven Ladestrom, der bei halber Wellenlänge und widerstandsloser Leitung sein Minimum erreichen würde und rein induktiv wäre.

Bisher hatten wir die leerlaufende Leitung betrachtet. Entnimmt der Abnehmer Leistung, so gehen wir wiederum von der Spannung U_a aus, aber nicht mehr vom Strom $J_a = 0$ sondern von dem Strome am Verbraucher, dessen Größe und Lage zur Spannung bekannt ist. In Abb. 14 a ist die Belastung am Abnehmer aufgezeichnet, Abb. 14 b

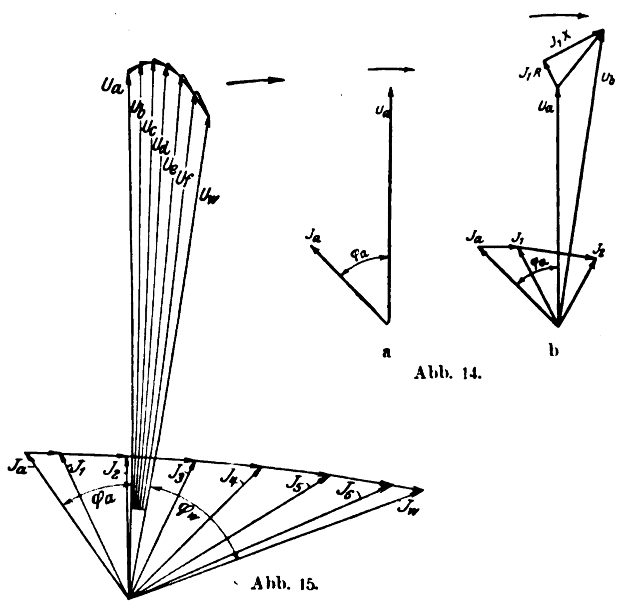


Abb. 14.

Abb. 15.

zeigt die Rechnung. Wir addieren zu J_a den Ladestrom für die halbe Teilstrecke $AB = 0{,}5\ J_c = 0{,}5\ U_a\ m\ C_b$ und erhalten J_1. Durch Addition von $J_1 R$ und $J_1 X$ zu U_a erhalten wir in bekannter Weise U_b. Zu J_1 addieren wir $J_c = U_b\ m\ C_b$ senkrecht zu U_b und erhalten so J_2. Die Rechnung ist dann so lange zu wiederholen, bis die in Frage kommende Entfernung erreicht ist. In Abb. 15 ist das vollständige Polardiagramm für eine Leitungslänge von 600 km und eine Belastung von 100 A bei $\cos\varphi = 0{,}8$ (bei 220 kV Betriebspannung) wiedergegeben. Abb. 16 zeigt den dazugehörigen Verlauf von Strom und Spannung längs der Leitung.

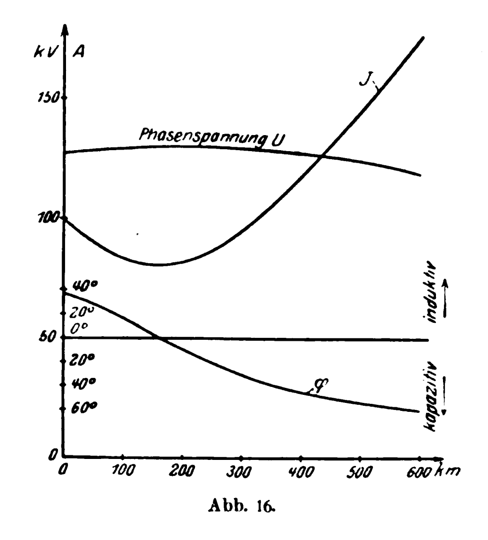


Abb. 16.

Die Daten dieser Leitung sind folgende:

Ohmscher Widerstand	$r = 0{,}045\ \Omega/\text{km}$
Reaktanz	$x = 0{,}399\ \Omega/\text{km}$
Impedanz	$Z = 0{,}4015\ \Omega/\text{km}$
Betriebsinduktivität	$L = 12{,}71\ \text{H/km}$
Betriebskapazität	$C_b = 0{,}0095 \cdot 10^{-6}\ \text{F/km}$
Ableitung	$g = 0{,}1 \cdot 10^{-6}\ 1/\Omega/\text{km}$
Beanspruchung	$F = 10{,}35\ \text{kV/cm}$
Suszeptanz $m\ C_b$	$k = 2{,}975 \cdot 10^{-6}\ 1\ \Omega\ \text{km}$.

Die Verluste durch Ableitung und Koronaerscheinungen sind in Abb. 15 und 16 vernachlässigt. Es sind also nur Belastungs- und Ladestrom berücksichtigt. Aus dem Polardiagramm Abb. 15 erhält man für das 600 km entfernte Werk eine Spannung $U_w = 117{,}8$ kV/Phase, einen kapazitiven Strom $J_w = 175{,}5$ A und einen Leistungsfaktor $\varphi_w = 60°$.

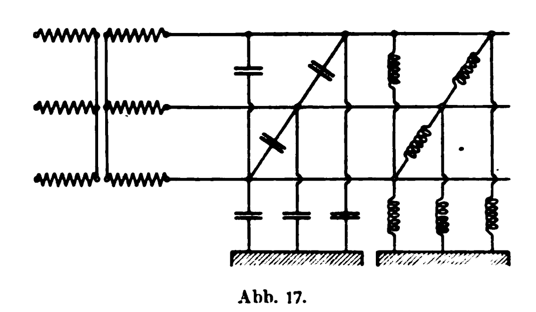


Abb. 17.

Die großen Schwankungen der Spannung längs sehr langer Leitungen, die Abb. 13 zeigt, sind auf die Wirkung der Kapazität zurückzuführen. Die letztere läßt sich nach Abb. 17 durch entsprechend bemessene Drosselspulen beseitigen. Da die Kapazität längs der Leitung verteilt ist, müssen bei ausgedehnten Netzen eine ganze Reihe von Drosselspulen angebracht werden. Abb. 18 und 19 zeigen die mit 100 A Belastung arbeitende 600 km lange 220 kV-Drehstromleitung, die mit drei Spulensätzen entsprechend Abb. 20 ausgerüstet ist. Die Anwendung der Kompensationsspulen bewirkt also, daß man mit beliebig langen Leitungen so arbeiten kann wie mit gewöhnlichen von geringer Ausdehnung, weiter ist die Benutzung normaler Generatoren ermöglicht und die Leerlaufverluste der Leitung werden trotz des Ohmschen Verlustes in den Drosseln wesentlich kleiner.

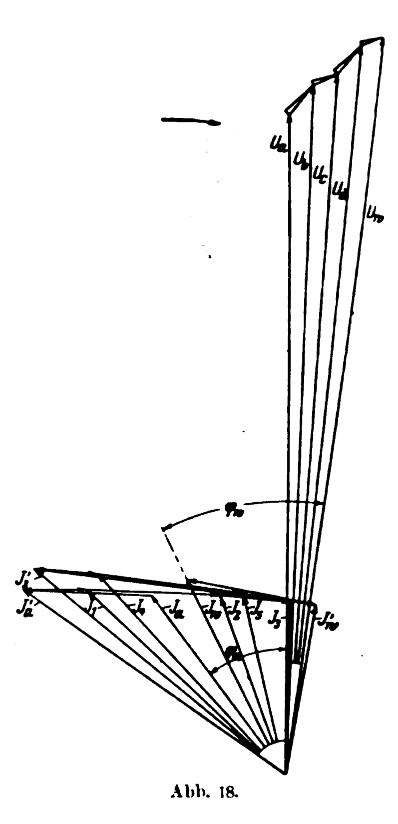


Abb. 18.

Berechnung mit hyperbolischen Funktionen.

Wir haben nun gesehen, wie man mit der beschriebenen graphischen Methode Leitungen sowohl im Leerlauf als auch mit beliebigen Belastungen — auch Zwischenbe-

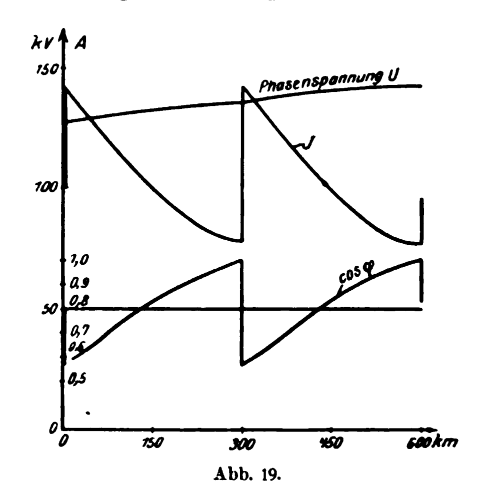


Abb. 19.

lastungen — rasch und mit genügender Genauigkeit untersuchen kann. Zum Vergleich soll im folgenden die gleiche Leitung mit der in Abb. 14 a angegebenen Belastung unter

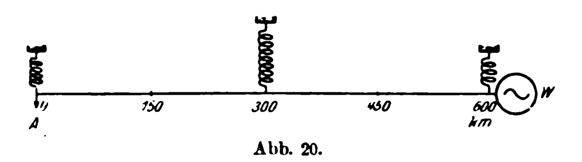


Abb. 20.

Anwendung hyperbolischer Funktionen berechnet werden[4]. Hiernach errechnen sich:

die Leerlaufspannung am Anfang der Leitung (Werk)

$$U_{w_0} = \frac{U_p}{2} \sqrt{2 \operatorname{Cof} 2\,a\,l + 2 \cos 2\,b\,l},$$

der Leerlaufstrom am Anfang der Leitung

$$J_{w_0} = \frac{U_p}{2} \sqrt{\frac{y}{z}} \sqrt{2 \operatorname{Cof} 2\,a\,l - 2 \cos 2\,b\,l},$$

der Spannungsabfall

$$u_{1k} = \frac{J_2}{2} \sqrt{\frac{z}{y}} \sqrt{2 \operatorname{Cof} 2\,a\,l - 2 \cos 2\,b\,l},$$

der Kurzschlußstrom

$$J_{1b} = \frac{J_2}{2} \sqrt{2 \operatorname{Cof} 2\,a\,l + 2 \cos 2\,b\,l}.$$

Es bedeuten:

$$a = \sqrt{0{,}5\left[\sqrt{(r^2 + x^2)(g^2 + k^2)} + (g\,r - k\,x)\right]} = 0{,}0806 \,.\, 10^{-3}$$

$$b = \sqrt{0{,}5\left[\sqrt{(r^2 + x^2)(g^2 + k^2)} - (g\,r - k\,x)\right]} = 1{,}09 \,.\, 10^{-3}$$

$$\alpha = \sqrt{0{,}5\left[\sqrt{(r^2 + x^2)(g^2 + k^2)} + (g\,r + k\,x)\right]} = 1{,}093 \,.\, 10^{-3}$$

$$\beta = \sqrt{0{,}5\left[\sqrt{(r^2 + x^2)(g^2 + k^2)} - (g\,r + k\,x)\right]} = 0{,}0548 \,.\, 10^{-3}$$

$$y = \sqrt{g^2 + k^2} = 2{,}978 \,.\, 10^{-6}$$

$$z = \sqrt{r^2 + x^2} = 0{,}4015 \,.\, 10^{-6}.$$

Setzt man schließlich noch $l = 600$ km, $U_p = \frac{220\,000}{\sqrt{3}} = 127\,000$ V und $J_2 = 100$ A (Belastung am Abnehmer) — im übrigen gelten die bereits oben angeführten Leitungsdaten —, so erhält man

$U_{w_0} = 100{,}9$ kV
$u_{1k} = 22{,}405$ kV
$J_{w_0} = 211{,}2$ A
$J_{1b} = 79{,}5$ A
$\varphi_0 = 87^\circ\, 9'$
$\varphi_k = 81^\circ.$

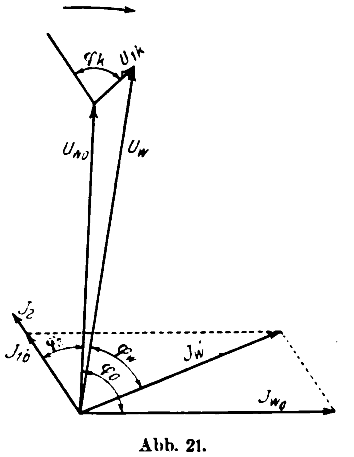


Abb. 21.

Diese Werte sind in Abb. 21 geometrisch addiert und man erhält daraus die Belastungsverhältnisse im Werk. Aus dem Diagramm entnommen sind

$U_w = 117{,}8$ kV/Phase
$J_w = 180$ A
$\varphi_w = 57^\circ\, 30'.$

Der Wert der Spannung stimmt mit dem zuerst auf graphischem Wege ermittelten gut überein. Die Differenzen im Strom und Phasenwinkel sind darauf zurückzuführen, daß wir bei der graphischen Methode den Ableiterstrom vernachlässigt haben, d. h. wir haben dort den Winkel φ_0 mit 90° angenommen.

[4] Kittler, Wechselstromtechnik Bd. 2, S. 263.

Aus der Großen Deutschen Funkausstellung 1929.

Von **W. Burstyn**, Berlin.

In diesem Jahre sind zu der alten Funkhalle neue Anbauten hinzugekommen, so daß die Ausstellung in drei aneinanderstoßenden Hallen untergebracht werden konnte. Sie bot daher gegenüber dem Vorjahre[1] ein geschlosseneres Bild und konnte mit weniger Anstrengung besichtigt werden. Die Menge der dargebotenen Dinge war aber so ungeheuer, daß man mit einem einmaligen Besuche nur einen kleinen Bruchteil und niemand auch nur angenähert alles sich eingehend ansehen konnte. Wer letztere Absicht hatte, fand seine Arbeit nicht durch geschickte Anordnung der Schauobjekte erleichtert. Daß die Stände in den Hallen nicht nach vollständigen Geräten und Einzelteilen verschiedener Art gruppiert waren, mag sich nicht ändern lassen. Die Aussteller selbst hätten aber mehr für Übersichtlichkeit sorgen können. Ist es nicht ein lächerlicher Widerspruch, daß einerseits viele Quadrat- und Kubikmeter aufgewandt werden, nur um eine oder ein paar statistische Zahlen vor Augen zu führen, anderseits neben komplizierten Geräten nichts als eine kurze Überschrift steht? Wenn die Innenteile eines Empfängers in einem drehbaren Glaskasten gezeigt werden, ist das sehr schön, aber seine Schaltung wird dadurch nicht erkennbar. Die besonderen Vorzüge der einzelnen Geräte sollten daneben in lapidaren, wohlüberlegten Sätzen groß geschrieben zu lesen sein, statt daß man im Gedränge an oft mangelhaft informierte Vertreter Fragen stellen oder die Prospekte studieren muß. Auch diese lassen viel zu wünschen übrig. Nicht nur daß viele noch in den wildesten Formaten gehalten sind, die in keinen Ordner passen, sind sie auch oft nicht sachlich genug. Ein krasses Beispiel: Auf dem Preisblatt einer Firma

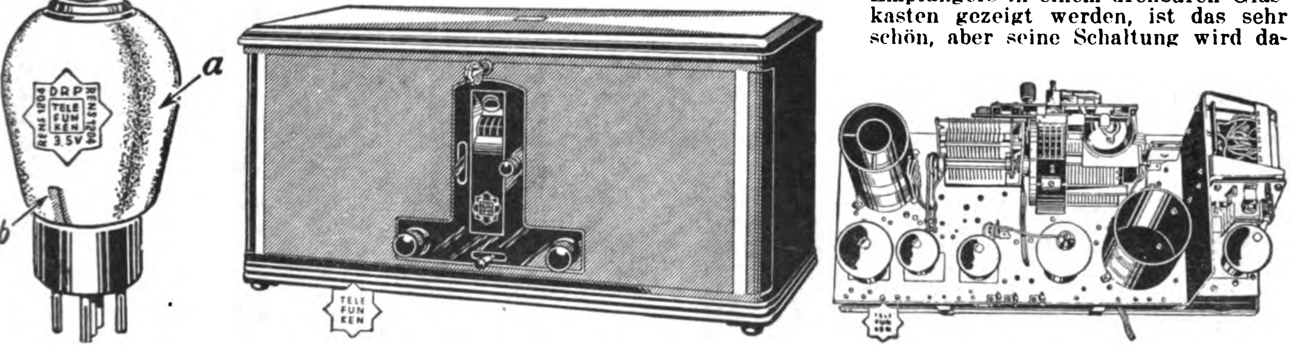


Abb. 1. Schirmgitterröhre RENS 1204.

Abb. 2 u. 3. Vierröhrenempfänger „Telefunken 40".

[1] Über die Ausstellung des Jahres 1928 wurde in der ETZ 1928, S. 1504 berichtet.

steht „Der kleinste Luftkondensator", aber keine zahlenmäßige Angabe seiner Abmessungen! Übrigens sucht man eine solche, so wichtig sie für den Käufer doch ist, auch vergebens in den Prospekten von Firmen wie Nora, Dr. Seibt und Telefunken.



Abb. 4. Dreiröhrenempfänger „De Te We 34".

An technischer Entwicklungsarbeit ist sehr Erfreuliches geleistet worden, wenn es auch an grundlegenden Neuerungen oder auch nur an Keimen solcher gänzlich fehlte. Alles strebt nach bester Leistung und gediegener Ausführung auf einer ruhigen Mittellinie.



Abb. 5. Dreiröhrenempfänger „Tefagon 34 L" mit eingebautem Lautsprecher.

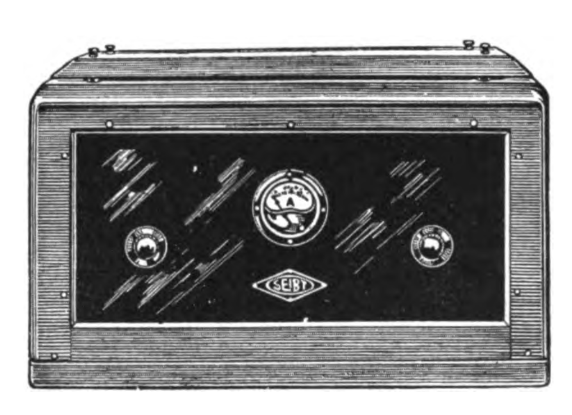


Abb. 7. Kraftverstärker von Dr. Georg Seibt.

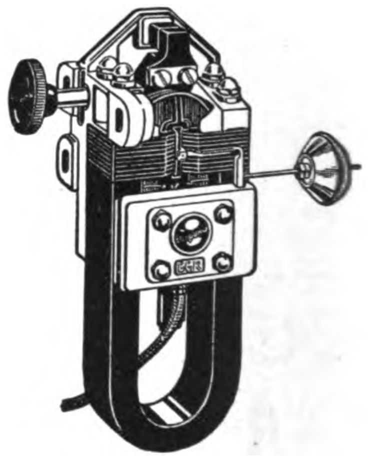


Abb. 9. Großes vierpoliges Antriebsystem der Ideal Werke AG.

Empfangsgeräte. Auf diesem Gebiete hat der Netzanschluß weitere Fortschritte gemacht. Was ihn förderte, war vor allem das allgemeine Verlangen, dem



Abb. 6. Kurzwellenempfänger „Kuhet" der De Te We.

Lautsprecher eine Leistung zuführen zu können, die eine Anodenbatterie allzu schnell erschöpfen würde. Manche Firmen stellen batteriegespeiste Geräte überhaupt nicht mehr her. Bei Wechselstrom — und zu neun Zehnteln war nur für diesen gesorgt — erfolgte die Heizung vom Netz bei den ersten Röhren indirekt, bei den Ausgangsröhren direkt. Der Trockengleichrichter hat sich für diesen Zweck offenbar nicht bewährt. Die Anodenspannung wird durch Glühkathodenröhren mit Einweg-, bei größeren Geräten Zweiweggleichrichtung gewonnen. Von den Schirmgitterröhren — ihre Erfindung ist schon alt — wird erst jetzt ausgiebig Gebrauch gemacht, insbesondere für die Hochfrequenzstufen. Die neuesten Ausführungsformen (Abb. 1*²) sind zur besseren kapazitiven Abschir-



Abb. 8. Kraftverstärker von A. Schwer Söhne, offen.

mung mit einer Metallbespritzung versehen und ergeben eine etwa 50fache Verstärkung. Der netzgespeiste Vierröhrenempfänger mit Schirmgitterröhre im Eingang, Rückkopplung und zweifacher Niederfrequenzverstärkung scheint das Standardgerät der nächsten Zukunft zu sein. Mit Recht, da er schon an einer kleinen Antenne alle Sender heranholt, die nicht ohnedies durch Störungen übertäubt werden. Fast jede Firma hatte ein solches Gerät herausgebracht. Die einzelnen Modelle unterschieden sich aber doch nicht nur in der äußeren Gestaltung sondern auch im inneren Aufbau merklich voneinander. Den Eindruck, am besten durchgebildet zu sein, machte der Telefunken 40*³ (Abb. 2 u. 3), von dem angeblich 50 000 Stück aufgelegt sind. Das Gehäuse stellt das größte bisher erzeugte Isolierpreßstück dar. Ein Differentialkondensator, der zugleich als Lautstärkeregler dient, koppelt die Antenne mit dem Eingang. Die beiden Abstimmkreise liegen vor und hinter der Schirmgitterröhre; ihre Kondensatoren besitzen zwecks genauerer Eichbarkeit einen ungewöhnlich großen Luftabstand (1,75 mm) der Platten und sind miteinander gekuppelt. Die Trommelskala weist vier durch Farben entsprechend den vier Farben des Wellenumschalters gekennzeichnete, nach Frequenzen geeichte Teilungen auf. Bei den gleichartigen Geräten anderer Firmen ist der Bereich der Rundfunkwellen in zwei, nur bei dem Gerät von Koch & Sterzel AG. in drei Stufen unterteilt. Öfters haben die beiden Kondensatoren



*² In der Abbildung bedeutet *a* die Hülle, *b* einen von ihr verdeckten Blechlappen.
*³ Eine etwas ausführlichere Beschreibung erscheint demnächst in der ETZ.

getrennte Skalen, was die Herstellung verbilligt, die Bedienung ein wenig unbequemer macht. Etliche (Ideal, Lumophon, Schaub u. a.) haben einen Sperrkreis eingebaut, um die sonst etwas knappe Selektivität wenigstens bezüglich des Ortssenders zu verbessern. Die Endröhre ist bei den meisten Geräten so stark, daß selbst ein elektrodynamischer Lautsprecher betrieben werden kann. Anschluß für eine Schallabnehmerdose ist überall vorgesehen.

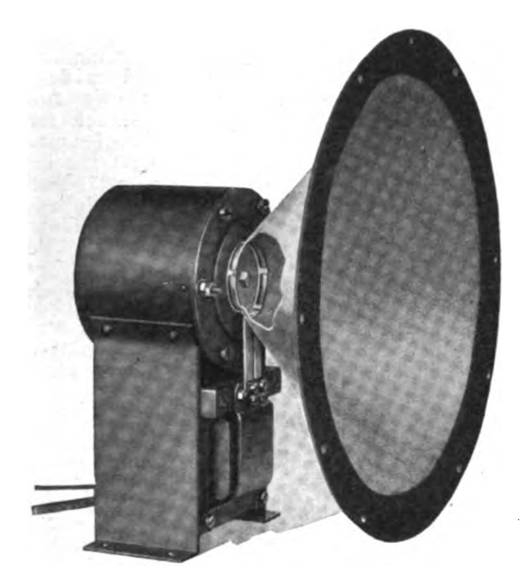


Abb. 10. Elektrodynamischer Lautsprecher der Ideal Werke AG.

In ebenso großer Zahl waren Dreiröhrengeräte mit Netzanschluß vorhanden. Sie sind auch schon als Fernempfänger anzusprechen und besitzen manchmal (Dr. Georg Seibt, Signalbau-Aktiengesellschaft Dr. E. F. Huth) eine Hochfrequenz- und dafür nur eine einzige Niederfrequenzstufe. Auch hier kommt der Einbau eines Sperrkreises vor, z. B. beim Gerät der DeTeWe (Abb. 4); bei ihm lassen sich die beiden Niederfrequenzstufen statt in Kaskade auch in Gegentakt schalten, um die Ausgangsleistung bei Ortsempfang zu vergrößern. — Zwei- und Dreiröhrengeräte werden vielfach mit einem Lautsprecher zusammengebaut (Abb. 5).

An den Empfängern mit fünf und mehr Röhren, die besonders für Rahmenempfang bestimmt sind, ließ sich bemerken, daß die Überlagerungschaltung gegenüber der Neutrodynschaltung an Boden verloren hat. Ein Fünfröhrenempfänger mit zwei Schirmgitterstufen und drei Abstimmkreisen ist der Geador der AEG, dessen Rahmenantenne für die beiden Wellenbereiche zwei in zueinander senkrechten Ebenen stehende Wicklungen aufweist. Das Sechsröhrengerät von Neufeldt & Kuhnke hat vor der Schirmgitterröhre ein aperiodisches Eingangsrohr, hinter ihr noch eine Hochfrequenzröhre und zwei Niederfrequenzstufen. Der schon im Vorjahre erwähnte Fernempfänger von Loewe mit sechs Hochfrequenzstufen (drei Doppelröhren) wird neuerdings mit Netzanschluß und einem durch eine Metallhülle statisch abgeschirmten Rahmen geliefert. Seine Röhren sind bedeutend verbessert worden.



Abb. 11. Elektrodynamischer Lautsprecher von P. Graßmann.

Von den Empfängern für kurze Wellen sei ein Sechsröhren-Superhet der DeTeWe (Abb. 6) mit Batteriebetrieb für Wellen von 10 ... 100 m genannt, der eine revolverartige Spulentrommel (auf der linken Seite vorragend) für 6 Bereiche enthält.

Kofferempfänger sind von fünf oder sechs Firmen ausgestellt worden. Ihr wunder Punkt ist der Akkumulator.

Kraftverstärker. Teils zum Anschluß an Rundfunkempfänger bestimmt, teils selbst mit einem solchen versehen sind die Kraftverstärker, die mehrere Watt Schallstrom zum Betrieb eines oder mehrerer großer Lautsprecher für Gaststätten, Kinos, Kirchen usw. erzeugen. Ihre Endstufe ist durchweg im Gegentakt geschaltet. Das große Gerät (Abb. 7) von Dr. Seibt, ein Beispiel von vielen, enthält eine Rectron-Gleichrichterröhre und zwei Paar Verstärkerröhren; es liefert außerdem Heiz- und Anodenspannung für einen vorzuschaltenden Rundfunkempfänger und die Erregung für einen dynamischen Lautsprecher; Lautstärkeregler und Ausgangstransformator mit besonderen Anschlüssen für dynamische und elektromagnetische Lautsprecher sind vorgesehen; das Meßinstrument zeigt den Gleichstrom des Ausgangs an. Die Anodenverlustleistung, wie der offizielle aber wenig schöne Ausdruck lautet, beträgt 45 W, was etwa 6 W Tonstromleistung bedeutet. Es können ein bis zwei elektrodynamische Lautsprecher angeschlossen werden. — Ähnlich sind die Kraftverstärker von A. Schwer Söhne (Abb. 8).





Abb. 12. Doppelter Bühnenlautsprecher von Graß & Worff.



Abb. 13. Elektrisches Grammophon des Sachsenwerks.

Lautsprecher. Unter den elektromagnetischen Lautsprechern verwirklicht das Antriebsystem der AEG einen neuen Gedanken: Das quadratische Gesetz der magnetischen Anziehung bewirkt Verzerrung; um die Charakteristik linear zu machen, wird der Drehpunkt des Ankers so verlegt und letzterer so gestaltet, daß sich der wirksame Hebelarm bei Annäherung an die Pole im entgegengesetzten Sinne ändert. Die vierpoligen Systeme (magnetisch-neutraler Anker) weisen keine Neuerungen auf, nur werden sie zum Teil kräftiger als bisher gebaut (Abb. 9). Für größere Leistungen steht der elektrodynamische Lautsprecher obenan. Seinem Bau haben sich überraschend viele Firmen zugewandt. Die Hauptaufgabe dabei ist die zuverlässige Lagerung der beweglichen Spule im engen Ringspalt des Feldmagneten. Meist dient eine in federnde Bänder aufgeschnittene Platte dafür. Radiophon benutzt ein in Schlitze des Innenpoles gestecktes Kreuz aus Weichgummi. Sehr hübsch, weil bequem einstellbar, ist die Anordnung von Mende mit zwei gekreuzten Saiten, an die die Spulenwände gekittet sind. Eine eigenartige Lösung (Abb. 10) hat Dr. Asch für die Ideal Werke AG. gefunden: Die Spule hat nur eine einzige Windung aus Aluminiumband (in der Abb. 10 durch den Ausschnitt des Konus sichtbar) und wird von den Stromzuführungen federnd getragen; der Transformator muß natürlich dicht angebaut sein. — Allgemein zieht man es aus Herstellungsgründen vor, die bewegliche Spule nicht hochohmig zu wickeln sondern einen Ausgangstransformator anzuwenden. Für die rd. 10 W erfordernde Felderregung ist bei manchen Empfängern eine Steckbuchse vorgesehen, die vom Anodenstrom-Gleichrichter abgezweigt ist. Mindestens ebenso oft wählt man aber die Feldwicklung niedervoltig und speist sie von einem Trockengleichrichter. Abb. 11 zeigt ein Modell von Peter Graßmann, bei dem der Netztransformator im Fuß des Magneten, an seinen Seiten der Trockengleichrichter und ein Trockenkondensator untergebracht sind. Letzterer, hergestellt von G. Wandel, besitzt 1500 µF und unterdrückt den restlichen Wechselstromton. Ähnliche



Ausführungen brachten Saba sowie Neufeldt & Kuhnke. Der Hauptvorteil des elektrodynamischen Lautsprechers besteht darin, daß seine Konusmembran infolge ihres geringen Gewichts schnelle, infolge ihrer niedrigen Eigenfrequenz (sie wird am Rande von einem weichen Lederring gehalten) aber auch langsame Schallschwingungen richtig wiederzugeben vermag. Um diesen Vorzug zur Geltung zu bringen, muß dafür gesorgt werden, daß auch die tiefen Frequenzen als Schall ausgestrahlt werden. Das geschieht in der vom Verfasser 1915 angegebenen Weise[4] dadurch, daß die Membran in die Mitte eines etwa 1 m² großen hölzernen „Schallschirmes" gesetzt wird. Einen Bühnenlautsprecher mit einem derartigen Doppelaggregat der Firma Graß & Worff zeigt Abb. 12.



Abb. 14. Musikschrank „Noracord".

Schallplatten. Seit es sich erwiesen hat, daß die Schallplatte am besten auf dem Wege über elektrische Dose, Verstärker und Lautsprecher wiedergegeben werden kann und für größere Leistungen nur auf diesem Wege, hat sie sich mit dem Rundfunk innig verbunden. Eine Folge davon war, daß man in der Ausstellung nicht mehr von allen Ecken dieselbe Rundfunkmusik hörte, sondern daß die Lautsprecher ausschließlich mit Platten vorgeführt wurden. Von den Schallabnehmerdosen gab es Dutzende Modelle; die Merkur A.G. brachte sogar eine kombinierte akustisch-elektrische Dose mit zwei Nadelklemmen. Um die Platte zu schonen, werden die Trägerarme für die Abnehmerdosen gern durch Gegengewicht oder Feder (z. B. M. Braun) entlastet. Ein Schallplattengerät mit mechanischem Werk in Verbindung mit einem Dreiröhrenempfänger und Lautsprecher, nicht größer als ein gewöhnliches Grammophon, haben die C. Lorenz A. G. und das Sachsenwerk (Abb. 13) herausgebracht. Erwünschter, aber wesentlich teurer ist natürlich der Antrieb durch einen Elektromotor. Einfacher als alle anderen ist der der C. Lorenz A.G., ein vielpoliger Synchronmotor, der mit 78 U/min läuft und auf dessen Achse der Plattenteller sitzt. Daß man ihn mit der Hand anwerfen muß, bedeutet keinen Nachteil, wohl aber daß die Geschwindigkeit selbstverständlich nicht verändert werden kann.

Schallschränke oder -truhen mit elektrischem Antrieb für die Platte und Kraftverstärker, gewöhnlich auch für Funkempfang eingerichtet, waren zahlreich vertreten. Raumsparend ist durch seine turmartige Form der „Noracord" (Abb. 14) der Nora-Radio G. m. b. H. Einen hochwertigen Fernempfänger enthält der Lange-Imperator. Beide sind mit einem elektrodynamischen Lautsprecher ausgerüstet. Im großen Apparat von Graß & Worff (Abb. 15) befinden sich zwei Plattenteller zum Zwecke ununterbrochenen Spielens.

Einzelteile. Hier sah man wenig Neues. Zu erwähnen wäre der Lautstärkeregler von J. Feldmann für Schallabnehmerdosen, der durch Verbindung eines Potentiometers mit einem regelbaren Vorschaltwiderstand eine über das ganze Regelbereich konstante Dämpfung schafft. Die Ultra G. m. b. H. stellt jetzt auch Zwergröhren von nur 15 mm Dmr. her, die namentlich für den Bau kleiner Kofferempfänger erwünscht sind. Der „Kombinator" von Dralowid (Steatit-Magnesia AG.), ein Preßstück mit einer Röhrenfassung, Kondensatoren und Stabwiderständen, bildet ein Einbauelement für Widerstandskopplung. Für viele Zwecke brauchbar ist ein Hochohmpotentiometer mit ringförmigem Widerstande von Panadi.



Abb. 15. Großer Musikschrank von Graß & Worff.

Äußerst kleine und billige Papierkondensatoren, dennoch auf 1000 V geprüft, liefern die Nürnberger Schraubenfabrik u. Fassondreherei und Röderstein.

Mehr ins Gebiet der allgemeinen Elektrotechnik gehört ein Spannungsregler von Dr. Dietz & Ritter G.m.b.H., der selbsttätig durch stufenweise Änderung der Übersetzung eines Transformators Spannungsschwankungen im Wechselstromnetz ausgleicht. Eigentlich wäre es Sache der Elektrizitätswerke, sie zu vermeiden. Sie sind die Hauptursache gewisser Klagen über Netzanschlußgeräte. Die Firma Autom G. m. b. H. hat Maschinen für die Herstellung von Trockenelementen ausgestellt. Die neueste derselben (Abb. 16), deren Arme im Kreise wandern, zentriert die eingelegten Puppen in den Zinkbechern, füllt sie elektrolytisch, verkocht und kühlt; Tagesleistung 80 000 Stück. — Von vielen Geräten waren die Gehäuse (Holz oder Blech) nach dem Verfahren der Masa G. m. b. H. behandelt, einer Art Offsetdruck, welcher edles Holz recht gut vortäuscht.

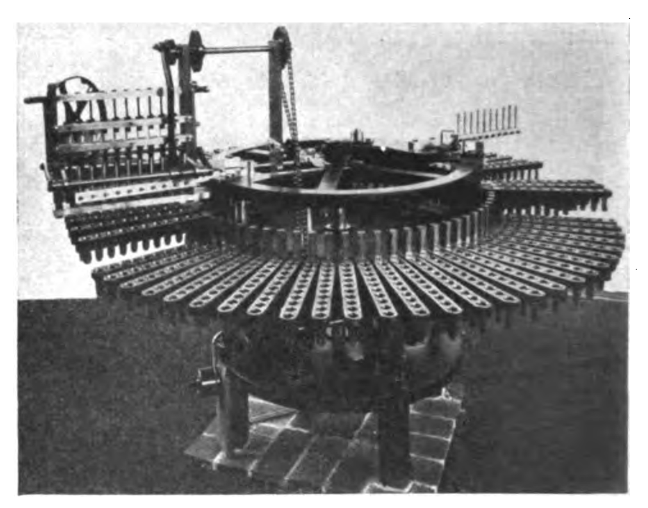


Abb. 16. „Autom"-Maschine zur Herstellung von Trockenelementen.

Einen Hauptanziehungspunkt der Ausstellung bildeten die im Betrieb vorgeführten Fernseher von Baird, Mihaly und Telefunken sowie der Reichspost. Noch ist das drahtlose Fernsehen nicht ideal gelöst, ein unzulängliches Wunder. Aber das Empfangsgerät ist so einfach, daß sich gewiß schon jetzt ein großer Abnehmerkreis finden wird.

Nicht weit davon stand eine Plastik: Eine bläuliche Glasplatte, darauf eine kupfrige Kugel von etwa 1 m Dmr., die mit einigen windschiefen Gittertürmen und kleinen Prismatoiden besetzt war. Um die Türme hingen verbogene Sofafedern. Das Ganze soll den Weltrundfunk symbolisieren. Wenn die Kunst sich die Technik zum Vorwurf nimmt, darf die Technik der Kunst einen Vorwurf machen. Das sei hiemit geschehen.

---

[4] DRP. 289 385.

Die Vereinheitlichung von hydrokalorischen Verbundbetrieben.

Von Dr.-Ing. **Michael Seidner,** Budapest.

Übersicht. Es werden die Bedingungen aufgestellt, wie Lauf-, Tages- und Jahresspeicherwerke mit kalorischen Werken zu einheitlichen Verbundbetrieben vereinigt werden sollten, um die höchste Wirtschaftlichkeit und die niedrigsten Erzeugungskosten zu erreichen.

Die Verfolgung der höchsten Wirtschaftlichkeit und der niedrigsten Erzeugungskosten hat bei der kalorischen Energieerzeugung zu einer Einheitlichkeit geführt, die einerseits in dem technischen Aufbau von Wärmekraftwerken, anderseits in der systematischen Entwicklung der kalorischen Energiegroßwirtschaft zum Ausdruck kommt. In der hydraulischen Energieerzeugung ist eine einheitliche Auffassung und Ausführung weniger erkennbar; die Auffassungen gehen sogar in der grundlegenden Frage, wie die höchste Wirtschaftlichkeit und die niedrigsten Erzeugungskosten zu erreichen und die Konkurrenzfähigkeit gegenüber Wärmekraftwerken zu sichern sind, auseinander; sie wird individuell aufgefaßt und uneinheitlich gelöst.

Die Abflußmengen eines Wasserlaufs ändern sich zwischen weiten Grenzen. Der sekundliche Abfluß schwankt zwischen den Niedrigst- und Höchstwassermengen; die Abflußmengen während der nassen Jahre sind i. a. 2- bis 3mal und die erzeugbaren Energien eines Laufkraftwerks während der nassen Jahre etwa 1,5mal so groß wie die während der trockenen Jahre. Man trachtet, den Abfluß der nassen Jahre möglichst voll zu verarbeiten, um damit die Kosten der erzeugbaren Kilowattstunde möglichst niedrig halten zu können; selbstverständlich hat man dabei für die Betriebsbereitschaft gegenüber den täglichen Schwankungen des Abflußwassers zu sorgen und die während der trockenen Jahre ausfallenden Energiemengen anderweitig zu ersetzen.

Die Anpassung der hydraulisch erzeugten Rohenergie an den Verbrauch — die Veredelung eines Rohproduktes — ist mit bedeutenden Ausgaben verbunden; bei dem Entwerfen einer Wasserkraftanlage hat man daher nach dem wirtschaftlichen Gesamtergebnis, somit nach der höchsten Wirtschaftlichkeit und den niedrigsten Erzeugungskosten der v e r e d e l t e n Energie zu trachten. Dieses Ziel wird nun verschiedenartig verfolgt. Es gibt Wasserkraftwerke, die bestrebt sind, die Energie in rohem Zustande billig abzugeben, und es den Verbrauchern überlassen, ihre Betriebe der jeweiligen Energiedarbietung anzupassen oder aber die übernommene Rohenergie selbst zu veredeln. Manche Werke errichten für die Veredelung der Rohenergie große Speicherbecken, und es bestehen schließlich Werke, die zur Sicherung des Betriebes gegen Schwankungen des Abflußwassers sowie zum Ersatz des Wasserausfalls während der trockenen Jahre eigene kalorische Kraftwerke aufstellen. Aber selbst bei der Anlage kalorischer Hilfswerke gehen die Auffassungen und Ausführungen auseinander; es sind Wasserkraftwerke bekannt, bei denen die Leistung des kalorischen Hilfswerks vernachlässigbar ist, es finden sich aber auch solche, die den größten Teil der Energie kalorisch erzeugen.

Zur Beleuchtung dieser Feststellungen seien einige Beispiele angeführt.

Die Höchstbelastung der s c h w e i z e r i s c h e n ö f f e n t l i c h e n E l e k t r i z i t ä t s w e r k e betrug im Jahre 1927 rd. 600 000 kW[1], davon wurden nur 10 000 kW aus eigenen kalorischen Anlagen gedeckt. Die Wasserschwankungen wurden bisher mit Hilfe von Speicherbecken ausgeglichen, deren Aufnahmefähigkeit 315 Mill kWh, rd. 10 % der Jahreserzeugung, betrug. Den Ausfall in den trockenen Jahren glich man teilweise kalorisch, teilweise durch Energiekauf von privaten Werken, teilweise durch Drosselung der rd. 1000 Mill kWh betragenden Energieausfuhr und schließlich durch Energiezufuhr von ausländischen Wärmekraftwerken (1921/1922 von Nancy und Mailand) aus. Bezüglich der weiteren Energiepolitik wurden von dem Amt für Wasserwirtschaft eingehende Berechnungen durchgeführt. Im Zusammenhang mit dieser Frage hat der Verfasser darauf hingewiesen[2], daß bei der weiteren Entwicklung der Energieerzeugung kalorische Werke in ausgiebiger Menge und Größe aufgestellt werden sollten.

Ein Gegenbeispiel zeigt die Energieversorgung von W i e n. Wien liegt bekanntlich im Schoß der größten Wasserkräfte Europas, und dennoch werden von dem rd. 500 Mill kWh betragenden Jahresverbrauch in den Kraftwerken Opponitz, Gaming und Partenstein nur rd. 120 Mill kWh hydraulisch erzeugt, 380 Mill kWh aber kalorisch gedeckt[3].

Als Schulbeispiel für die Veredelung der hydraulischen Energie mit Hilfe von Speicherung dienen die Werke der G e o r g i a P o w e r C o. im Südosten der Vereinigten Staaten[4]. Diese Gesellschaft besitzt eine hydraulische Leistung von 215 000 kW; davon sind 180 000 kW Jahresspeicherwerke mit einem Speichervermögen von 166 Mill kWh, während die Leistung der eigenen kalorischen Werke nur 23 000 kW beträgt. Da diese in den Quellgebieten angelegten Hochdruckspeicherwerke die Jahresabflußmengen voll verarbeiten können, sind die Erzeugungsmöglichkeiten während der trockenen bzw. der nassen Jahre ziemlich verschieden. So kam es in dem trockenen Jahr 1925 vor, daß die Speicherbecken nur halb gefüllt werden konnten und das Elektrizitätswerk in Not geriet[5]. Die Gesellschaft mußte sich nachher entschließen, trotz der hohen Kosten der gewaltigen Speicherbecken auch ein kalorisches Großkraftwerk — vorläufig mit einer Leistung von 75 000 kW — zu bauen.

Es sei schließlich erwähnt, daß das Bayernwerk seine kalorische Bereitschaft durch Errichtung eines Großkraftwerkes bei Schwandorf ebenfalls bedeutend erhöht[6].

Auf Grund der angeführten Betrachtungen und Erfahrungen kann als e r s t e Bedingung der hydraulischen Energieerzeugung festgestellt werden, daß zu einem Ausgleich der Schwankungen der Jahresabflüsse hydraulische Werke, sowohl Lauf- als auch Tages- und Jahresspeicherwerke, mit kalorischen von ausgiebiger Größe zusammenarbeiten sollten.

Die zwei Kraftwerkstypen verschiedener Eigenschaften sollten aber nicht zufällig nebeneinandergelegt sondern, ihren speziellen Eigenschaften entsprechend, zur Erzeugung der Grund- bzw. der Spitzenenergien in einem Verbundbetrieb derart konstruktiv vereinigt werden, daß nicht die beiden Werktypen, sondern der hydrokalorische Verbundbetrieb die Energie wirtschaftlichst und billigst erzeugen können. Gemäß den Prinzipien der Verbundwirtschaft sollten die langandauernden Grundenergien von Kraftwerken erzeugt werden, deren Brennstoffkosten, während die Spitzenenergien solcher Kraftwerke bedürfen, deren Kapitalsdienste niedrig ausfallen. Die Grundenergien können auch auf größere Entfernungen übertragen werden, während die Spitzen möglichst an den Verbrauchstellen erzeugt werden sollten. Laufkraftwerke und kalorische Werke sind demgemäß im Verbundbetrieb in der Weise zu vereinigen, daß die Grundenergien von den Laufkraftwerken und die Spitzen von den kalorischen Werken erzeugt werden.

Der Ausbau eines Laufkraftwerks ist gegen Wasserschwankungen entsprechend zu sichern. Die Sicherung erfolgt vorzüglicherweise auf kalorischem Wege; demgemäß wird das kalorische Spitzenkraftwerk so bemessen, daß es in Zeiten von Wasserklemmen außer den Spitzenenergien auch die Ersatzenergien liefern kann. Da das hydraulische Werk demzufolge mit dem Kapitaldienst des kalorischen Ersatzwerks belastet ist, erscheint die Konkurrenzfähigkeit des Verbundbetriebs gegenüber der reinen kalorischen Energieerzeugung nur in dem Fall aussichtsvoll, daß die Kosten der gelieferten hydraulischen Rohenergien die Brennstoffkosten der ersetzten kalorischen Energie nicht übersteigen. Aber selbst in diesem Fall können die Erzeugungskosten der Verbundbetriebe nur durch eine Massenlieferung billiger hydraulischer Energie unter die Kosten der reinen kalorischen

[1] Wirtschaftliches über die Energieversorgung des Landes im Winter. Mitt. Nr. 23 des eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, Bern 1928. Vgl. ETZ 1929, S. 460.

[2] Schweiz. Bauzg. Bd. 93, 1929, S. 268.

[3] Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke.

[4] T. S a v i l l e, The power situation in the southern Appalachian States. Manufacturers Record vom 21. IV. 1927.

[5] Interconnection saves south. El. World Bd. 87, 1926, S. 91.

Wasserkr. u. Wasserwirtsch. 1928, Heft 4.



Erzeugung herabgedrückt werden. Eingehende Berechnungen, die der Verfasser an praktischen Beispielen durchgeführt hat, ergaben, daß zur Sicherung der Konkurrenzfähigkeit des Verbundbetriebs möglichst die volle Grundenergie hydraulisch gedeckt werden sollte[7]. Dieser Bedingung wird Genüge getan, wenn die im Durchschnittsjahre erzeugbare hydraulische Energie den vollen Energiebedarf des betreffenden Elektrizitätswerks möglichst übersteigt; die Grundenergien können auch von mehreren Laufkraftwerken erzeugt werden.

Die zweite Bedingung der wirtschaftlichen und billigen hydraulischen Energieerzeugung kann demgemäß folgenderweise ausgedrückt werden: Laufkraftwerke sollten mit kalorischen Spitzenkraftwerken derart zu Verbundbetrieben vereinigt werden, daß die im Durchschnittsjahr erzeugbaren hydraulischen Energien sämtlicher Laufkraftwerke den vollen Jahresbedarf des Elektrizitätswerks möglichst übersteigen.

Die Ausbaugröße eines Laufkraftwerks pflegte man früher gemäß der neunmonatigen Abflußmenge zu bestimmen. Demgegenüber kann festgestellt werden, daß der Ausbau eines solchen um so mehr gesteigert werden sollte, je niedriger die Erzeugungskosten der hydraulischen Energie gegenüber denen der kalorischen Spitzenenergien sind. An praktischen Beispielen durchgeführte Berechnungen des Verfassers zeigen sogar das eigenartige Ergebnis, daß Laufkraftwerke i. a. nicht auf die Größe auszubauen sind, bei welcher die Kosten der erzeugbaren Kilowattstunde niedrigst ausfallen, sondern unter Umständen bedeutend höher[8]. Laufkraftwerke arbeiten dementsprechend im Rahmen eines Verbundbetriebs nicht mehr mit der höchsten Wirtschaftlichkeit; diese und die niedrigsten Erzeugungskosten zeigen sich in der Gesamtkonstruktion des Verbundbetriebs und in den Gesamtkosten der veredelten Energie.

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Kosten der in einem Laufkraftwerk erezeugten Energien niedrig ausfallen sollten. Nehmen wir an, daß die Kosten der im Durchschnittsjahr in einem Laufkraftwerk erzeugbaren Kilowattstunde h Pf und, falls dieselbe Energiemenge in einem kalorischen Kraftwerk gleicher Größe erzeugt werden sollte, die Kosten der kalorisch erzeugten Kilowattstunde k Pf betragen. Das Verhältnis $h : k$ — im folgenden hydrokalorischer Faktor genannt — bezeichnet die Konkurrenzfähigkeit und die Ertragsaussichten des Verbundbetriebs gegenüber der reinen kalorischen Erzeugung. Berechnungen ergeben, daß ein hydrokalorischer Verbundbetrieb, der derart konstruiert ist, daß die im Durchschnittsjahr erzeugbare hydraulische Energie den Jahresbedarf übersteigt, gegenüber einem kalorischen Kraftwerk gleicher Größe noch konkurrenzfähig ist, wenn sein hydrokalorischer Faktor 0,6 nicht überschreitet. Dieses Ergebnis scheint mit der weiter oben erwähnten Feststellung, wonach die Kosten der hydraulischen Grundenergie nicht höher ausfallen sollten als etwa die Brennstoffkosten der ersetzten kalorischen Energie, im Einklang zu stehen.

Als dritte Bedingung der wirtschaftlichen und billigen Erzeugung hydraulischer Energie gilt somit die Feststellung, daß der hydrokalorische Faktor eines Laufkraftwerkes nicht höher ausfallen sollte als 0,6; je niedriger er ist, um so höher sollte das Laufkraftwerk ausgebaut werden, und um so höher stellt sich der Ertrag des Verbundbetriebs gegenüber den Erzeugungskosten eines kalorischen Kraftwerks gleicher Größe.

[7] M. Seidner, Die Konkurrenzfähigkeit von hydrokalorischen Verbundbetrieben. Wasserkr. u. Wasserwirtsch. 1929, Heft 5.

[8] M. Seidner, Die Flußkraftwerke in der Energiewirtschaft. Die Wasserwirtsch. 1928, Heft 19 u. 20.

Wasserkraftwerke, mit den Kosten eines Speicherbeckens belastet, sind um so mehr zur Lieferung von hochwertigen Spitzenenergien heranzuziehen, je größer die Kosten der Speicherbecken sind. Durch eine entsprechende Erhöhung des Ausbaus werden die Anlagekosten der kW-Leistung zweckdienlich heruntergedrückt; bei Jahresspeicherwerken, die durch Talsperren gebildet werden, sollte dementsprechend der Ausbau soweit erhöht werden, daß 1 kW Leistung jährlich nur etwa 1000 bis 500 kWh erzeugen kann. Während die im Jahre 1905 in Betrieb genommene Urfttalsperre im Durchschnittsjahr 3000 kWh/kW erzeugen kann und die Anlagekosten der kW-Leistung 900 RM betrugen[9], wurde das bekannte während des Kriegs errichtete Speicherkraftwerk Wäggital (Schweiz) auf eine Jahreserzeugung von 800 kWh/kW ausgebaut, wodurch sich die Anlagekosten der ausgebauten kW-Leistung trotz der allgemeinen Teuerung bis auf 600 RM ermäßigen ließen[10].

Um aber für den hohen Ausbau auch eine Verwendung finden zu können, sollten Speicherkraftwerke im Rahmen von hydrokalorischen Verbundbetrieben in Elektrizitätswerke hineinarbeiten, deren Grundenergien von kalorischen Werken erzeugt werden und deren Verbrauch an Spitzenenergien entsprechend hoch ist. Nach durchgeführten Berechnungen bedürfen Jahresspeicherwerke im Rahmen von hydrokalorischen Verbundbetrieben solche Elektrizitätswerke, deren Jahresverbrauch die im Durchschnittsjahr erzeugbare Energiemenge des Speicherwerks 10- bis 20mal übersteigt. Die Urfttalsperre mit ihrer Jahreserzeugung von rd. 25 Mill kWh sollte daher auf ein Absatzgebiet arbeiten, dessen Jahresbedarf 250 bis 500 Mill kWh beträgt. Tagesspeicherwerke können demgegenüber — je nachdem die Kosten der Speicherbecken niedriger oder höher ausfallen — in Elektrizitätswerke eingeschaltet werden, deren Jahresverbrauch 1- bis 10mal so groß ist wie die im Durchschnittsjahr abfließende Energie des Speicherwerks.

Die vierte Bedingung der wirtschaftlichen und billigen Erzeugung von hydraulischer Energie lautet auf Grund dieser Erörterungen folgendermaßen: Speicherkraftwerke sollten um so höher ausgebaut und zur Deckung der Spitzenenergien von um so größeren Absatzgebieten herangezogen werden, je höher die Anlagekosten des Speicherbeckens sind; Wasserkraftwerke in Verbindung mit Talsperren sollten dementsprechend auf eine Jahreserzeugungsmöglichkeit von 1000 ... 500 kWh/kW ausgebaut und zur Deckung der Spitzen in solche Elektrizitätswerke eingeschaltet werden, deren Jahresverbrauch 10- bis 20mal so groß ist wie die im Durchschnittsjahr erzeugbare Energie; Tagesspeicherwerke können mit einem Ausbau von 3000 ... 1500 kWh/kW in Elektrizitätswerke hineinarbeiten, deren Jahresverbrauch das 1- bis 10fache der im Durchschnittsjahr erzeugbaren Energie beträgt.

Die vorgeführten Ergebnisse stellen die Bedingungen der Konkurrenzfähigkeit von hydraulischen Werken gegenüber der kalorischen Energieerzeugung dar. Diese Bedingungen weisen darauf hin, daß für die Konkurrenzfähigkeit eine billige Erzeugung der hydraulischen Energie nicht genügt; die richtige qualitative und quantitative Mischung mit kalorischer Energie in dem Veredelungsprozeß der rohen hydraulischen Energie spielt eine wesentliche Rolle bei der Ausgestaltung der Erzeugungskosten. Da aber die Konstruktion eines hydrokalorischen Verbundbetriebs in den Händen des Entwerfenden bzw. des Betriebsingenieurs liegt, erscheint eine bezügliche Vereinheitlichung für den Bau und Betrieb von hydraulischen Werken nutzbringend und erwünscht.

[9] A. Ludin, Die Wasserkräfte. Verlag von J. Springer, Berlin 1913.

[10] Führer durch die schweizerische Wasserwirtschaft. Zürich 1926.

Vergleich der Vorschriften verschiedener Länder für Transformatoren- und Schalteröle.

Von Dr. **K. Typke**, Berlin.

Übersicht. Es wird versucht, die Prüfvorschriften verschiedener Länder durch Umrechnen der nach verschiedenen Methoden erhaltenen Werte ineinander und Angabe erfahrungsgemäß erhaltener Analysendaten miteinander vergleichbar zu machen.

Die Vorschriften der verschiedenen Länder für Transformatoren- und Schalteröle weichen sehr erheblich voneinander ab. Es ist oft wünschenswert, sie miteinander zu vergleichen, doch ist dies nicht ohne weiteres möglich, da die Prüfungen teilweise in verschiedenartiger Weise ausgeführt sind. Zweck der vorliegenden Arbeit ist es, die Vorschriften, soweit es möglich ist, durch Umrechnung der Werte ineinander und Angabe erfahrungsgemäß gewonnener Analysenergebnisse miteinander vergleichbar zu machen. Es sind außer den deutschen die Vorschriften von Schweden, Schweiz, Italien, England und Belgien berücksichtigt worden. In der folgenden Zahlen-

tafel 1 ist jeweils das Jahr, in dem die mir vorliegende Vorschrift erschienen ist, genannt; soweit mir Abänderungen bekannt geworden sind, ist dies in Fußnoten angegeben. Die Angaben über elektrische Festigkeit sind fortgelassen, da jedes reine Mineralöl nach Trocknung eine allen Anforderungen genügende Durchschlagfestigkeit gibt. Wo für einzelne Verwendungszwecke besondere Vorschriften bestehen, ist dies in der Tafel mit „spez." vermerkt. Die näheren Angaben finden sich dann ebenfalls in den Fußnoten.

Flammpunkt: In Deutschland und der Schweiz wird der Markusson-Apparat mit offenem Tiegel, in Schweden, Italien, England und Belgien der Pensky-Martens-Apparat mit geschlossenem Tiegel verwandt. Bei Transformatoren- und Schalterölen wurden bei 145° Flammpunkt im offenen Tiegel etwa 135 ... 140° im Pensky-Apparat, bei 145° im Pensky etwa 152 ... 158° im offenen Tiegel gefunden. Die jetzt in Deutschland im Handel befindlichen Öle haben zum großen Teil einen höheren Flammpunkt als den vorgeschriebenen von 145°

Zahlentafel 1. Anforderungen an Transformatoren- und Schalteröle in den Maßen, die in den Vorschriften der verschiedenen Länder angegeben sind.

Land	Deutschland	Schweden	Schweiz	Italien	England	Belgien
Jahr	1927	1925/26 (Ref. ETZ 1927, S. 1006)	1925	1927	1927	1922
Spez. Gewicht	unter 0,92 „ 0,895 spez.*	0,85 ... 0,92	—	—	—	0,85 ... 0,92
Viskosität	unter 8 Engler b. 20° C	unter 8 Engler b. 20° C	unter 8 Engler b. 20° C	unter 8 Engler b. 20° C	unter 200 Redwood-Sek. b. 15,5° C	unter 8 Engler b. 20° C 2,5 Engler b. 50° C 1,5 Engler b. 75° C
Flammpunkt	offener Tiegel über 145° über 120° spez. †	Pensky-Martens über 145°, Toleranz 5°	offener Tiegel über 145°	Pensky über 140°	Pensky über 145°	Pensky über 170°
Stockpunkt	unter — 15° unter — 40° spez. **	unter — 30° unter — 50° spez. ** Toleranz 5°	muß bei — 20° in 10 s im Reagenzglas 10 cm fließen	U-Rohr in 4 s b. 0°, in 12 s b. — 5° 40 mm steigen, spez. 6 s —5°, 18 s — 20° **	unter 0° — 10° — 30° spez.**	— 15° flüssig
Säurezahl	unter 0,05 mg KOH/g Öl	unter 0,05 % Ölsäure	unter 0,1 mg KOH/g Öl	unter 0,05% Ölsäure	unter 0,2 mg KOH/g Öl	—
Asche	unter 0,01 %	unter 0,01 %	—	—	—	—
Verdampfungsverlust	—	nach 5 stündiger Erhitzung im Holde-Apparat auf 100° unter 2%	—	—	nach 5 stündiger Erhitzung in einem Gefäß bestimmter Abmessungen in einem Toluolbad nicht über 1,6 %	nach 3 stündiger Erhitzung in einem Gefäß bestimmter Abmessungen auf 170° nicht über 1,5 %
Oxydationsprüfung	Verteerungszahl (70 stündige Erhitzung auf 120° unter Sauerstoffeinleiten) unter 0,1	Verteerungszahl (70 stündiges Erhitzen auf 120° unter Sauerstoffeinleiten) Kl. I unter 0,12 †† Kl. II unter 0,25	nach 336 stündiger Erhitzung im Kupfertopf an Luft Schlamm unter 0,3 Vol.-% Säurezahl unter 0,4 Abnahme der Festigkeit von Baumwollfäden unter 30%	nach 300 stünd. Erhitzen auf 110° in Gegenwart von Kupferdrahtnetz Schlamm unter 0,5% Säure unter 0,25 % Ölsäure, Festigkeit von Baumwollfäden nicht unter 60 % gesunken	nach 45 stünd. Erhitzen auf 150° unter Luftdurchleiten in Gegenwart von Kupferblech nicht über Klasse A 0,1, Klasse B 0,8 % Schlamm	nach 10 stünd. Erhitzen auf 200° kein Schlamm *†
Sonstiges	—	—	—	nicht über 0,25 % Schwefel	Verseifungszahl unter 4 mg KOH. Blankes Kupferblech nach 12 stündiger Erhitzung auf 100° nicht verfärbt	—

* Bei Transformatoren und Schaltern, deren Kessel von der Außenluft umspült werden und die keine besondere Heizvorrichtung haben, soll nach den deutschen Vorschriften Öl verwendet werden, dessen spezifisches Gewicht nicht mehr als 0,895 beträgt, damit etwa gebildetes Eis nicht im Öle schwimmt oder aufsteigt.

† Bei Ölen, deren Stockpunkt unter — 40° ist, darf nach den deutschen Vorschriften der Flammpunkt nicht unter 120° — gegenüber 145° sonst — liegen. Ob aber überhaupt ein Öl mit diesem niedrigen Flammpunkt in Deutschland als Transformatoren- und Schalteröl angeboten wird, ist mir nicht bekannt geworden.

** Bei Schaltern, deren Kessel von der Außenluft umspült werden und die keine besondere Heizvorrichtung besitzen, darf nach den deutschen Vorschriften der Stockpunkt nicht höher als — 40° sein. Ebenso werden in Schweden, Italien und England in Fällen, wo besondere Kältebeständigkeit des Öles notwendig ist, schärfere Anforderungen an den Stockpunkt gestellt.

†† Norlin hat in einer Veröffentlichung des Staatlichen Prüfungsamts, Stockholm, vom März 1926 eine Verteerungszahlmethode, vorgeschlagen, bei der in Gegenwart von Kupfer am Rückflußkühler gearbeitet wird. Ob diese Methode amtlich in Schweden eingeführt worden ist, entzieht sich meiner Kenntnis. Es ist im folgenden nur die in der Zahlentafel angegebene Verteerungszahl ohne Kupfer berücksichtigt worden.

*† Die belgische Prüfung ist inzwischen mehrmals geändert worden. Nach Bull. Fédérat. Ind. chim. Belg., Bd. 7, S. 251, wird nach der augenblicklichen Vorschrift das Öl 5 h auf 170° erhitzt; die Temperatur von 200° soll aber neuerdings wieder vom belgischen elektrotechnischen Comité der Internationalen Elektrotechnischen Kommission vorgeschlagen worden sein.

Zu Zahlentafel 1 sind einige Bemerkungen über die Beziehungen der in den verschiedenen Ländern angewandten Prüfmethoden zueinander zu machen.

Viskosität: In Deutschland, Schweden, Schweiz, Italien und Belgien ist das Englersche Viskosimeter vorgeschrieben, in England das von Redwood. Tabellen zur Umrechnung der erhaltenen Werte ineinander sind an verschiedenen Stellen zu finden[1]. Hier seien nur einzelne Werte angeführt:

8	Engler	= 250	Redwood-Sekunden
7	„	= 219	„ „
6	„	= 188	„ „
5	„	= 156	„ „
4	„	= 124	„ „

200 Redwood-Sek./15,5 ° C (englische Vorschrift) = 6,4 Engler/15,5 ° C; dies entspricht bei russischem Öl etwa 5,3 Engler/20 ° C.

[1] Petroleum-Vademecum, Verlag f. Fachliteratur, Wien-Berlin. — Holde, Kohlenwasserstofföle und Fette, 6. Aufl., S. 215/17. — Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln, 5. Aufl., S. 72.

im offenen Tiegel. Er lag bei mehreren untersuchten Ölen bei 155 ... 158 ° im offenen Tiegel und um 150 ° im Pensky-Martens-Apparat. Es scheint dies aus dem Grunde der Fall zu sein, damit die Hersteller für die Raffination der nach Schweden, Italien und England bestimmten Öle das gleiche Destillat wie für die für Deutschland und die Schweiz bestimmten Öle verwenden können.

Stockpunkt: Die Werte im Reagenzglas und im U-Rohr lassen sich nicht ohne weiteres miteinander vergleichen. Es kann nur bei größerem Temperaturabstand gesagt werden, ob ein Öl, das im Reagenzglas einen bestimmten Stockpunkt hat, bei der bei der U-Rohr-Methode vorgeschriebenen Temperatur noch genügendes Fließvermögen besitzt oder nicht.

Säurezahl: 0,05 % Ölsäure entsprechen 0,1 mg KOH/g Öl[2].

Verdampfungsverlust: Flammpunkt und Verdampfungsverlust hängen eng zusammen, wenigstens bei gutgeschnittenen Ölen, wie es Transformatorenöle meist sind. Es darf angenommen werden, daß ein Öl, das

[2] Holde, wie Fußnote 1.

die Anforderungen an den Flammpunkt erfüllt, auch bei der im gleichen Lande vorgeschriebenen Verdampfungsprobe keinen höheren als den zugelassenen Verlust hat.

Oxydationsprüfung: Die Schweizer Prüfung wird von dem in Deutschland im Handel befindlichen Öl im allgemeinen nicht erfüllt; umgekehrt gibt es auch den Schweizer Bedingungen entsprechende Öle, die eine zu hohe Verteerungszahl haben. Die italienische Prüfung dürfte von den deutschen Ölen meist erfüllt werden; dagegen ergeben sie bei der englischen Prüfung (Sludge-Test) eine zu hohe Schlammbildung, über 1, während das englische A-Klassen-Öl unter 0,1, das B-Klassen-Öl unter 0,8 haben soll. Die englischen A-Klassen-Öle besitzen in der Regel eine sehr hohe Verteerungszahl, über 1 bis herauf zu 5 und mehr; die Verteerungszahl der B-Klassen-Öle liegt im allgemeinen nicht so hoch, doch dürfte die in Deutschland zulässige Verteerungszahl unter 0,1 selten eingehalten werden.

Sonstiges: Der Schwefelgehalt der in Deutschland im Handel befindlichen Transformatoren- und Schalteröle überschreitet, soweit mir Untersuchungen bekannt geworden sind, die in Italien zugelassene Grenze von 0,25 % nicht. Auch die englische Probe auf „schädlichen" Schwefel mittels blanken Kupferblechs wurde bei den von mir untersuchten Ölen erfüllt. Die in England zugelassene Verseifungszahl von 4 wird von den den deutschen Bedingungen entsprechenden Ölen nicht annähernd erreicht.

In der folgenden Zahlentafel 2 ist angegeben, inwieweit die in Deutschland im Handel befindlichen, den deutschen Bedingungen entsprechenden Öle im allgemeinen die ausländischen Bedingungen erfüllen. Es ist in den entsprechenden Rubriken das Verhalten mit ja, nein und dort, wo es nur für einen großen Teil der Öle bejaht werden kann, mit meist bzw. oft gekennzeichnet. Wo in anderen Ländern zwei verschiedene Stockpunkte für verschiedene Verwendungszwecke vorgeschrieben sind, wird vorausgesetzt, daß dort, wo der tiefere Stockpunkt verlangt wird, das deutsche Öl mit —40° Stockpunkt zur Verwendung gelangen würde. Wo nur das deutsche Öl mit —40° Stockpunkt überhaupt die Bedingungen des betreffenden Landes erfüllte, ist dies in der Tafel mit „spez." angegeben. — Wo in den Vorschriften des anderen Landes nichts angegeben ist, steht ein Strich. Bei der Benutzung der Zahlentafel 2 ist im übrigen das oben unter den verschiedenen Prüfverfahren Gesagte zu beachten.

Zahlentafel 2. Das in Deutschland im Handel befindliche und den deutschen Bedingungen entsprechende Öl erfüllt die Bedingungen von:

Prüfung	Schweden	Schweiz	Italien	England	Belgien
Spez. Gewicht	ja	—	—	—	ja
Viskosität	ja	ja	ja	oft	ja
Flammpunkt	meist	ja	meist	meist	nein
Stockpunkt	nein spez. ja *	nein spez. ja	ja	ja	ja
Säurezahl	ja	ja	ja	ja	—
Asche	ja	—	—	—	—
Verdampfungsverlust	ja	—	—	meist	nein
Oxydationsprüfung	ja Kl. I u. II	nein	ja	nein	nein
Sonstiges	—	—	Schwefelgehalt ja	Kupferprobe ja Verseifungszahl ja	—

* Bei Ölen, die unter —40° Stockpunkt haben, kann man auch annehmen, daß sie die schwedische Forderung (—50° mit 5° Toleranz) erfüllen.

Unmittelbare Steuerung der Luft durch elektrische Schwingungen.

Die Erzeugung von Schallschwingungen durch elektrische Schwingungen geschieht praktisch nur unter Benutzung eines mechanischen Zwischengliedes, einer irgendwie geformten Membran. Die durch die Eigenschwingungen derartiger Membranen bewirkten Nachteile für die Lautwiedergabe sind bekannt. Eine durchgreifende Verbesserung scheint nur möglich durch Vermeidung der

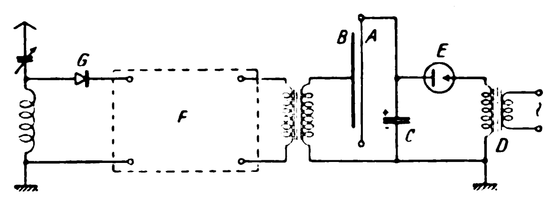


Abb. 1. Empfänger mit Tonwiedergabe durch eine Glimmstrecke *AB*.

Membran, indem also die Luft direkt durch die Änderungen eines elektrischen Feldes beeinflußt wird, wie das z. B. beim Kathodophon unter Benutzung der Luftionisierung durch einen glühenden Oxydstift geschieht. Hierher gehören auch die von Franziska Seidl beschriebenen Erscheinungen[1]. M. Brenzinger und F. Dessauer[2] benutzen zum gleichen Zweck eine Glimmentladung, die zweckmäßig zwischen einem sehr dünnen ausgespannten Draht als Anode und einer ihn umgebenden, aus einem geschlitzten Metallrohr bestehenden Kathode erzeugt wird. Die Schaltung ist in Abb. 1 wiedergegeben. Die mit 10 000 Volt brennende Glimmentladung zwischen Draht *A* und Flächenelektrode (Kathode) *B* wird durch den Kondensator *C* eingeleitet, der über das Glühventil *E* von dem Transformator *D* aufgeladen wird. Eine Empfangseinrichtung mit Detektor *G* führt über den Verstärker *F* dem Glimmstromkreis die Lautschwingungen zu. Die Charakteristik der Glimmstrecke zeigt Abb. 2. Bei der Spannung *l* setzt der Glimmstrom ein und wächst mit steigender Spannung stark an, bis bei *K* der Überschlag erfolgt. Für die Schwingungserzeugung wird zweckmäßig unter Benutzung einer Vorspannung nur das Stück *1-2* der Kurve verwendet. Die Wiedergabe von Sprache und Musik ist gut und ziemlich laut; besonders werden auch die Zischlaute klar wiedergegeben! Die Glimmentladung muß natürlich völlig ruhig und geräuschfrei brennen, trotzdem tritt ein störendes Nebengeräusch auf, das sich bisher nicht vermeiden läßt und besonders bei Verwendung der Anordnung als Mikrophon mit Verstärkung recht unangenehm ist. Unerwünscht ist auch noch, daß die Glimmentladung die hohe Leistung von 20 ... 40 W verlangt und daß eine größere Apparatur zur Erhaltung eines reinen, konstanten Gleichstromes erforderlich ist.

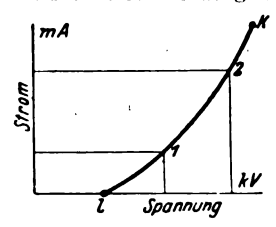


Abb. 2. Charakteristik der Glimmerstrecke.

L. Fleischmann[3] beschreibt ähnliche Versuche, die allerdings nach dem Bericht noch nicht zur Aufnahme von Rundfunkdarbietungen gedient haben. Fleischmann verwendete in einer ähnlichen Schaltung als Glimmstrecke[4] metallene Spitzen, die einer ebenen Platte gegenüberstehen. Die Tonstärke dieser Anordnung nimmt mit der Zahl der Spitzen zu. Letztere befinden sich am besten im gegenseitigen Abstand von 2 ... 3 cm auf einer nichtleitenden Platte. Die Höhe der Gleichspannung beträgt unter 2000 V, der Abstand zwischen Spitzen und Platte 2 ... 3 mm; bis zu 200 Spitzen wurden verwendet. Zweckmäßig wird aber zwischen Spitzen und Platte ein zweites Dielektrikum eingeschaltet, wofür sich Preßspan als am besten geeignet erwies. *Wi.*

[1] F. Seidl, ETZ 1928, S. 394.
[2] M. Brenzinger u. F. Dessauer, Phys. Z. Bd. 29, S. 654.
[3] L. Fleischmann, Naturwissensch. Bd. 16, S. 795.
[4] Fleischmann benutzt den Ausdruck „Spitzenentladung".



RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Geschweißte Stahlkonstruktionen[1]. — Der Grund, warum erst die große Vervollkommnung der Elektroschmelzschweißung (Lichtbogenschweißung) die Verwendung geschweißten Flußstahles im großen zugelassen hat, ist der, daß sich die anderen Schweißverfahren (Azetylen, Wasserstoff) für die besonderen Verhältnisse im Elektromaschinen- und Transformatorenbau als weniger geeignet erwiesen haben. Während nämlich im gewöhnlichen Behälterbau die geschweißten Werkstücke meistens ohne spanabhebende Bearbeitung weiter verwendet werden, trifft dies im Elektromaschinenbau meistens nicht zu, sondern die geschweißten Werkstücke, wie Gehäuse, Grundplatten, Transformatorenkästen, Deckelhauben usw. werden nachträglich fast immer bearbeitet. Bei nicht spannungsfreier Verschweißung ergeben sich dann nachträglich unangenehme Formveränderungen, welche die weitere Verwendung der Werkstücke in Frage stellen können. Ein praktisch spannungsfreies Schweißen ist jedoch nur mit elektrischer Schweißung möglich. Für die Zusammenfügung ganzer Maschinenteile kommt von den elektrischen Schweißverfahren auch nur die Lichtbogenschweißung in Frage und in beschränktem Umfange auch die Punktschweißung, welche zur Gruppe der Widerstandschweißverfahren gehört. Im folgenden werden einige Konstruktionen der Bergmann-Elektrizitäts-Werke, Berlin, beschrieben.

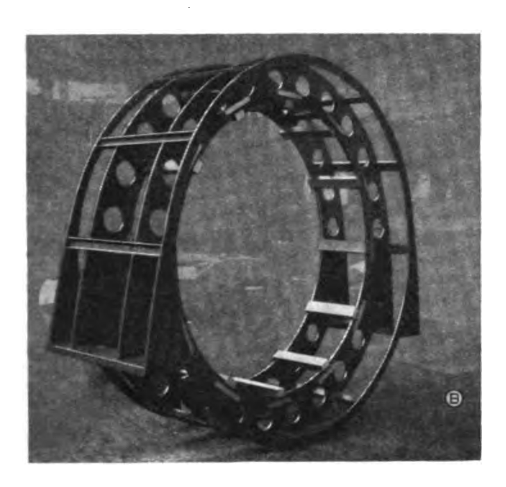


Abb. 1. Geschweißtes Stahlgehäuse.

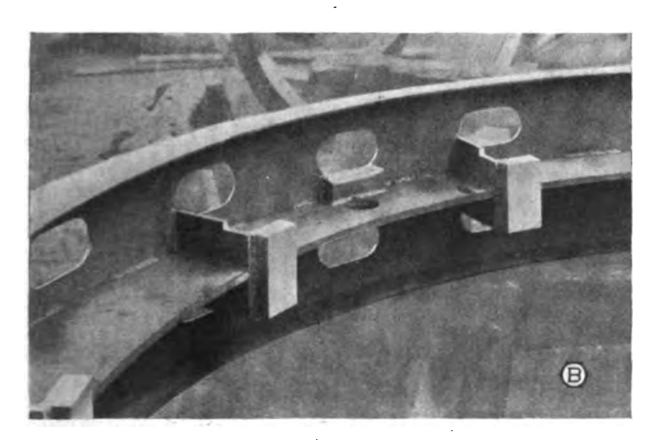


Abb. 2. Gehäuseausschnitt.

G e h ä u s e von Drehstrom-Schwungradgeneratoren werden in zwei voneinander verschiedenen Arten hergestellt. Bei Schwungradgeneratoren sowie bei allen anderen langsam laufenden Maschinen, bei denen also der Blechrücken besonders niedrig ist, so daß das aktive Blechpaket nicht einen genügend großen Teil der an ihm angreifenden Kräfte selbst aufnehmen kann, besitzt das Gehäuse einen aufgeschweißten Rücken, welcher im Trägheitsmoment des Gehäuses mit eingerechnet ist und zum Tragen der ganzen Konstruktion mit herangezogen wird. Dagegen wird für Turbogeneratoren und Maschinen herunter bis zu 500 U/min, also Maschinen mit hohem Blechrücken, welcher in sich schon starke Kräfte aufnehmen kann, selbst bei Leistungen bis 40 000 kVA eine Wangenkonstruktion verwandt, welche in Verbindung mit dem aktiven Blech und den Preßringen ausreichend bemessen ist, so daß der mit dünnem Blech bespannte Gehäuserücken lediglich der Abdeckung und Luftführung dient. In Abb. 1 ist besonders deutlich zu ersehen, wie bei derartigen Maschinen das geschweißte Stahlgehäuse keine Ähnlichkeit mehr mit Gußeisenkonstruktionen hat und ein statisch sicheres, aber möglichst leichtes Stahlfachwerk darstellt. In Abb. 2 ist ein Ausschnitt aus einem Gehäuse größeren Durchmessers mit aufgeschweißtem Rücken gezeigt, bei welchem der aktive Blechkörper aus einzelnen Segmenten besteht, welche an den Querträgern mittels Schwalbenschwanzprismen angeschraubt werden. Die Muttern dieser Schrauben müssen von außen zugänglich und die Abstützung der Querträger nach dem Gehäuserücken daher so gelegt sein, daß die Zugänglichkeit der Muttern gewahrt bleibt. Die eigentliche Tragkonstruktion hat hier ein T-Profil, während die äußeren Ringe nur der Befestigung der Schutzkappen dienen und daher dünne Wandstärke haben. Des weiteren ist zwischen den zwei Querbalken die Versteifung zum Aufhängen des Gehäuses beim Transport gezeigt. Die einzelnen Schweißnähte sind deutlich zu erkennen und zu ersehen, wie der Gehäuserücken und die Mittelwange nur durch unterbrochene Schweißnähte verbunden, aber die Querträger und deren Versteifungen auf ihrer ganzen Berührungsfläche verschweißt sind.

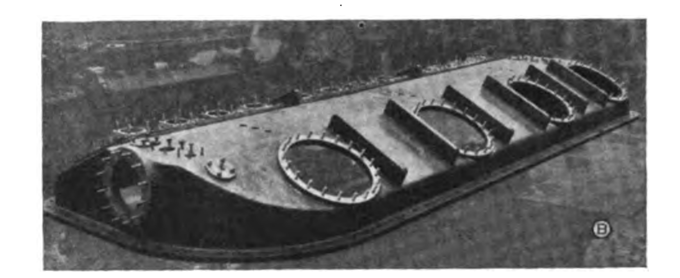


Abb. 3. Deckelhaube eines Transformators.



Abb. 4. Strahlungskappe für Prüftransformator.

Auch die neuerdings fast ausschließlich aus geschweißtem Stahl hergestellten G r u n d p l a t t e n, Sohlplatten und sog. Gabelrahmen werden je nach Stückgröße verschieden ausgeführt. Bei Grundplatten für besonders große und schwere Maschinen wird die Deckplatte nicht mehr massiv ausgeführt und angeschweißt sondern nur mit den zur Aufnahme der darauf ruhenden Maschinen und Maschinenteile bestimmten Teilen der oberen Abdeckung so verfahren, dagegen die dazwischen liegenden Deckplattenteile aus dünnerem Riffelblech ausgeführt und nur an wenigen Stellen angeschraubt, um die darunter liegenden Luftkanäle usw. besser zugänglich zu machen.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 145.



Bei der Anwendung der elektrischen Schweißung im Transformatorenbau wird in allererster Linie vollkommene Dichtheit gegen Öl, u. zw. auch gegen warmes Öl, von den Schweißnähten verlangt. Im Transformatorenbau ist in der Anwendung des geschweißten Stahles auch weniger eine Verdrängung früherer Werkstoffe sondern mehr eine Verdrängung älterer Arbeitsverfahren zu erblicken, weshalb sich hier die Anwendung der elektrischen Schweißung nicht so sehr in der konstruktiven Gestaltung auswirken konnte. Besonders bemerkenswert ist, daß neuerdings auf das Einwalzen der Kühlrohre bei Röhrenkasten ganz verzichtet wird und sämtliche Rohre und Flansche mit größtem Erfolge eingeschweißt werden. Die Deckelhaube eines Großtransformators (Abb. 3) weicht nur wenig von den Formen ab, die ein gußeisernes Deckelgehäuse erhalten hätte.

Daß auch runde Formen, wie sie gerade der Elektromaschinenbau vielfach erfordert, ohne Schwierigkeit mit Hilfe der Schweißverfahren hergestellt werden können, zeigt Abb. 4, eine Strahlungskappe zur Abschirmung der Deckelkanten eines Prüftransformators für 1000 kV. Außerordentlich nützlich erwies sich die Anwendung der Schweißung auch bei der Herstellung von Rohrleitungen.

Bei der Anwendung der Schweißung im Elektromaschinenbau sind die Kosten der fertigen Gußstücke mit denjenigen der fertigen Schweißstücke zu vergleichen. Bei dem verhältnismäßig billigen Preis des Gußeisens ist ein Ersatz durch geschweißten Stahl nur dann wirtschaftlich, wenn damit auch eine Gewichtsersparnis verbunden ist und wenn auch die Kosten für Modelle mit einkalkuliert werden. Es hat sich gezeigt, daß bei den üblichen Gewichtsverminderungen ein Preis von etwa 65 RM für 100 kg fertig geschweißte Werkstücke eben noch tragbar ist, und die Praxis hat gezeigt, daß es auch möglich ist, zu diesem Mittelpreis geschweißte Stahlkonstruktionen herzustellen. (E. Laßwitz, Bergmann-Mitt. Bd. 6, S. 310.) *Sb.*

Theoretische und experimentelle Untersuchung des synchronen Reaktionsmotors. — Als Grundlage der Untersuchung dient die Ableitung der Formeln für die Momentanwerte: 1. der Feldverteilung am Ankerumfang und 2. des Drehmomentes des einphasigen Reaktionsmotors, wobei diese Formeln auch auf den Drehstrommotor als einen Sonderfall ausgedehnt werden. Die besondere Einfachheit der Formeln für die normale Type der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen erlaubt es, den wesentlichen Einfluß der Harmonischen des Stromes und der EMK auf den Betrieb des einphasigen Reaktionsmotors zu berücksichtigen. Die Untersuchung stellt fest, daß bei gegebenem sinusoidalen Strome (I = konst.) der Motor synchron mit der Stromfrequenz umlaufen kann und nicht imstande ist, irgendeine andere Geschwindigkeit zu entwickeln. Bei gegebener sinusoidaler EMK (E = konst.) kann die Geschwindigkeit des Motors niemals die synchrone übersteigen, jedoch kann der Motor mit einer Geschwindigkeit umlaufen, welche gleich ½ bzw. ⅓, ¼, ⅕ usw. (im allgemeinen $1/s$) der vollen synchronen Geschwindigkeit ist. Aus der theoretischen Analyse der Stromgleichungen werden die Bildungsgesetze der höheren Harmonischen festgestellt und die Form der Stromkurven für jede beliebige der genannten Geschwindigkeiten vorausbestimmt. Aus der allgemeinen Analyse folgt die enge Analogie mit dem einphasigen asynchronen Induktionsmotor bei einachsiger Schaltung. — Für den betrachteten Motor wird der Grenzwert des Leistungsfaktors zu 0,5 ermittelt.

Die besondere Berücksichtigung der Form der EMK-Kurve offenbart die Eigenschaft des Motors, eine lange zusätzliche Reihe von Geschwindigkeitsstufen zu besitzen. Die besonderen dynamischen Betriebsbedingungen des Motors und seine Eigenschaft, als „synchroner Vibrator" zu wirken, werden im Zusammenhang mit der Analyse der Eigenschaften des Motors vom Standpunkte der allgemeinen Theorie der elektrischen Maschinen erläutert. Die theoretischen Schlußfolgerungen wurden im Elektromaschinen-Laboratorium des Leningrader Polytechnischen Instituts an einem kleinen Reaktionsmotor mit sternförmigem Rotor nachgeprüft. Dabei wurden Geschwindigkeitsstufen verwirklicht, welche sowohl den ganzzahligen Werten als auch Bruchwerten von s entsprechen. Die aufgenommenen Oszillogramme bestätigten die Richtigkeit der theoretischen Form der Stromkurven. (E. A. Ter-Markarjanz, Arch. El. Bd. 21, H. 6, S. 612.)

Zur Berechnung von Rippenrohrkühlern für elektrische Maschinen. — Mit der Einführung der Kreislaufkühlung großer elektrischer Maschinen hat der Bau von Rippenrohrkühlern als Mittel zur Übertragung der Verlustwärme an eine Kühlflüssigkeit eine besondere Bedeutung für die Elektrotechnik erlangt. In einer die Berechnung solcher Kühler behandelnden Arbeit von Pohl werden zunächst die allgemeinen Beziehungen für den Wärmeübergang erörtert, im Anschluß daran die durch Rippen erreichbare Verstärkung des Wärmestromes. Da die Wärmeübergangszahl für die luftbespülte Fläche nur rd. $^1/_{40}$ derjenigen für die wasserbespülte ist, konnte man theoretisch den Wärmestrom auf rd. das 20fache verstärken, wenn man die wirksame Rippenfläche etwa gleich dem 40fachen der wasserbespülten Fläche machen würde. Praktisch ist eine Steigerung der Rippenfläche über das 20fache hinaus nicht mehr lohnend. Es empfiehlt sich, sie nur auf das 7...15fache der wasserbespülten Fläche zu bringen, d. h. den Wärmeübergangswiderstand auf der Wasserseite relativ klein zu halten, damit eine etwaige Verschmutzung der Rohre nicht sofort eine starke Verminderung der Kühlwirkung herbeiführt. Sodann werden der Temperaturverlauf in den Kühlrippen und deren „Wirksamkeit" untersucht, die das Verhältnis der Summe aller Flächenteilchen mal ihrer zugehörigen Temperaturdifferenz gegen Luft zu dem Produkt aus der ganzen Rippenfläche und dem Höchstwert dieser Temperaturdifferenz bedeutet. Die Kurven des Temperaturverlaufes in kreisrunden Rippen und ihre „Wirksamkeit" werden für verschiedene Metalle und verschiedene Dicken als Funktion der Rippenbreite rechnerisch ermittelt. Offenbar wird die „Wirksamkeit" einer gegebenen Rippenfläche auch um so geringer, je größer der hindurchtretende Wärmestrom ist. Die „wirksame Rippenfläche" eines gegebenen Kühlers, d. h. das Produkt aus gesamter Rippenfläche und Wirksamkeit, ist also nicht, wie meist angenommen wird, konstant sondern mit den Betriebsverhältnissen veränderlich. Der Unterschied zwischen der wirksamen und der gesamten Rippenfläche kann unter Umständen sehr erheblich werden.

Für die praktische Berechnung von Kühlern ist zunächst die erforderliche wirksame Kühlfläche zu bestimmen, wozu für das Querstrom-, Gegenstrom- und Querstrom-Gegenstrom-Prinzip die jeweils in Frage kommenden mittleren Temperaturdifferenzen zwischen Luft und Wasser einzusetzen sind. Der Einfluß sowohl der Luftgeschwindigkeit wie der Wassergeschwindigkeit auf die Wärmedurchgangszahl ist dabei aus Kurven der letzteren zu entnehmen. Hieraus finden sich dann die Abmessungen eines Kühlers gegebener Leistung. Voraussetzung ist, daß für die gewählte Bauart der die Wärmeabgabe beeinflussende Wirbelungsfaktor experimentell ermittelt ist. (R. Pohl, Arch. El. Bd. 22, H. 2, S. 220.)

Apparate.

Glasierte Widerstände. — Der ungeschützte Draht von Widerständen unterliegt der Oxydation und Korrosion, und man suchte den Luftzutritt dadurch zu verhindern, daß man den Draht mit einer Isoliermasse umgab. Diese Masse war jedoch entweder spröde oder hygroskopisch und besaß außerdem einen anderen Ausdehnungskoeffizienten als der Leiter, so daß sich durch die schwankenden Belastungen Risse in der Isolierschicht bildeten. Die verwendete Isoliermasse hatte ferner eine chemische Zusammensetzung, die nach der Erhitzung kieselsaure oder schwefelsaure Salze ausschied und die Drähte zerstörte. Eine dauernde Erhitzung über 200° ließen deshalb diese Widerstände keinesfalls zu, d. h. die Belastbarkeitsgrenze dieser Widerstände liegt bei einem Körper, der eine Länge von 100 mm und einen Durchmesser von 20 mm besitzt, bei nur 25 W.

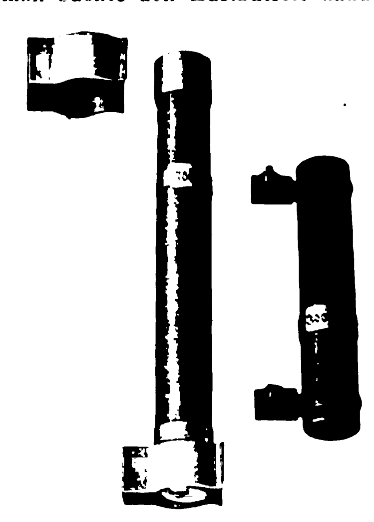


Abb. 5. Pantohm-Widerstände.

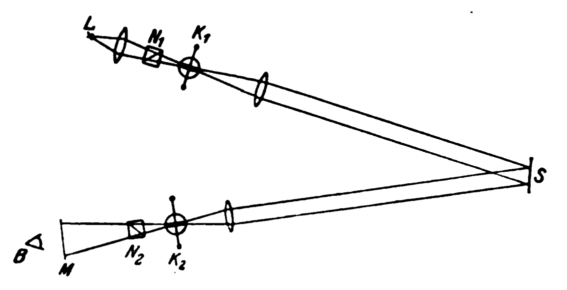
Nach einem Verfahren der Firma Wunderlich & König, Berlin, schiebt sich nun zwischen Leiter und Glasur ein Polster oder Hohlraum, so daß der Leiter in einer Kapil-

lare liegt, und eine Ausdehnung bei Gebrauchstemperaturen bis zu 500 ° die Glasur nicht brüchig oder rissig werden läßt. Hierdurch wird eine längere Lebensdauer und höhere Belastbarkeit erreicht. Abb. 5 stellt zwei derartige Pantohm-Widerstände dar. Die Glasur wird bei rd. 1000 ° aufgebrannt, so daß man den Widerstand bis zu schwacher Rotglut belasten kann. Je nach den Abkühlungsverhältnissen ist sogar eine höhere Belastung möglich. Aber selbst bei dem Fehlen jeder Ventilationsmöglichkeit ist bei einem 100 mm langen Körper mit einem Durchmesser von 20 mm eine Dauerbelastung von 100 W und eine intermittierende Belastung von 500 W und 2 s Dauer innerhalb 1 min zulässig, während bei einem 165 mm langen Körper die entsprechenden Zahlen 180 W bzw. 1000 W sind.

Kontaktschrauben und -klemmen sind wegen Lockerwerdens vermieden; es wird vielmehr ein Ring aus einem bei bestimmter Temperatur schmelzenden Lot unter der Wicklung an der Stelle befestigt, an welcher sich der Anschluß (Schelle, Kappe, Litze usw.) befindet. Während des Brennprozesses fließt das Lot aus, umschließt den Widerstandsleiter und verbindet sich gleichzeitig innig mit der Anschlußschelle oder Litze. *W. St.*

Beleuchtung.

Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit unter Verwendung des elektrooptischen Kerreffektes. — In der ETZ wurde vor einiger Zeit über die mit einem außergewöhnlich großen Aufwand durchgeführte Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit von M i c h e l s o n berichtet[1]. Es ist von Interesse, daß A. K a r o l u s und O. M i t t e l s t a e d t



L Lichtquelle *B* Beobachter *S* Spiegel
K_1, K_2 Kerrzellen N_1, N_2 Polarisatoren *M* Mattscheibe

Abb. 6.

eine Bestimmung dieser wichtigen Konstanten mit fast derselben Genauigkeit aber viel bescheideneren Mitteln im Laboratorium gelungen ist. Während Michelson die Foucaultsche Methode des rotierenden Spiegels benutzte, haben die Verfasser die Fizeausche Methode verfeinert. In der ursprünglichen Form besteht diese Methode bekanntlich darin, daß ein Lichtstrahl durch ein rotierendes Zahnrad auf einen entfernten Spiegel fällt. Bei einer bestimmten Umdrehungsgeschwindigkeit des Rades findet ein Lichtstrahl, der durch eine Lücke austrat, beim Zurückkommen gerade einen Zahn vor. Ist dies der k-te auf die Lücke folgende Zahn, so hat das Licht für den Weg s die Zeit $\frac{k-1}{2\,n\,m}$ [s] gebraucht, wenn n die Zahl der Zähne und m die Zahl der Umdrehungen in der Sekunde ist. Daraus ergibt sich die Lichtgeschwindigkeit $c = \frac{2\,n\,m\,s}{2\,k-1}$. Eine Steigerung der Genauigkeit ist dadurch erreichbar, daß entweder der Lichtweg vergrößert wird oder die Drehzahl des Zahnrades. Da letzteres ebenso wie die genaue Bestimmung der Drehzahl auf mechanische Schwierigkeiten stößt, machte Karolus 1925 den Versuch, die mechanische Lichtunterbrechung durch eine rein elektrische trägheitslose Lichtsteuerung zu ersetzen. Er benutzte dazu den ja auch in der Bildtelegraphie verwandten Kerreffekt, daß gewisse Substanzen durch Anlegen einer elektrischen Spannung doppelbrechend werden. Wird also das Licht der Lichtquelle L durch einen Nicol N_1 linear polarisiert in einer Ebene, die unter 45 ° gegen die elektrischen Kraftlinien der Kerrzelle K_1 geneigt ist, so wird das Licht in K_1 entsprechend der angelegten Spannung elliptisch polarisiert (Abb. 6). Das Licht fällt auf den Spiegel S und von dort auf die Kerrzelle K_2, die gegen K_1 um 90 ° gedreht ist, so daß das Licht in K_2 stets Doppelbrechung des entgegengesetzten Vorzeichens erhält wie in K_1. Trifft das Licht in K_2 dieselben Momentanwerte der elektrischen Wechselspannung wie in K_1, so kompensieren sich die Doppelbrechungen bei gleichen geometrischen Dimensionen beider Zellen. Das linear polarisierte austretende Licht wird dann durch den um 90 ° gegen N_1 orientierten Nicol N_2 nicht hindurchgelassen. Dies ist dann der Fall, wenn das Licht zum Durchlaufen des Weges eine Zeit braucht, die gleich einem ganzzahligen Vielfachen der Dauer einer Periode der anliegenden Wechselspannung ist. Die Frequenz wurde dadurch gemessen, daß die Frequenz des Röhrensenders mit einer bekannten elektrisch ausgesiebten Oberschwingung einer Stimmgabel oder der Frequenz eines piezoelektrischen Oszillators durch Schwebungen verglichen wurde. Sie ließ sich auf 0,02 ‰ genau bestimmen. Der Lichtweg konnte in einem Institutskorridor von 40 m Länge durch mehrfache Spiegelung auf maximal 332 m gebracht werden. Die Teilwege wurden mit einem Stahldraht unter definiertem Zug von 20 kg bei elektrisch gemessener Temperatur durch Marken festgelegt, die auf einer auf 0,5 mm ausgemessenen Steinbasis ausgewertet wurden. Der Lichtweg konnte mit 0,04 ‰ Genauigkeit ausgemessen werden. So ergab sich für die Lichtgeschwindigkeit, auf das Vakuum reduziert,

$$c = 299\,778 \text{ km/s} \pm 20 \text{ km/s}.$$

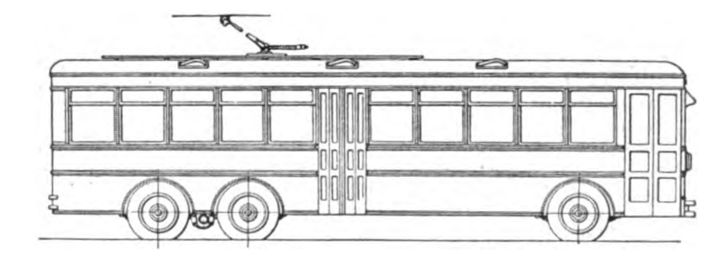
Michelsons Wert ist

$$c = 299\,796 \text{ km/s} \pm 4 \text{ km/s}.$$

(A. K a r o l u s u. O. M i t t e l s t a e d t, Phys. Z. Bd. 29, S. 698.) *Br.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die gleislose Bahn in Salt Lake City[1]. — Auf den gemeinsam mit der elektrischen Straßenbahn der Stadt Salt Lake City (V. S. Amerika) mit gleislosen Triebwagen betriebenen Linien ist eine 30 %ige Frequenzerhöhung zu verzeichnen, weil das bequeme Einsteigen am Straßenrand und die geräuschlose und weichere Fahrt im Wagen große Verkehrsannehmlichkeiten mit sich bringt. Die Fahr-



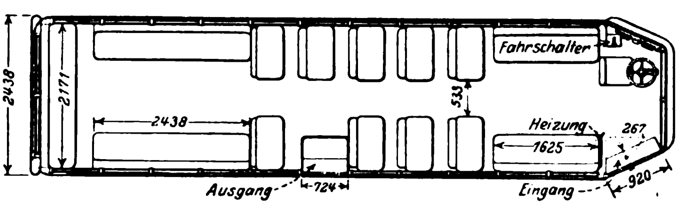


Abb. 7.

streckenlänge beträgt 7,5 km. Das eingleisige Kontaktrollensystem der Straßenbahn gestattet bei Legung eines zweiten Fahrdrahtes die doppelpolige Befahrung durch gleislose Kraftomnibusse. Die Wagen fassen 43 Personen, werden aber auch mit 70 und 80 Personen überlastet und sind größer als die Straßenbahnwagen. Das Wagengewicht beträgt etwa 8000 kg trotz des Duralumingerippes bei 7,5 m Länge, 2 m Breite und 2,25 m Höhe. Den Wagenaufriß und Grundriß zeigt Abb. 7. Die Türen werden mit Druckluft vom Führerstand betätigt. Das Wagenschlußlicht leuchtet auf, wenn gebremst wird. 2 Motoren von je 50 PS bei 600 V geben bis zu 50 km/h Geschwindigkeit und treiben je eine Hinterachse an. Die elektrischen Bremswiderstände können zur Heizung benutzt werden. Neu ist die Vollständigkeit und die Unterbringung der elektrischen Anschlüsse und Schaltungen in einem an der Vorderseite unten angebrachten Schrank. Alle Teile sind leicht zugänglich und übersichtlich und können einzeln unterhalten, ausgewechselt und erneuert werden. Die 5 m lange Kontaktstange gestattet 4 m seitliche Ausweichung

[1] A. A. M i c h e l s o n ETZ 1929, S. 101.

[1] ETZ 1929, S. 63.

von der Fahrmitte, die bei zweigleisigem Betrieb auf der rechten Straßenseite liegt. Die Straßenbreiten sind 11 ... 22 m, Steigungen bis zu 10 %, die Wagenfolge 6, 8 und 10 min.

Der Betrieb der gleislosen elektrischen Kraftwagen hat sich als ein den Straßenbahnen gleichwertiges und ein neuzeitliches Verkehrsmittel erwiesen. (F. D. Heiges, El. Railway Journ. Bd. 73, S. 232.) *M. S.*

Bergbau und Hütte.

Normalisieren und Glühen von Stählen in Elektroöfen. — Den Bemühungen der Timken Roller Bearing Co., Canton, Ohio, ist es jetzt gelungen, nach vielen Versuchen die Elektrizität zum Normalisieren und Glühen ihrer Legierungsstähle zu verwenden. Die Lösung der Aufgabe wurde dadurch erschwert, daß es schwierig war, die erforderliche hohe Erzeugung zu erhalten, und daß mehrere verschiedene Arten Stahl benutzt werden, von denen jeder eine besondere Behandlung verlangte. Schließlich war man aber doch so weit, acht Öfen mit einer Gesamtleistung von 3600 kW aufzustellen. Zwei weitere Öfen sind projektiert, so daß zukünftig 5450 kW benötigt werden.

Vielleicht die bemerkenswertesten Öfen sind die zwei 850 kW-Tiefglühöfen, die besonders zum Glühen von Chromstahl mit hohem Kohlenstoffgehalt oder für andere Stähle bestimmt sind, die nach dem Glühen langsam abkühlen müssen. Jeder Ofen ist im Innern 2,44 m breit, 6,4 m lang und 2 m tief für einen Einsatz von 50 t Rohrmaterial oder Stabeisen. Die durch einen Kran abhebbaren Deckel wiegen ungefähr 25 t und sind durch Sand abgedichtet. Die Heizelemente liegen an den Seiten und am Boden der Grube und sind durch schwere T-Träger vor Beschädigungen geschützt. Sie sind in zwei Stromkreise geteilt, die jeder mit einer besonderen Kontrolle versehen sind, so daß zwei Arten Verbindungsmöglichkeiten bestehen, die eine mit dreiphasigem Strom von 440 V zum Anheizen und die andere mit einphasigem Strom von 440 V zum Glühen. Der erstere Stromkreis hat eine Leistung von je 425 kW, also 850 kW insgesamt, und der andere von je 142 kW oder zusammen von 284 kW.

Der Einsatz wird so schnell wie möglich auf Glühtemperatur von 590° gebracht, worauf der Strom ausgeschaltet und die Temperatur lange genug gehalten wird, damit gleichmäßiges Glühen stattfindet. Der Einsatz wird dann langsam durch seine kritische Zone abgekühlt und hierauf das Abkühlen durch Einblasen von Luft beschleunigt, wodurch die Gesamtglühdauer auf die Hälfte verringert und eine hohe Erzeugung ermöglicht wird.

Der gesamte Chromstahl wird vor dem Einsetzen in den Tiefofen in einem 700 kW-Ofen normalisiert. Dieser Ofen ist im Innern 3,66 m breit und 6,4 m lang und kann mit Stäben oder Rohren von 125 mm² und 6,1 m Länge beschickt werden. Die Stäbe werden mit einer elektrisch angetriebenen Stoßvorrichtung im Ofen vorwärts bewegt. Die Heizelemente sind in vier verschiedene Stromkreise eingeteilt. Die Leistung des Ofens beträgt ungefähr 68 000 kg täglich mit einem Energieverbrauch von 200 kWh/t. Die Heizelemente sind teils am Gewölbe, teils unter den Gleitschienen im Herd angebracht.

Für geringere Mengen ist ein besonderer 300 kW-Ofen von ungefähr 6,1 m Länge und 1,9 m Breite vorgesehen. Die zu glühenden Stäbe werden an einem Ende durch eine elektrisch angetriebene Stoßvorrichtung eingeschoben und nach dem Glühen am anderen Ende ausgestoßen. Die Heizelemente sind in drei Zonen eingeteilt, von denen zwei Zonen in der Nähe der Türen liegen, um einen Ausgleich für die einströmende kalte Luft beim Öffnen der Türen zu bilden, und die dritte in der Mitte des Ofens. Das geglühte Material fällt sofort in einen Ölbehälter.

Zum Glühen von Rundstahl in Ringen sind zwei kleinere Grubenöfen für je 100 kW Leistung vorgesehen, und zum Glühen von sonstigen Werkstücken dienen zwei Öfen, in die die auf Wagen gelegten Werkstücke eingeschoben werden. Der eine, von William Swindell & Brothers gelieferte Ofen hat eine Länge von 6,7 m, eine Breite von 1,95 m und eine Höhe von 1,68 m. Der Einsatz beträgt gewöhnlich 9000 kg, kann aber verdoppelt werden. Die Heizelemente sind direkt mit der 440 V-Dreiphasenleitung verbunden. Der durchschnittliche Energieverbrauch beträgt 355 kWh/t. Der zweite Ofen ist von der General Electric Co. geliefert und unterscheidet sich beträchtlich im Entwurf und der Ausführung. Er ist im Innern 8,5 m lang, 1,37 m breit und 0,75 m hoch. Alle Heizelemente sind seitlich angebracht und wieder in zwei Zonen mit gesonderter Kontrolle eingeteilt. Der Ofen wird mit Strom von 220 V beschickt. Für jede Zone sind zwei Stromkreise vorgesehen, der erstere mit 230 kW für jede Zone oder insgesamt mit 460 kW, und der zweite mit 153 kW oder zusammen mit 306 kW. Der Einsatz beträgt normal 10 t. (The Iron Age Bd. 122, S. 818.) *Ill.*

Fernmeldetechnik.

Fernsehen. — Zur Förderung der weiteren Entwicklung des Fernsehens gibt das Reichspostzentralamt seit dem 23. IX. 1929 täglich Versuchsendungen über den Rundfunksender Berlin-Witzleben. Diesen Sendungen liegt die vom Reichspostzentralamt gemeinsam mit den am Fernsehen interessierten Firmen aufgestellte vorläufige Fernseh-Normung zugrunde, die auch schon bei den auf der Funkausstellung gezeigten Geräten zur Anwendung gebracht war. In nächster Zeit wird die Fernsehapparatur weiter verbessert und vielseitiger gestaltet werden, so daß sich bald übersehen lassen wird, ob durch Rundfunksender übermittelte Fernsehbilder nach ihrer Art und Güte den an eine solche Einrichtung zu stellenden Anforderungen genügen. *M. R. G.*

Pupinspulenkasten. — Bisher hat man auf die Pupinspulenkasten eine besondere Kabelmuffe aufgesetzt, die mit einem Halse auf dem Kasten aufsaß; durch den Hals wurden die Enden der Pupinspulen durchgeführt, um innerhalb der Muffe mit den Enden der Adern des Kabels



Abb. 8. Vereinigung eines Pupinspulenkastens mit der Kabelmuffe.

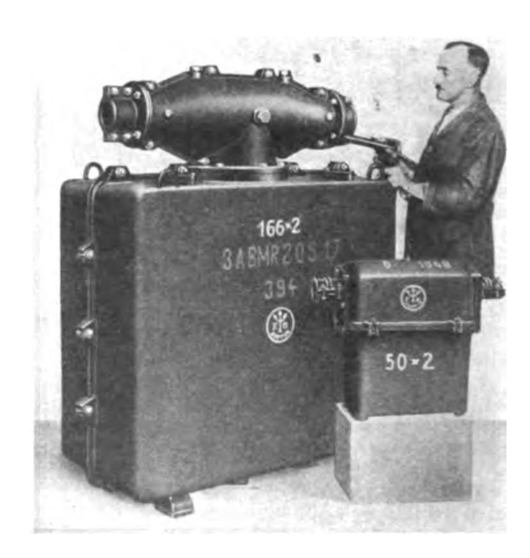


Abb. 9. Zwergspulenkasten neben dem Kasten des Normalfernkabels R.

verbunden zu werden. Beim neuen Spulenkasten der Firma Felten & Guilleaume, Carlswerk A. G., Köln-Mülheim, ist, wie Abb. 8 zeigt, die Kabelmuffe mit dem Spulenkasten vereinigt; der Deckel des Spulenkastens vertritt die Stelle des bisherigen Muffengehäuses. Hierdurch wird nicht nur ein gedrungener Aufbau des gesamten Kastens erzielt, sondern auch eine bessere Zugänglichkeit der Verbindungsstellen innerhalb des Kastens und da-

mit eine bequemere Montage. Die Trennungsfuge zwischen dem das Muffengehäuse bildenden Deckel und dem Kastenunterteil liegt nicht, wie sonst üblich, in Höhe der Kabelmittellinie, sondern unterhalb dieser. Diese Anordnung wird durch Schlitze ermöglicht, die in den schmalen Endwänden des Deckels vorgesehen sind, und in die beim Aufsetzen des Deckels die Kabelenden eintreten; am fertigen Kabelkasten werden sie durch an den Muffenschellen sitzende Platten abgedeckt. Deckel und Unterteil des inneren Lötkastens haben ihre Trennfuge in Höhe der Kabelmittellinie. Beim neuen Spulenkasten werden die Adern jedes Kabelendes mit Spulenenden verbunden, die durch die je diesem Kabelende gegenüberliegenden Bohrungen im Zählbrett hindurchgeführt sind. Das hierdurch bedingte Sich-Übergreifen der Adern beider Kabelenden ermöglicht einen gedrängten Bau der Muffe in der Längsrichtung derart, daß auch bei kleinen Spulenkasten die Muffe ohne Vorbau im Kastendeckel untergebracht werden kann. Abb. 9 läßt den Unterschied zwischen einem Pupinspulenkasten des deutschen Normalfernkabels B und dem neuen Zwergspulenkasten zur Pupinisierung von 50 Doppeladern in Orts- und Fernleitungskabeln erkennen. *fi*

Über elektromagnetische Störungen. — F. Schindelhauer berichtet über eine Untersuchung der Luftstörungen der drahtlosen Telegraphie, die in dem Meteorologisch-Magnetischen Observatorium in Potsdam ausgeführt worden ist. Die Luftstörungen sind mit dem Richtungsfinder von Watson-Watt längere Zeit registriert worden, und das Beobachtungsmaterial zusammen mit dem von Watt zur Verfügung gestellten Material der gleichartig ausgerüsteten Beobachtungsstellen Ditton Park, Lerwick und Abukir ausgewertet worden. Bei Potsdam, Ditton Park und Lerwick zeigt sich ein scharf aufsteigendes Hauptmaximum in der Richtung senkrecht zum magnetischen Meridian, ein sekundäres Maximum etwa 90° verschoben ziemlich genau in der Nord-Süd-Richtung. Bei Abukir tritt die ungefähr im magnetischen Meridian liegende Richtung mehr hervor, die beiden Maxima sind genau um 90° verschoben. Unter Berücksichtigung des täglichen Ganges und der Anzahl der Störungen kommt der Verfasser zu dem Schluß, daß die die Störungen verursachenden Vorgänge in großen Höhen zu suchen sind. Die Theorie des Erdmagnetismus nimmt seit langem Stromsysteme an, die in großen Höhen über der Erdoberfläche fließen, einen äquatorialen Ringstrom, der dauernd von Elektronen neu gespeist wird, ferner horizontale Stromwirbel in der Höhe der Heaviside-Schicht, die nur auf der Tagseite der Erde durch ultraviolette Strahlen unterhalten werden, also sich über der Erde von Osten nach Westen verschieben und im Sommer die größte Ausdehnung erfahren. Ist die Stärke oder Richtung dieser Ströme Änderungen unterworfen, so wird an den Enden einer auf der Erdoberfläche stehenden Spule eine EMK induziert. Die Ringstromstörungen entsprechen dabei den Knack- oder Knallgeräuschen im Fernsprecher, die Stromwirbel in der Heaviside-Schicht rufen das Brodeln hervor. Die täglichen und jährlichen Schwankungen der Richtung und Anzahl der Störungen lassen sich unter dieser Annahme gut erklären. (F. Schindelhauer, El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 442.) *Blr.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Gekreuzte Zylinder als Funkenstrecke. Diese von A. Schwaiger angegebene Anordnung hat E. Werner im Hochspannungslaboratorium der T. H. München bis zu Spannungen von 500 kV_{eff} untersucht. Es hat sich ergeben, daß diese Funkenstrecke der bis jetzt verwendeten Kugelfunkenstrecke weit überlegen ist. Denn erstens ist ihr Meßbereich (gleiche Krümmungsradien vorausgesetzt) ganz wesentlich größer, weil das Feld der Zylinderanordnung besser ist; zweitens ist ihre Störungsfreiheit wesentlich besser, es können also größere Schlagweiten angewendet werden. Bei einer Schlagweite gleich dem fünffachen Radius ist die Störung erst die Hälfte derjenigen bei Kugeln mit einer Schlagweite gleich dem Radius. Dadurch wird der Meßbereich noch weiterhin ganz wesentlich vergrößert. Hierzu kommt als weiterer Vorteil, daß die Herstellung der Funkenstrecke selbst bei größter Präzision sehr billig ist. Eichkurven für die Zylinderfunkenstrecke sind in der Arbeit enthalten. (E. Werner, Arch. El. Bd. 22, H. 1, S. 1.)

Zusammenhang zwischen Strom und Spannung in einem Kunstharz. — W. Suckow berichtet über Messungen der elektrischen Leitfähigkeit eines Kunstharzes. Das Material wird in Form bikonkaver Linsen untersucht, da diese Methode die Schaffung eines berechenbaren elektrischen Feldes und eine einwandfreie Auflage der Elektroden gewährleistet. Als Elektrodenmaterial wird chemisch reines Quecksilber verwendet. Die Messungen erfolgen ausschließlich mit hochgespanntem Gleichstrom. Die Untersuchungen erstrecken sich auf einen Schichtdickenbereich von rd. 0,1 bis 0,7 mm. Durch extreme Trocknung der Versuchslinsen gelingt es, bis zu einer bestimmten kritischen Feldstärke (E_{kr}) reproduzierbare Stromspannungskurven zu gewinnen. Diese kritische Feldstärke ist keine Materialkonstante sondern weist eine erhebliche Abhängigkeit von der Schichtdicke auf. Versuche bei verschiedener Temperatur im Bereich von 20° ... 60° ergeben eine erhebliche Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit mit der Temperatur. Aus den Versuchen wird geschlossen, daß eine reine Wärmetheorie auf die elektrische Leitfähigkeit und auf den Durchschlag des Isolierstoffes nicht angewendet werden kann. Das Material erleidet durch den Stromdurchgang eine bleibende Veränderung (Polymerisation). Die Stromspannungskurven sind nicht für alle Schichtdicken und Temperaturen Exponentialkurven; sie nähern sich bei größeren Schichtdicken merklich der Geraden (Verhalten wie ein Ohmscher Widerstand). Die Poolesche Beziehung — lineare Abhängigkeit des Logarithmus des Stromes von der Spannung — gilt bei dem vorliegenden Material nur für relativ dünne Schichten (rd. 0,1 mm). Polarisationserscheinungen ergeben sich weder an Linsen gleicher Krümmung noch an Linsen verschiedener Krümmung. Restladungen werden in Übereinstimmung mit allen übrigen beobachteten Erscheinungen nicht durchweg und nur von untergeordneter Größe ermittelt. (W. Suckow, Arch. El. Bd. 22, H. 1, S. 104.)

Werkstatt und Baustoffe.

Die physikalischen Eigenschaften von elektrolytisch gereinigtem Kobalt und seinen Eisenlegierungen. — Kobalt von sehr hohem Reinheitsgrade kann durch elektrolytische Reinigung in einem Kobaltsulfatbade erhalten werden. Wird dieses Kobalt im Vakuum geschmolzen, so kann es leicht in heißem Zustande geschmiedet werden, während es in kaltem Zustande schwer zu bearbeiten ist, da es schnell spröde und zerbrechlich wird. Durch Ausglühen läßt sich die Sprödigkeit aufheben und das Metall so bei genügender Vorsicht zu Draht verarbeiten. Die Eisenlegierungen lassen sich dagegen auch kalt leicht bearbeiten. Der spezifische Widerstand von reinem Kobalt bei 20° wurde zu 0,0624 gefunden, der Temperaturkoeffizient zu 0,006 04. Die maximale Permeabilität von gut durchgeglühtem geschmolzenem Kobalt ergab sich zu 40. Kobalt hat bei Zimmertemperatur ein hexagonales Gitter; zwischen 400° und 450° liegt ein Umwandlungspunkt, bei dem es flächenzentriert kubisch wird. Die Untersuchung der Legierungen von reinem elektrolytischen Kobalt und ebensolchem Eisen ergab eine ununterbrochene Reihe von festen Lösungen. Außer den beiden bereits erwähnten Kristallstrukturen trat noch ein raumzentriertes Gitter auf. Die Untersuchung des spezifischen Widerstandes ergab eine bemerkenswerte Anomalie, indem der spezifische Widerstand von Legierungen mit 50 ... 67 Atomprozenten Kobalt kleiner ist als jener der beiden Komponenten, ein Verhalten, das bisher wohl noch bei keiner Lösung gefunden wurde. Die Legierung FeCo besitzt den höchsten Sättigungswert bei mittleren Feldern. Wegen der ausführlichen Zahlenwerte muß auf die Arbeit selbst verwiesen werden. (W. C. Ellis, Rensselaer Polytechnic Institute 1927, Nr. 16.) *Br.*

Die Verdampfungsgeschwindigkeit von Wolfram in Gegenwart von Salzdämpfen. — Bekanntlich bringt man in Wolframglühlampen absichtlich eine Reihe von Stoffen hinein, die den Zweck haben, die Schwärzung der Lampenglocke durch das vom Draht verdampfte Wolfram zu verhindern oder wenigstens zu vermindern. Viele dieser Einbringstoffe sind Halogensalze oder Salze von Sauerstoffsäuren. Um zu untersuchen, ob diese Salze eine Einwirkung auf den Wolframdraht selbst haben, wurde die Verdampfungsgeschwindigkeit von Wolfram mit und ohne diese Einbringstoffe gemessen, indem der Gewichtsverlust von Drähten bestimmt wurde, die im Hochvakuum eine bestimmte Zeitlang bei gemessener und konstant gehaltener Temperatur geglüht wurden. Vorwiegend wurden die halogenhaltigen Einbringstoffe berücksichtigt. Es ergab sich in allen Fällen, daß Wolframdrähte ohne Anwesenheit eines Einbringstoffes die kleinste Abtragungsgeschwindigkeit haben, daß also alle untersuchten Halogensalze das Wolfram angreifen. Die Erhöhung der Abtragungsgeschwindigkeit beträgt im Mittel 40 %. Die

Wirkung der Einbringstoffe ist also nicht darauf zurückzuführen, daß das Wolfram durch sie geschützt wird, etwa indem die schädlichen Restgase aufgezehrt werden. Solche Wirkung bleibt vielmehr ausschließlich dem Phosphor und anderen absorbierend wirkenden Stoffen vorbehalten. Eine Wirkung der anderen Einbringstoffe auf das verdampfte Wolfram kann also nur in dem Raum zwischen Draht und Glockenwand oder auf der letzteren selbst erfolgen, indem dort lichtdurchlässige Verbindungen entstehen. (H. Alterthum, Z. techn. Phys. Bd. 9, S. 285.) *Br.*

XII. Hauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde. — Die Tagung fand vom 7. bis 9. IX. d. J. in Düsseldorf unter Leitung des Vorsitzenden Prof. Dr.-Ing E. h. O. Bauer statt. Die Tagung war insofern von besonderer Bedeutung, als die Gesellschaft in diesem Jahr ihr zehnjähriges Bestehen feiert, und die in ihren Zielen ähnliche englische Gesellschaft, das Institute of Metals, ihre Herbsttagung im Anschluß an die der Gesellschaft vom 9. bis 12. IX. zum ersten Male in Deutschland abhielt.

Die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde ist, wie Prof. Bauer in seiner Ansprache ausführte, am 27. IX. 1919 gegründet worden und aus dem „Metallausschuß" hervorgegangen, der während des Krieges im VDI unter Vorsitz von Geheimrat Heyn eingesetzt wurde. Die Gesellschaft ist keine wirtschaftliche Interessenvertretung. Sie will den in der Praxis Stehenden die Ergebnisse der Forschung näher bringen und den wissenschaftlich Arbeitenden durch Berührung mit der Praxis Anregung zu neuem Forschen geben. Eine Reihe bedeutender Tagungen wie die „Leichtmetalltagung" im Jahre 1924, die Fachtagung „Dauerbruch" im Jahre 1927, die Tagungen „Röntgenforschung" und „Metalle im Kraftwagen- und Flugzeugbau" im Jahre 1928 sind Etappen in dem regen Aufschwung, den die Gesellschaft auf wissenschaftlichem Gebiet genommen hat. Die Gesellschaft hat auf ihren Tagungen den Hauptvorträgen stets einen einheitlichen Gedanken zugrunde gelegt. Der Leitgedanke für die Hauptvorträge der diesjährigen Hauptversammlung war das Vergütungsproblem der metallischen Legierungen.

Die Arbeiten der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde in ihren Fachausschüssen stehen, wie aus dem vom geschäftsführenden Vorstandsmitglied H. Groeck erstatteten Geschäftsbericht 1928/29 der Gesellschaft zu entnehmen war, vielfach in Verbindung mit den den Verband Deutscher Elektrotechniker interessierenden Fragen. Anläßlich verschiedener Brüche von Fernleitungen während der großen Kälte des vergangenen Winters ist man mit der Frage des Einflusses tiefer Temperaturen auf das Verhalten der Baustoffe beschäftigt. In Verbindung mit der Industrie und mit der Technischen Hochschule Karlsruhe sind planmäßige Versuche über das Verhalten von Reinaluminium und vergütetem Aluminium bei Temperaturen bis — 70° in Angriff genommen. Unter Mitarbeit des VDE sind Versuche zur Prüfung der Dauerstandfestigkeit von Aluminium, Kupfer, Bronze und Aldrey und zur Ermittlung ihrer Zugfestigkeit, Dehnung, Streckgrenze und elektrischen Leitfähigkeit in die Wege geleitet. Die Untersuchung der Ermüdungsfestigkeit vergütbarer Leichtmetallegierungen, u. zw. zunächst des Duralumins, Lautals und Elektrons, wie die der Änderung der Eigenschaften der Aluminiumgußlegierungen sowohl beim Liegen bei gewöhnlicher Temperatur als auch bei Erhitzung auf verschiedene Temperaturen ist vorbereitet. In Gemeinschaft mit dem VDE beschäftigt man sich fortgesetzt mit der Vorbereitung der internationalen Normung von Aluminiumdrähten. Zu den bisher erfolgten Untersuchungen über die elektrische Leitfähigkeit hartgezogenen und weichgeglühten Aluminiums soll im November d. J. eine beschließende Sitzung der IEC in Berlin stattfinden. Auch für Kupferleitungen wird auf Wunsch des VDE die internationale Normung vorbereitet. Unter Mitarbeit der einschlägigen deutschen Metallwerke beschäftigt man sich bereits mit der Aufstellung eines Entwurfs, der noch in diesem Jahre veröffentlicht wird.

Die Vortragsreihe „Vergütbare Legierungen" am 7. IX. d. J. im Vortragsaal des Eisenhüttenhauses wurde durch einen Gastvortrag von Prof. Dr. W. Rosenhain, Präsident des Institute of Metals, London, „Physik und Metallkunde" eingeleitet. Seine Betrachtungen zum Verhältnis der Metallkunde zur Physik führen zur Erkenntnis, daß die Metallkunde — wenn sie auch in einem Sinne eine Abteilung der physikalischen Chemie ist — doch im ganzen als eine besondere Abteilung der Physik zu betrachten ist.

Allgemein über „Kennzeichen, Wesen und Zukunftsmöglichkeiten der Vergütung von Legierungen" sprach Prof. Dr. W. Guertler, Berlin. Das Kennzeichen der Vergütung ist die Steigerung der mechanischen Eigenschaften im Zusammenhang mit inneren physikalisch-chemischen Zustandsänderungen des Metalles. Vergütungen von reinen Metallen in diesem Sinne sind noch nicht geglückt. Ob sie bei zusammengesetzten Metallkristallen möglich sind, ist noch fraglich. Charakteristisch für alle vergütbaren Legierungen ist die Möglichkeit verschiedener physikalisch-chemischer Zustände und eine Abhängigkeit des Gleichgewichts zwischen diesen Zuständen von der Temperatur. Die Vorbedingung der Abhängigkeit von der Temperatur erfüllen monovariante und nonvariante Gleichgewichte. Die ersteren sind theoretisch und praktisch einfacher zu behandeln. Der z. Zt. am weitesten entwickelte Typ der Vergütung ist die Segregatvergütung. Bei allen Vergütungen sind bis zur idiomorphen Gestaltung des Segregats verschiedene Stadien (Phasen) zu durchlaufen, und die Feststellung der Zahl und Reihenfolge der einzelnen Stadien, insbesondere die Erkenntnis des Stadiums des abgeschreckten Zustandes und das Stadium des vergüteten Zustandes sind die gegenwärtigen Kernfragen. Der praktische Erfolg der Vergütung wird insofern z. Zt. noch empirisch erreicht, als die Bedingungen von Zeit und Temperatur der Erwärmung, d. h. die Einzelheiten der zum besten Erfolge führenden Wärmungskurve, einfach durch Tastversuche festgestellt werden. Eine Vergütung, die sich an nonvariante Umsetzungen anschließt, ist die Stahlhärtung, ein zunächst rein empirisch entwickeltes Gebiet derartiger Vergütungen. Eine Aufklärung und damit deduktive Beherrschung der Vergütungsvorgänge wird erst im Zusammenhange mit einer systematisch entwickelten physikalischen Chemie des kristallinen Zustandes möglich sein.

Prof. Dr. W. Fraenkel, Frankfurt a. M., erörterte in seinem Vortrage „Vergütbare Aluminiumlegierungen" die verschiedenen bisher bekannt gewordenen vergütbaren Al-Legierungen und entwickelte an den Legierungen reinsten Aluminiums mit Kupfer die Vergütungsvorgänge auf experimenteller Grundlage. Die Erkenntnis der grundlegenden Bedingungen der Vergütung von Al-Legierungen und ihrer Verwandtschaft mit dem Vorgang der Stahlhärtung läßt, wie Dr. G. Masing, Berlin, in einem Vortrage „Vergütbare Kupferlegierungen" ausführte, Vergütungserscheinungen in der einen oder anderen Form noch bei außerordentlich vielen Legierungen erwarten. Eine Übersicht der wichtigsten vergütbaren Legierungen bei Cu-, Fe-, Ni-, Co- und Pb-Basis wurde gegeben. Von technischer Bedeutung sind heute in der Hauptsache die Heusler-, Corson- und Berylliumlegierungen. Dr. L. Nowack, Pforzheim, sprach über „Vergütbare Edelmetallegierungen", deren Hauptbestandteil eines der Edelmetalle Gold, Silber oder der Metalle der Platingruppe ist. Bei diesen bedient man sich in neuerer Zeit in steigendem Maße der Vorteile der vergütbaren Legierungen. Bei einer Reihe solcher wurde der Typus der Segregationsvergütung beobachtet. Bei dem System Silber-Kupfer-Kadmium wurde von Fraenkel der zeitliche Verlauf der Vergütung mittels Leitfähigkeitsmessungen festgestellt.

Der 8. IX. war einer Reihe kurzer Vorträge gewidmet. Die ersten Vorträge von Dr. Hansen, Berlin, Dr.-Ing. Haas, Aachen, Prof. Dr.-Ing. Denzo Uno, Aachen, Dr. Wassermann, Berlin, Prof. Dr. Fraenkel, Frankfurt a. M., behandelten die Einwirkung der Warmbehandlung verschiedener Legierungen auf die Festigkeit, Härte, elektrischen Widerstand, Alterung usw. Erwärmungstemperatur in Höhe und Dauer sowie Abkühlgeschwindigkeit sind auch hier von großer Bedeutung und liefern verschiedene Werte. Dr. Haas erwähnte in seinem Vortrag ein neues Meßgerät für elektrische Leitfähigkeit, das im Vakuum Messungen bei steigenden und fallenden Temperaturen gestattet. Dr. Denzo Uno berichtete über Härtungsversuche an Beryllium-Aluminium-Legierungen und Duralumin mit Berylliumzusatz. Dr. Dahl, Berlin, sprach zur „Kinetik des eutektoiden Zerfalles der γ-Bronzen". Nach Untersuchungen erhöht der eutektoide Zerfall den elektrischen Widerstand. Ein Anstieg des elektrischen Widerstandes tritt auch während der Vergütung ein, dem aber bei gewissen Anlaßtemperaturen ein Abfall folgen kann. Für eine 26prozentige Legierung, deren elektrischer Widerstand durch den Zerfall um etwa 15 ... 20 % steigt, beträgt bei 220° Anlaßtemperatur der Widerstandsabfall etwa über 50 %. Die beobachtete Vergütung tritt, wie die gleichzeitig aufgenommenen Härte-Anlaß-Dauerkurven zeigten, während des ersten Anstiegs und des folgenden Abfalls des Widerstandes ein.

Prof. Dr. Grube, Stuttgart, berichtete über die „Untersuchung der Konstitution binärer Legierungen durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit und der thermischen Ausdehnung". Für die neuzeitliche Legierungskunde



sind vor allem auch die in den vollständig erstarrten Legierungen auftretenden Umwandlungen wichtig, weil an solche die Vergütbarkeit eines Ligierungspaares geknüpft ist. Diese Umwandlungen werden häufig durch die thermische Analyse nicht angezeigt, und zu den weiter in Frage kommenden Verfahren wurde die Messung des elektrischen Widerstands und der thermischen Ausdehnung entwickelt. Temperatur-Widerstands-Kurven wie Kurven der thermischen Ausdehnung zeigen Unstetigkeiten bei den Temperaturen, bei denen Reaktionen in der festen Legierung verlaufen. Durch Eintragung der Temperaturen der Unstetigkeiten in das Zustandschaubild kann der Verlauf der Umwandlungslinien genau festgelegt werden. Auf Grund der Temperatur-Widerstands-Kurven lassen sich auch die Isothermen der elektrischen Leitfähigkeit und des Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstandes berechnen. Die dabei erhaltenen Kurven geben weiteren Aufschluß über die Form des Zustandschaubildes.

Reg.-Rat. Dr. A. Schulze, Berlin, machte Mitteilungen zu Versuchen in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt „Über die Umwandlungspunkte von Metallen". Abgesehen vom Aluminium, bei dem es nunmehr als endgültig anzusehen ist, daß es keinen Umwandlungspunkt besitzt, wurden zunächst die Metalle Zink, Wismut, Thallium und Kobalt untersucht. Der größte Teil der Messungen wurde in einem neuen, besonders für diese Zwecke eingerichteten elektrischen Ofen ausgeführt. Zum „Außergewöhnlichen Kristallwachstum an Eisen und Kupfer und seinen Ursachen" gab Dr.-Ing. R. Kühnel, Berlin, einige praktische Beispiele. „Der Einfluß der Rekristallisation auf das technische Verhalten von Blei" wurde von Direktor Dipl.-Ing. Brenthel, Halsbrücke, behandelt. Danach gibt die chemische Analyse kein eindeutiges Bild für die Brauchbarkeit einer Bleisorte als Werkstoff, da gerade gewisse verunreinigende Bestandteile im Blei die Rekristallisation verzögern oder vermindern und nichtkristallisierende Bleie im allgemeinen widerstandsfähiger sind. Die Verwendung von Leichtmetallkolben bei den Verbrennungskraftmaschinen und Kompressoren nimmt wegen verschiedener betrieblicher Vorteile ständig zu. Ihre vollständige Gleichwertigkeit mit gußeisernen wird fortgesetzt angestrebt. Hierzu sprach Dr. M. v. Schwarz, München. Neueste Aluminium-Kolbenlegierungen weisen neben Kupfer noch größere Mengen an Metallen der Eisengruppe auf und zeigen Härtezahlen, welche die des gewöhnlichen Gußeisens erreichen. Auch ihre Warmhärte ist sehr gut und ihre Wärmeausdehnung sehr niedrig. Die „Biegefähigkeit von Zinküberzügen" behandelte Dr.-Ing. Bablick, Wien. Sie ist sehr wichtig, wenn der Zink-Legierungschicht des Überzuges muß hierzu vermieden oder tunlichst eingeschränkt werden. Zu erwägen ist die Verwendung von Elektrolytzink zum Verzinken. Abschließend erörterte Obering. W. Wunder, Berlin, „Neuere Beobachtungen bei der Knetbearbeitung von Elektrolytkupfer". Die Herstellung zum Walzen brauchbarer Kupferbarren ist schwierig und bedarf besonderer Maßnahmen, wenn nicht beim Draht z. B. Brüchigkeit und beim Blech unsauber polierte Oberflächen auftreten sollen. Die Fehler sind auf Kupferoxydul-Anreicherungen zurückzuführen, die sich durch Verschweißen der beim Walzen entstandenen Risse bilden. So müsse vor allem darauf geachtet werden, daß keine Querbrüche beim Walzen entstehen.

Am 9. IX. nachmittags hörte eine große Zahl deutscher und englischer Fachleute den Vortrag von Dr. Gwyer „Aluminium und seine Legierungen". Der Anwendung der Röntgenstrahlenspektrographie auf Aluminium wurde eine große Zukunft vorausgesagt.

Przygode.

Verschiedenes.

Elektrische Gasreinigung. — Über die wissenschaftlichen Grundlagen der elektrischen Gasreinigung hielt Prof. Ladenburg am 5. XII. 1928 einen Vortrag in der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, nachdem er bereits im Mai 1928 im Haus der Technik in Essen über den gleichen Gegenstand gesprochen hatte[1]. Wir entnehmen seinen Ausführungen folgendes: Die Wichtigkeit der Entstaubung geht am besten aus der Tatsache hervor, daß bei einem großen Elektrizitätswerk täglich etwa 100 t Flugasche in die Umgebung verstreut werden. Allgemein kommt es bei der Entstaubung entweder darauf an, die für Menschen, Tiere und Pflanzen schädlichen festen und flüssigen Bestandteile aus Gasen und Dämpfen zu entfernen, oder aber es soll das reine Gas oder der wertvolle Staub gewonnen werden. Im Gegensatz zu anderen Methoden (Zentrifugierung, Berieselung) eignet sich die elektrische Gasreinigung für die Abscheidung der allerfeinsten Teilchen, außerdem wird der Staub in trockenem Zustand gewonnen. Das Prinzip besteht der Hauptsache nach darin, daß in einem von Gasionen eines (meist negativen) Vorzeichens durchsetzten unhomogenen elektrischen Feld die Staubteilchen einseitig geladen, in der Richtung des Feldes und an der einen Elektrode (Abscheide-Elektrode) abgeschieden werden, wo sie infolge der Schwere oder Klopfens herunterrieseln. Das Feld wird durch eine negativ geladene Sprühelektrode (dünner Draht, Band, Kette, weitmaschiges Netz aus Streckmetall) und eine positiv geladene Niederschlagelektrode (glatte Wand aus Metall oder Halbleiter, Wellblech, enges Netz) gebildet. Als Stromquelle benutzte O. Lodge Influenzmaschinen, Cottrell führte den synchron rotierenden mechanischen Gleichrichter ein, in der neuesten Zeit werden auch Glühkathoden verwendet. Die Spannung beträgt etwa 50 kV. die Stromstärke rd. 0,2 mA für 1 Meter Sprühdraht, der Elektrodenabstand 10 ... 15 cm, die Sprühdrahtlänge 1 ... 5 m. die Gasgeschwindigkeit 0,5 ... 3 m, das Gas verbleibt rd. 1 ... 2 s im elektrischen Feld.

Sobald das elektrische Feld so stark ist, daß die sichtbare Entladung, das Sprühen oder die Korona an der Drahtelektrode einsetzt, werden die Staubteilchen von den Gasionen getroffen, aufgeladen und gegen die Plattenelektrode bewegt, wo sie durch die Schwerkraft oder Abklopfen herunterrieseln. In trockener Luft geht die Entstaubung in sehr einfacher Weise vor sich, schwieriger ist der Prozeß bei höheren Temperaturen (je nach den Gasen und abzuscheidenden Staubarten bis zu 450°) und bei feuchten Abgasen, da die Entladung sehr leicht in einen Lichtbogen übergeht, der einem Kurzschluß gleichkommt; an der Ansatzstelle des Lichtbogens schmilzt der Sprühdraht, es kommt zu Verbrennungen, Verpuffungen und Explosionen.

Ladenburg kam dann auf die noch nicht veröffentlichten Untersuchungen zu sprechen, die im Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem, ausgeführt werden und die namentlich die Aufladung der Staubteilchen und den elektrischen Wind betreffen. Die Staubteilchen laden sich erst allmählich auf den Maximalbetrag auf, da mit zunehmender Ladung eine Abstoßung der gegen die Staubteilchen fliegenden geladenen Ionen stattfindet; ferner zeigten die Versuche, daß die Aufladungskurve der Staubteilchen nicht stetig verläuft, sondern auf- und abwogt, eine Tatsache, die auf eine Abspaltung von Ladungen oder Anziehung von vereinzelten Ionen entgegengesetzten Vorzeichens zurückzuführen ist. Die Grenzladungen werden um so größer, je größer der Durchmesser d der Teilchen ist; für $d = 10\,\mu$ ist sie von der Größenordnung von $4 \cdot 10^4$ Einheiten, für $d = 0{,}1\,\mu$ von nur noch 25 Einheiten, wenn ein elektrisches Feld von 3000 V/cm zugrunde gelegt wird. Trotzdem schwanken die im elektrischen Feld erreichten Endgeschwindigkeiten nur zwischen den Grenzen von etwa 60 bis 3,5 cm/s, da mit abnehmendem Durchmesser der Staubteilchen auch die zur Bewegung im Feld benötigten Kräfte abnehmen.

Die Bedeutung des elektrischen Windes für die Gasreinigung ist lange Zeit hindurch unterschätzt worden. Durch seitliche Beleuchtung eines ausströmenden Kohlensäurestroms und durch Räucherkerzchen wurden der Weg und die Geschwindigkeit der durch den elektrischen Wind hervorgerufenen Gasbewegung verfolgt und zu etwa 50 cm/s gefunden; dieser Wind reißt auch die nicht ionisierten Staubteilchen mit sich fort; letztere bleiben an der Niederschlagselektrode haften, einige wandern im Kreislauf zum Sprühdraht zurück und bewirken auch dort einen Staubniederschlag. Diese Verhältnisse gelten allerdings nur für ruhende Gase; sobald eine Strömung hinzukommt, werden sie außerordentlich verwickelt, so daß eine allgemein gültige theoretische Lösung nicht mehr gegeben werden kann, vielmehr muß man die Elektrodenform, Abstände, Gasgeschwindigkeit je nach der Art des Staubes, der Temperatur und gewünschten Reinheit von Fall zu Fall ausprobieren. Die Erscheinungen (Auslöschen einer Kerze, Beseitigung des Rauches durch den elektrischen Wind, Rohmann-Effekt) wurden an der Hand von kinematographischen Aufnahmen erläutert, die sich dadurch auszeichneten, daß man den Film in jedem Moment stehen lassen, also jeden Zustand beliebig lange festhalten konnte. Schließlich wurden die verschiedenen Anwendungsgebiete und ausgeführte Anlagen besprochen. Was für Aufgaben zu erfüllen sind, zeigt z. B. die Reinigung von Hochofengasen, bei denen viele 100 000 m³ täglich zu entstauben sind.

[1] Chemiker-Z. 1928, S. 612.

Die anzustrebenden Verbesserungen liegen der Hauptsache nach auf wirtschaftlichem Gebiet. Wo kostbarer Staub zurückgewonnen wird, spielen die Kosten der elektrischen Gasreinigung keine Rolle, wobei festzuhalten ist, daß die Betriebskosten gegen die leider noch sehr teuren Anlagekosten ganz zurücktreten. Wo dagegen die hygienischen Zwecke in den Vordergrund treten, wo es sich um lästigen Staub handelt, der die Luft verdirbt und Landwirtschaft und Gärtnereien schädigt, sind die Anlagen meist noch zu teuer. Für ein großes Elektrizitätswerk mit täglich 100 t Flugasche würden sich die Kosten für eine elektrische Reinigung der Rauchgase immerhin auf insgesamt etwa 1 Mill RM belaufen. In der Verbilligung der Anlagen und Schaffung von wirtschaftlichen Apparaturen für den Kleinbetrieb liegt das Zukunftsfeld der elektrischen Entstaubung. (L a d e n b u r g, Vortrag vor d. Kais.-Wilhelm-Gesellsch. z. Förd. d. Wiss., Berlin.) *Bn.*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Internationaler Straßenbahn- und Kleinbahnkongreß. — Der XXII. Internationale Kongreß der Straßenbahnen, Kleinbahnen und der öffentlichen Kraftfahrunternehmen findet in der Zeit vom 29. VI. ... 6. VII. 1930 in Warschau statt. Das technische Programm wird folgende Vorträge und Berichte umfassen:

1. L. S e k u t o w i c z, Paris, Vergleich der Untergrundbahnen mit den Kleinbahnen.
2. E. J a y o t, Paris, Verwendung von Leichtmetallen in Oberleitungsanlagen.
3. P. L o B a l b o, Saluzzo (Italien), Akkumulatoren-Triebwagen in Europa.
4. v. P o d o s k i, Warschau, Studie über elektrolytische Erscheinungen.
5. O. L a n g e, Hälsingborg, Blockierung der Strecke durch automatische Signale für eingleisige Betriebe.
6. Ph. P f o r r, Berlin, Neuere Erfahrungen mit der Bremsung von Straßenbahnwagen.
7. H. C o e n s und A. A l l a r d, Brüssel, Methoden und Vorrichtungen für die Kraftversorgung eines elektrischen Straßenbahnnetzes.
8. Verbesserungen in der Konstruktion des rollenden Materials auf Schienen und Straßen.
9. H. A r n o l d, Herten, Verwendung von Rohölmotoren auf Schienen und Straßen.
10. Entwicklung der elektrischen Ausrüstung des rollenden Materials.
11. G. d'A l o, Mailand, Straßenbahngleis und Straßenbau.
12. H. B a c q u e y r i s s e, Paris, Verfahren und Methoden zur Erleichterung des Reisendenverkehrs.
13. P. N e s t r y p k e, Posen, Vergleich der allgemeinen Verkehrsarten. Kleinbahnen, Straßenbahnen, Autobusse.

Auskunft erteilt das Generalsekretariat: Brüssel, 112 Rue du Trône.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die elektrowirtschaftlichen Beziehungen zwischen der P r e u ß i s c h e n E l e k t r i z i t ä t s - A. G. und der Stadt F r a n k f u r t a. M. sind soeben vorbehaltlich der Genehmigung maßgebender Körperschaften durch einen für das Rhein-Maingebiet sehr wichtigen Vertrag neu geregelt worden, der zunächst auf 30 Jahre der Stadt Spitzenstrombezug von der Preag zu, wie die Frankf. Zg. berichtet, etwa den Selbstkosten der Frankfurter Elektrizitätswerke[2] sichert. Die Stadt beteiligt sich mit nom. 15 Mill RM Aktien (zu 150 %) an der Preag und überläßt ihre 50prozentige Beteiligung an der Hefrag (Braunkohlen-Schwel-Kraftwerk Hessen-Frankfurt A. G.) zu pari der staatlichen Gesellschaft, die ihrerseits der Stadt die von dieser für den Ausbau der Untermainwasserkräfte durch das Reich garantierten 15 Mill. RM Baukostenanteil zur Verfügung stellt. Schließlich erwirbt die Preag für 0,6 Mill. RM von der Frankfurter Gasgesellschaft nahezu alle Kuxe des Braunkohlenschwelwerks der Gewerkschaft Friedrich in Hungen. Vor dem Abkommen war die Stadt Frankfurt (Gesamtjahresverbrauch z. Z. 150 Mill kWh) verpflichtet, von dem Kraftwerk Borken der Preag jährlich 18 Mill kWh und von der Hefrag nach dem Vollausbau des dieser gehörenden Werks 24 Mill kWh abzunehmen, außerdem hatte Frankfurt von den Untermainstufen 45 Mill kWh zu beziehen. Sodann bestand eine erhebliche Abhängigkeit der Stadt von der Preag darin, daß die Stromlieferung der Hefrag über die von Borken nach Frankfurt führende 100 kV-Leitung der Preag gegen eine Leitungsgebühr erfolgt, was bei der Kurzfristigkeit des bezüglichen Abkommens eventl. Schwierigkeiten zur Folge haben konnte. Da überdies der Vertrag der Hefrag mit der Provinz Oberhessen bald abläuft, wäre Frankfurt in diesem Fall genötigt gewesen, den ganzen Strom der Hefrag ohne Rücksicht auf seinen Bedarf zu übernehmen. Auf der anderen Seite gewinnt die Preußische Elektrizitäts-A. G. ein sehr aussichtsreiches Absatzgebiet (auch in Oberhessen), die Werke Borken und Wölfersheim kommen unter eine einheitliche Leitung und es besteht weiter nunmehr für die Preag die Möglichkeit, von der Saar her Strom nach Frankfurt zu liefern, wofür das Leitungsnetz der RWE verfügbar ist. Über die künftige Ausnutzung des Schwelbetriebs in Hungen, das vorläufig noch keine elektrische Arbeit produziert, verlautete bisher noch nichts. Durch die Überlassung von 15 Mill RM Preag-Aktien an die Stadt Frankfurt wird eine Erweiterung der von dem preußischen Unternehmen schon beabsichtigten Kapitalserhöhung notwendig, zumal auch die geplante Beteiligung am Elektrozweckverband Mitteldeutschland eine solche erfordert.

Umsatz- und Erträgnisziffern des B e z i r k s v e r b a n d e s O b e r s c h w ä b i s c h e E l e k t r i z i t ä t s w e r k e (OEW), Biberach a. d. Riß, haben sich 1928 günstig entwickelt. Der Gesamtanschlußwert erreichte am Jahresschluß 142 560 kW (130 000 i. V.), die Stromlieferung des Dampfkraftwerks Ulm, der Illerkraftwerke und sonstiger Anlagen betrug 112,099 Mill kWh (95,929 i. V.) — wobei rd. 76 % auf die Wasser- und 4 % auf die Wärmekraftwerke entfielen — und der Gesamtumsatz mit 27,301 Mill kWh oder 19,6 % Fremdbezug (17,095 i. V.) 139,4 Mill kWh (113,024 i. V.). Hiervon sind rd. 116 Mill kWh nutzbar abgegeben worden. Zwecks weiterer Sicherung künftigen Strombedarfs in wasserarmen Zeiten hat die Gesellschaft mit dem RWE einen langjährigen Vertrag geschlossen, der gleichzeitig die Übertragung ihres Stromanteils aus den Vorarlberger Kraftwerken bis nach Herbertingen regelt. Weiter ermöglicht ein Abkommen mit dem Städtischen Elektrizitätswerk Stuttgart die Lieferung von Speicherstrom aus dem Dampfkraftwerk Münster und erleichtert die Bewirtschaftung des in den Becken bei Tannheim und Unterdettingen aufgenommenen Speicherbetriebs. Mit der Inbetriebnahme des Vermuntwerks ist voraussichtlich im Frühjahr 1930 zu rechnen. Verhandlungen über eine Beteiligung an den oberbadischen Wasserkräften und an einem württembergischen Gemeinschaftsunternehmen sind im Gange. Der Stromverkauf erbrachte 8 520 758 RM (7 400 930 i. V.), wozu an sonstigen Einnahmen noch 182 714 RM hinzukamen (90 467 i. V.); 41 787 RM wurden vorgetragen (54 524 i. V.). Im Anschluß hieran sei bemerkt, daß eine kürzlich abgehaltene Verbandsversammlung des OEW die 50prozentige Beteiligung an der oberbadischen Wasserkraftanlage Waldshut-Kadelburg gemeinschaftlich mit der Stadt Stuttgart und der Neckarwerke A. G. gutgeheißen hat, u. zw. an Stelle einer Beteiligung am Ausbau der Wasserkraftwerke Albbruck-Dogern und Schluchsee. Von der Versammlung wurde ferner der Erwerb des ganzen Aktienpakets der Elektrizitätswerke der Argen A. G. genehmigt. Letztere sollen zunächst in ihrer bisherigen Form weitergeführt werden.

Zum 21. X. einberufene Aufsichtsratsitzungen haben über eine Fusion der G e s e l l s c h a f t f ü r e l e k t r i s c h e U n t e r n e h m u n g e n A. G., mit der Ludwig Loewe A. G. und der A. G. für Gas-, Wasser- und Elektricitäts-Anlagen, Berlin, Beschluß zu fassen.

Portugals Elektrizitätsversorgung. — Die VDI-Nachrichten entnehmen einem Bericht der „Revista du Asociação dos Engenheiros Civis Portugueses" die Angabe, daß in P o r t u g a l anfangs 1929 354 Elektrizitätswerke, u. zw. 69 Wasserkraftwerke mit zusammen 33 634 kW und 285 Wärmekraftwerke mit 102 088 kW, in Betrieb waren. Ihre Stromlieferung betrug 1927 rd. 187 und 1928 nicht ganz 217 Mill kWh und der Stromverbrauch je Kopf der Bevölkerung im erstgenannten Jahr 34 kWh. Von den hinsichtlich ihrer Leistung auf etwa 0,5 Mill PS geschätzten Wasserkräften Portugals sind z. Z. noch nicht 10 % ausgebaut, doch zeigt die Regierung, wie der Bericht sagt, an einem schnelleren Ausbau großes Interesse. Das bezieht sich hauptsächlich auf den D o u r o, für dessen Ausnutzung längs seines die spanisch-portugiesische Grenze bildenden Teils bereits Projekte vorliegen und auch schon ein Abkommen mit Spanien getroffen worden ist.

Verkürzung des Weges elektrischer Arbeit in den V. S. Amerika. — Aus einem Bericht der amerikanischen National Electric Light Association ist zu ersehen, daß die

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1493.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 1452.



durchschnittliche Weglänge des elektrischen Stroms vom Kraftwerk bis zur Verbrauchstelle in den V. S. Amerika rd. 35 km und, wenn man den Staat Kalifornien ausschließt, wo sich die Kraftstationen zum größten Teil im Gebirge und die Verbrauchstellen im Tal der Küste entlang befinden, nur noch rd. 29 km beträgt. Hieraus geht hervor, daß trotz der erheblichen Verkettung der Kraftwerke und der Ausdehnung der Überlandnetze in den letzten Jahren der größte Teil der elektrischen Arbeit in der Nähe der Erzeugungsstellen konsumiert wird. Die Ursache dafür liegt hauptsächlich in der Berücksichtigung wirtschaftlicher Faktoren, insofern die Dampfkraftwerke in der Nähe der Küstenstädte und der Industriezentren errichtet wurden. Veranlassung ist aber auch die steigende Wirtschaftlichkeit der großen Dampfzentralen im Vergleich mit der der hydroelektrischen Werke in größerer Entfernung von den Konsumentenkreisen. Es ergibt sich ferner, daß die Weglänge des elektrischen Stroms bis zum Verbraucher zusehends kürzer wird, eine Entwicklung, die nicht mehr aufzuhalten ist. Viele der vor kurzer Zeit fertiggestellten hydroelektrischen Kraftanlagen wurden schon vor Jahren geplant, u. zw. zu einer Zeit, als der Kohlenpreis sehr hoch und der Nutzeffekt der Dampfkraftzentralen geringer war als heute. Seit jener Zeit sind die Produktionskosten letzterer um nahezu 50 % zurückgegangen, so daß die Mehrzahl der noch beschlossenen hydroelektrischen Kraftwerke kaum gebaut werden wird.

S. G. Fr.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zu einer gemeinsamen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins, der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft, der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik und der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

am Dienstag, dem 22. Oktober 1929, abends 7½ Uhr,

im Physikalischen Hörsaal der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Berliner Str. 170/172.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen des Elektrotechnischen Vereins.
2. Herr Direktor Dr. Finckh (Osram): „Die Glühlampe und ihre Erfinder". Das Jubiläumsjahr 1929.
3. Vortrag des Herrn Professor Dr. Pirani: „Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren" (mit experimentellen Vorführungen).

Inhaltsangabe:

Fragestellung.

Physikalische und physiologische Grundlagen der Lichterzeugung.

Die bisherigen Hindernisse für den Anschluß von Leuchtröhren an normale Betriebspannungen.

Bisherige Schwierigkeiten der Erreichung genügender Lebensdauer.

Neue Verfahren zur Erhöhung der Leuchtdichte.

Röhren für hohe Energieaufnahme.

Röhren mit hoher Lichtausbeute.

Mit Rücksicht auf die beschränkte Anzahl von Plätzen in dem Sitzungssaal ist der Zutritt nur gegen besondere Eintrittskarten gestattet, die in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins in Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, erhältlich sind. **Die Mitgliedskarten der veranstaltenden Gesellschaften berechtigen allein nicht zum Zutritt.**

Eine Diskussion über die Ansprache des Herrn Direktor Dr. Finckh sowie über den Vortrag des Herrn Professor Dr. Pirani findet nicht statt.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein
K. W. Wagner

Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft
Lempelius

Deutsche Gesellschaft für Technische Physik
Gehlhoff

Physikalische Gesellschaft zu Berlin
Pringsheim.

Vortragsreihe

des Elektrotechnischen Vereins in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin über „Funktionentheorie und ihre Anwendung in der Technik".

I. Hauptteil: Mathematischer, die Grundlagen der Theorie umfassender Teil.

28. Oktober bis einschl. 16. Dezember 1929.

Herr Professor Dr. R. Rothe (Technische Hochschule Berlin).

II. Hauptteil: Technischer, die wichtigsten Anwendungen behandelnder Teil.

1. 13. I. 1930: Herr Professor Dr. Schottky (Siemens & Halske A. G.): „Aufbau elektrischer und magnetischer Felder aus Quellinien-Potentialen" (Verstärkerröhren, Elektrofilter; Transformatoren- und Generatoren-Probleme).
2. Am 20. I. 1930: Herr Dr. Pohlhausen (Oberingenieur der Siemens-Schuckert-Werke A. G.): „Zweidimensionale Strömungsfelder" (Auftrieb und Zirkulation, Kutta-Joukowskyscher Satz. Strömung um den Zylinder, Tragflügelprofile, Vergleich der Theorie mit dem Experiment).
3. Am 27. I. 1930: Herr Dr. E. Weber (Ingenieur der Siemens-Schuckert-Werke A. G.): „Feldausbildung an Kanten" (Elektrische und magnetische Felder, Temperaturfelder, elastische Spannungsfelder).
4. Am 3. II. 1930: Herr Dr. Ollendorff (Privatdozent der Technischen Hochschule Berlin): „Ausgleichsvorgänge in körperlichen Leitern" (Komplexe Darstellung von Stoßvorgängen, Erwärmung von elektrischen Maschinen, Kurzschluß-Erwärmung eines Kabels, Stoßströme in Maschinen mit Wirbelstrom-Läufern).
5. Am 10. II. 1930: Herr Professor Dr. Nöther (Technische Hochschule Breslau): „Wellenausbreitung in homogenen und geschichteten Medien" (Ausbreitung im Raum und längs der Erdoberfläche; die Maxwellschen Gleichungen im geschichteten Medium [Heaviside-Schicht]).
6. Am 17. II. 1930: Herr Professor Dr. Föttinger (Technische Hochschule Berlin): „Strahlbildung und günstigste Randformen" (Felder mit diskontinuierlicher oder vorgeschriebener Vektorverteilung).

Zeit: Montag abends pünktlich 6½ bis 8 Uhr.

Ort: Hörsaal Nr. 141 der Technischen Hochschule zu Berlin.

Teilnehmerkarten: Zu haben
a) in der Technischen Hochschule, Zimmer Nr. 138,
b) im Elektrotechnischen Verein Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, Postscheckkonto: Berlin Nr. 13 302.

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:
a) für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins . . . 16 RM
b) „ deutsche Studenten . . . . 8 „
c) „ andere Teilnehmer . . . . 24 „

Karten für einzelne Vorträge werden nicht abgegeben.

Elektrotechnischer Verein
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.



Nachtrag
zum Sitzungsbericht vom 26. Februar 1929[1])

Besprechung des Vortrags[2])

des Herrn Professor Dr. Keinath:

„Elektrische Fernmessung".

Vorsitz: Herr Professor Matthias.

Herr **Piloty**: Herr Prof. MATTHIAS macht es mir leicht, an den glänzenden Vortrag von Herrn Prof. KEINATH anzuknüpfen. Auch ich glaube, daß viele der Herren Zuhörer das Bedürfnis fühlen werden, das aus den verschiedenen Fernmeßsystemen gebildete Kaleidoskop noch etwas zu ordnen. Hierzu aber ist es erforderlich, auf die Systemfrage, d. h. auf die Erörterung der grundsätzlichen Unterschiede der einzelnen Fernmeßsysteme einzugehen. Ich darf wohl annehmen, daß der Herr Vortragende in seinem Streben nach Objektivität dies vermeiden wollte. So sehr ich dieses Bestreben respektiere, so scheint es mir doch notwendig, wenigstens in einigen groben Worten von den Systemunterschieden zu sprechen, einerseits im Interesse der Herren Zuhörer im bereits erwähnten Sinne, anderseits aber auch deshalb, damit uns, die wir uns mit der Systemfrage ernsthaft auseinandersetzen müssen, diejenigen Gesichtspunkte bekannt werden, auf die man dabei achten muß und die sicherlich noch nicht alle erörtert worden sind. Hierbei ist die Mitwirkung der mit den Fernmeßsystemen arbeitenden Gesellschaften, insbesondere der stromerzeugenden Industrie, von großem Wert. Beispielsweise hat sich bereits im vorigen Jahre die Aktiengesellschaft Sächsische Werke sehr verdient dadurch gemacht, daß sie mit der Formulierung solcher Gesichtspunkte an die Öffentlichkeit getreten ist[3]. Einer dieser Gesichtspunkte ist beispielsweise der, daß das im Kraftwerksbetrieb zur Überbrückung großer Entfernungen zur Verwendung gelangende Fernmeßsystem einheitlich sein und unabhängig davon funktionieren soll, welcher Art der Übertragungskanal ist, also unabhängig davon, ob eine gewöhnliche galvanische Verbindung oder eine durch Übertrager zerteilte Leitung oder auch eine Hochfrequenzverbindung benutzt wird. Mißt man diesem Gesichtspunkt entscheidende Bedeutung zu, dann scheiden sämtliche Systeme aus, die mit der Übertragung einer Amplitude arbeiten, und es verbleiben im wesentlichen nur die Impulssysteme.

Ein anderer Gesichtspunkt — ich glaube einer der wichtigsten — ist die Möglichkeit der Mehrfachübertragung. Es ist schade, daß von diesem Problem heute noch nicht die Rede war. Soweit wir heute überblicken können, kann man in der Mehrzahl der Fälle der Fernmessung über große Entfernungen nicht damit zufrieden sein, daß man über jeden Verbindungskanal nur eine einzige Meßgröße übertragen kann. Im Kraftwerksbetrieb gibt es viele Beispiele, die dies deutlich werden lassen. Bei der einen Gruppe derartiger Fälle steht zwar für die Verbindung zwischen Sende- und Empfangstelle ein besonderer Übertragungskanal zur Verfügung. Es müssen jedoch mehrere am Sendeort gebildete Meßwerte über diesen einzigen Kanal übertragen werden, beispielsweise die Leistungen mehrerer Abzweige, mehrerer Maschinen oder auch neben der Leistung noch Blindleistungen, vielleicht auch Scheinleistungen und Spannungen. In der anderen Gruppe von Fällen muß von jeder Sendestelle nur eine Meßgröße übertragen werden, wobei aber Sendestelle, Empfangstelle und Übertragungskanäle räumlich so zusammenhängen, daß mehrere Meßwerte wenigstens über einen Teil des Übertragungskanals gemeinsam geleitet werden müssen. Ein einfaches Beispiel hierfür ist eine Reihe von Stationen, die im Übertragungskanal liegen wie die Perlen an einer Schnur, wobei die Empfangstelle sich an einem Ende der Schnur befindet. Soll von jeder Station auch nur ein Meßwert übertragen werden, so muß die der Empfangstelle zunächst gelegene Teilstrecke des Übertragungskanals für alle Meßwerte ausreichen.

Spielt nur der Gesichtspunkt der Mehrfachübertragung eine wesentliche Rolle, so erhebt sich sofort eine Reihe anderer Fragen. Die Forderung der Mehrfachübertragung schließt die dauernde Übertragung von Momentanwerten aus. Diese ist nur möglich, wenn für jeden Meßwert ein besonderer Verkehrskanal zur Verfügung steht. Man ist daher gezwungen, die Meßwerte in einem bestimmten Zyklus absatzweise zu übertragen. Es fragt sich nun, ob es unter diesen Umständen zweckmäßiger ist, Leistungen und verwandte Größen als Momentanwerte oder als Mittelwerte zu übertragen. Es wäre sehr wünschenswert, wenn diese Frage noch weiter in der Diskussion besprochen würde. Wir sind der Ansicht, daß die Mittelwertübertragung vorzuziehen ist, da man kein Interesse daran haben kann, willkürlich herausgegriffene Momentanwerte zu übertragen und eine Zeitlang, sagen wir 5 min, an der Empfangstelle festzuhalten, was im Falle plötzlicher Lastschwankungen an der Sendestelle zu groben Irreführungen an der Empfangstelle führen kann.

Legt man einerseits entscheidende Bedeutung auf die Dauerübertragung von Momentanwerten, anderseits aber auch auf die Mehrfachausnutzung von Übertragungskanälen, sieht man also zwei einander widersprechende Gesichtspunkte als wichtig an, so entsteht die Frage, in welchen Fällen die Messung von Momentanwerten, verbunden mit einer großen Anzahl von Übertragungskanälen, in welchen Fällen die Mehrfachübertragung, verbunden mit der Messung von Mittelwerten, vorzuziehen ist. Ich persönlich glaube, daß bei der Überbrückung großer Entfernungen der Gesichtspunkt der Mehrfachübertragung der wichtigere sein wird. Die Augenblickswerte sind von Interesse bei Störungen und bei einer drohenden Überlastung eines Kraftwerkes. In solchen Fällen aber ist es auch möglich, daß, was man zu wissen wünscht, die Tatsache der Überlastung, das Fallen eines Schalters usw., einer Fernmeldeeinrichtung zuzuweisen, welche keine Quantitäten sondern bloß Ja- oder Neinmeldungen zu übertragen braucht, während die Fernmeßeinrichtung unter allen Umständen den zeitlichen Verlauf der gewünschten Meßgröße nur in großen Zügen wiedergibt. Bei kurzen Netzen und einer großen Anzahl von Meßgrößen, beispielsweise bei städtischen Großverteilungsnetzen, dagegen kann es zweckmäßiger sein, wenn dauernde Momentanübertragung einer jeden über eine besondere Verbindungsleitung vorgesehen wird. Im Interesse des technischen Fortschrittes wäre es sehr wünschenswert, wenn die Herren der stromerzeugenden Industrie sich zu diesen allgemeinen Fragen äußerten. (Beifall.)

Vorsitzender: Ich bitte um weitere Wortmeldungen; insbesondere bitte ich die Herren aus der stromerzeugenden Industrie, sich zu der soeben angeschnittenen Frage zu äußern, soweit das erwünscht ist. — Das scheint nicht der Fall zu sein. Dann bitte ich um weitere Wortmeldungen zu dem Vortrag.

Herr **Stäblein**: Zu den Ausführungen von Herrn Dr. PILOTY möchte ich ergänzend noch folgendes bemerken. Herr Dr. PILOTY hatte die Frage aufgeworfen, ob man Momentanwerte übertragen soll und ob die Übertragung von Momentanwerten überhaupt eine fernmeßtechnische Aufgabe ist, d. h. ob die Fernmeßtechnik erlaubt, ganz kurzzeitige Vorgänge, wie sie z. B. bei Störungen auftreten, zu verfolgen. Wenn wir die uns heute vorgestellten Systeme daraufhin prüfen, dann finden wir, daß diese Aufgabe eigentlich grundsätzlich nur von den Systemen gelöst werden kann, die nicht Impulssysteme sind, also beispielsweise von Systemen, die mit einer an einem Potentiometer abgegriffenen Spannung arbeiten oder durch Kompensationsverfahren usw., wobei es schon in Frage gestellt scheint, ob die in der Natur der Sache liegende Trägheit der Instrumente nicht so groß ist, daß solche kurzzeitigen Vorgänge nicht mehr angezeigt werden. Wenn wir die Impulssysteme ins Auge fassen, die ja — wie der Herr Vortragende ausgeführt hat — allein Systeme darstellen, die von der Leitung und von dem Übertragungstrom (Gleichstrom, Wechselstrom, Hochfrequenzstrom usw.) unabhängig sind, dann kommen wir zu dem Ergebnis, daß eigentlich keines dieser Impulsverfahren Momentanwerte in diesem Sinne übertragen kann. Das Impulszahlverfahren ist seiner Natur nach deshalb nicht dazu geeignet, weil eine bestimmte Zeit notwendig ist, um eine Zahl von Impulsen zu bilden, die dann wieder über die Leitung gegeben werden. Das Impulszeitverfahren ist ebenfalls ein absatzweise arbeitendes Verfahren und infolgedessen natürlich auch nicht geeignet.

Wir kommen weiter zu dem Ergebnis, daß auch das Impulsfrequenzverfahren diesen Bedingungen nicht genügen kann, weil ja einerseits die Meßgröße von einem Zähler abgeleitet wird, der eine bestimmte Trägheit besitzt, und weil anderseits das Empfangsinstrument, wie der Herr Vortragende selbst mitteilte, ein sehr stark gedämpftes Gleichstrominstrument sein muß und infolgedessen nicht in der Lage ist, ganz kurzzeitige Vorgänge richtig wiederzugeben.

Ich möchte weiterhin noch kurz auf das Problem der Mehrfachübertragung zu sprechen kommen, das hiermit

[1] ETZ 1929, S. 580.
[2] S. 1509 dieses Heftes.
[3] Elektrizitätswirtsch. Bd. 27, S. 12.



in einem gewissen Zusammenhange steht. Wenn man nämlich auf eine Mehrfachübertragung Wert legt, dann muß man bei großen Entfernungen natürlich die Übertragung der einzelnen Meßwerte absatzweise machen, weil man sonst für jede Meßgröße eine Leitung benötigen würde. Wenn also diese Übertragung schon absatzweise nacheinander erfolgen muß, dann ergibt sich, daß ein Verfahren am zweckmäßigsten ist, das nicht irgendeinen Momentanwert herausgreift, sondern das — wenn überhaupt die Übertragung automatisch und nicht willkürlich wählbar vor sich geht — die Meßgrößen richtig wiedergibt, d. h. die Meßgrößen während der ganzen Zeit, auch während der Übertragungspause, richtig erfaßt. Wenn wir uns das eine Lichtbild vom Impulszeitverfahren noch einmal vor Augen halten, bei dem nicht ein Momentanwert, sondern der Wert eines Maximumzeigers übertragen wurde, dann ist leicht einzusehen, daß diese Übertragung nicht eigentlich den Sinn hat, ein Fernmaximumanzeiger zu sein, sondern die Übertragung eines zeitlichen Mittelwertes, z. B. der Leistung, ist. Man kann sich denken, daß man mehrere oder viele solcher Apparate hat, die alle den Mittelwert — beispielsweise über 5 min — bilden, und daß dann diese einzelnen Apparate von einer Zentrale her abgerufen werden und ihre Meßwerte nacheinander über ein und dieselbe Leitung geben. Der Meßwert wird in einer verhältnismäßig sehr kurzen Zeit übertragen, nämlich innerhalb einiger Sekunden. Er stellt aber nicht die Meßgröße nur während dieser einen Sekunde oder zu Beginn der Übertragung dar, sondern gibt den Wert während des ganzen Zeitraums von beispielsweise 5 min wieder.

Die Mehrfachübertragung ist ein sehr wichtiges fernmeßtechnisches Problem; wie sich aber aus den Ausführungen ergibt, ist man zwangsweise vor die Aufgabe gestellt, die Übertragung absatzweise nacheinander vorzunehmen. Diese Übertragung ist — soviel ich sehe — eigentlich nur nach dem Impulszeitverfahren in einer günstigen Weise möglich, weil das Impulsfrequenzverfahren eine gewisse Einstelldauer benötigt, um überhaupt den Meßwert richtig anzuzeigen. (Beifall.)

Herr **Stern:** Es wurde eben gesagt, daß sich für die Übertragung mehrerer Meßwerte über eine oder zwei Leitungen nur das Impulszeitverfahren eignet. Ich möchte hierzu bemerken, daß wir nach dem Telewattsystem seit langer Zeit schon über zwei Leitungen bis zu 12 Messungen übertragen, u. zw. in einem Zeitraum von 1 min für 6 Messungen. Das geschieht in der Weise, daß ein Registrierempfänger aufgestellt wird und daß bei jedem Herabfallen des Fallbügels ein anderer Sender an das Registrierinstrument gelegt wird. Der Empfänger ist nur mit zwei Leitungen mit dem Sendeort verbunden, an dem sich ein Umsteuerrelais befindet. Jedesmal schaltet sich also ein anderer Sender ein, der jeweils registriert wird, so daß man innerhalb 2 min 12 Messungen hat. Bei diesem Registrierverfahren ist es also ohne weiteres möglich, Momentanwerte zu übertragen. Man ist dann auch nicht gezwungen, 5 min zu warten, bis die ganze Reihe durch ist. Entschließt man sich, noch besondere Synchronverteiler aufzustellen, so kann man beim Telewattsystem bei Verwendung von nur 2 Leitungen bis zu 100 Messungen gleichzeitig übertragen.

Herr **Stäblein:** Ich möchte ergänzend bemerken, daß ich nur die Impulsmethode ins Auge gefaßt und die anderen Methoden außer acht gelassen hatte, weil diese nicht für sämtliche Übertragungsmittel (Gleichstrom, Wechselstrom usw.) geeignet sind.

Herr **Eisner:** Eine solche Technik, wie sie sich hier herausgebildet hat, wird nicht nur in ihrem eigenen Gebiet, aus dem heraus sie entstanden ist, von Nutzen sein, sondern auch andere Anwendungsgebiete können von dieser Einrichtung Nutzen haben. Ich denke an die Meteorologie. Augenblicklich werden dort in den einzelnen Beobachtungsstationen die Wettermeldungen in Telegrammform verschlüsselt an die einzelnen Auswertungsstellen gegeben und dann entziffert, um zu einer Wetterkarte zusammengestellt zu werden. Das dauert sehr lange. Wenn an einer Stelle sämtliche Stationen gleichzeitig beobachtet werden können, dann ist das für die Beobachtung des Wetters von großem Vorteil und auch für die Wettervorhersage an sich.

Herr **Fleischer:** Wir haben bei der BEWAG alle die Apparate, die hier zu sehen sind, mit einer einzigen Ausnahme seit mehreren Monaten in Probebetrieb. Auch wir haben es bisher so gemacht, wie Herr Prof. KEINATH erwähnt hat, daß in unseren Kraftwerken und Fernstrom-Übergabestellen die Leistung der einzelnen Maschinen und Transformatoren addiert und die Summen zu einer Zentralstelle hingemeldet wurden. Wir hatten in diesem Winter 7 Kraftwerke und 4 Fernstrom-Übergabestellen (im Dezember 500 000 kVA) auf unser Netz zusammengeschaltet. Bei einer so großen Zahl von Kraftquellen mit derartig hohen Leistungen läßt sich nun aber der Betrieb in der bisherigen Weise nicht mehr weiter führen. Wir wollen die Fernmeßeinrichtung automatisch zur Lastverteilung heranziehen, u. zw. so, daß wir eine BEWAG-Summe bilden, indem wir von allen Kraftwerken und Fernstrom-Übergabestationen die Leistung zur Zentralstelle übertragen, dort sämtliche Stromquellen summieren und diese Summe an die einzelnen Kraftwerke zurückgeben. Man kann dann in jedem einzelnen Kraftwerk auf der Schalttafel an einem Instrument die BEWAG-Summenleistung ablesen. Wir geben dann jedem Kraftwerk einen Schlüssel in irgendeiner Form, aus dem es jederzeit entnehmen kann, welchen Anteil der angezeigten Gesamtlast es übernehmen muß. Diese Betriebsführung setzt natürlich voraus, daß die Anzeigen der Fernmeßinstrumente möglichst momentan erfolgen müssen. Wir haben uns gesagt, wir wollen d e m System den Vorzug geben, dessen Anzeige der eines direkt zeigenden Instrumentes am nächsten kommt.

Für diese Forderung sind aber noch weitere Gründe maßgebend gewesen. Durch die starke Zunahme der Bahnbelastung sind verhältnismäßig schnell verlaufende Belastungsänderungen zu der bisherigen Netzlast hinzugekommen. Diese sowohl wie plötzliche Belastungsstöße bei Schwankungen oder Störungen müssen von den Registrierinstrumenten einwandfrei erfaßt werden. Die Übertragung der Meßwerte, nicht fortlaufend sondern punktweise in größeren Zeitabständen vorzunehmen, wie von Herrn Dr. PILOTY erwähnt, ist für unsere Verhältnisse nicht geeignet. Sie brauchen hierbei nur zu bedenken, daß besonders an klaren Winterabenden die Belastung innerhalb weniger Minuten um etwa 50 000 kW steigen kann, was bei der von uns vorgesehenen Betriebsweise unbedingt auf das genaueste angezeigt werden muß. Wir müssen dabei allerdings auf die Übertragung mehrerer Meßwerte über eine Leitung verzichten. Wir können das auch verhältnismäßig leichter als etwa große Überlandwerke, da wir nur kurze Entfernungen haben. Unsere größte Entfernung ist ja zur Zeit der Durchmesser von Berlin. Wir sind da in der Lage, Kabel mit einer größeren Aderzahl zu verwenden, so daß für jede Messung eine besondere Ader freigemacht werden kann.

Sie sehen also, daß wir an die Fernübertragungseinrichtungen erheblich größere Anforderungen stellen wollen, als sie durch eine einfache Fernmessung gegeben sind. Auf Grund der vielen von uns durchgeführten Versuche hoffen wir, daß uns die Fernmeßindustrie derartige Anlagen liefern kann. (Beifall.)

Vortragender: Zu der Frage der Mehrfachübertragung möchte ich folgendes bemerken: Auf diese Frage bin ich nur einmal ganz kurz gekommen und bin ihr im übrigen ausgewichen; denn über dieses Kapitel liegt so gut wie noch nichts vor. Es ist eine sehr brennende Frage, denn bei der Kostbarkeit der Übertragungsmittel muß man danach streben, mit einem Übertragungsmittel möglichst viele Übertragungen auszuführen. Wie man das aber in Zukunft machen wird, weiß ich nicht; es werden an allen möglichen Stellen solche Versuche gemacht. Der einzige Bericht aus der Praxis stammt meines Wissens von der General Electric Company. Man benutzt dort das reine Frequenzverfahren[4], das so ausgeführt wird, daß man eine beliebige Anzahl von Übertragungen mit einer Folge von 1 s durchführen kann. Im übrigen liegen aber die Verhältnisse bei meiner eigenen Firma noch so ungeklärt, daß ich nicht darüber berichten kann. Ich hätte mit Ausnahme einer Mitteilung von Herrn Dipl.-Ing. STERN nichts bringen können. Ich habe daher unterlassen, über diese Frage mehr zu berichten.

Ich möchte die Herren nochmals darauf aufmerksam machen, daß diese Apparate hier in Betrieb gesetzt werden können. (Beifall.)

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär.
Dr. S c h m i d t.

[4] J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 183.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Düsseldorf. 17. X. 1929, abds. 8h, Städtische Tonhalle: Vortrag Dr. Ulf. Meyer, „Neuere Entwicklung der elektrischen Meßtechnik".

Thür. Elektrotechn. Verein Erfurt. 18. X. 1929, abds. 8h, Restaurant Münchner Bürgerbräu: Vortrag Dr. Axmann, „Neuere Forschungen über Radium-Körper- und Zellenstrahlung (M. Lichtb. u. Vorführ.).

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 18. X. 1929, abds. 8¼h, Konzerthaus: Vortrag Obering. Loke, „Neuzeitl. Antrieb von Werkzeugmaschinen für Metall- und Holzbearbeitung".

Deutsche Beleuchtungstechn. Gesellschaft, Berlin (gemeinsam mit dem Elektrotechn. Verein, der Gesellschaft für Techn. Physik und der Berliner Physikal. Gesellschaft). 22. X. 1929, abds. 7½h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. der T. H. Berlin, Berliner Str. 170—172: a) Vortrag Dir. Dr. Finckh, „Die Glühlampe und ihre Erfinder (Das Jubiläum des Jahres 1929). b) Vortrag Prof. Dr. Pirani, „Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren (m. Vorführ.). Eintrittskarten sind erhältlich bei Dipl.-Ing. Albrecht, Berlin W 30, Geisbergstr. 3/4, beim EV, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118a, und in der Geschäftstelle der Physikal. Gesellschaft, Charlottenburg 2, Werner-Siemensstr. 8—12.

Lichttechn. Ges. Karlsruhe. 22. X. 1929, abds. 8h, gr. Hörsaal d. Chem.-Techn. Inst. der T. H.: Vortrag Dir. W. Berger, „Die Verwendung des sichtbaren u. unsichtbaren Lichtes in der Heilkunde" (m. Vorführ.).

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 25. X. 1929, nachm. 5½h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. Universität Berlin. Reichstagsufer 7—8: a) Vortrag O. Klemperer, „Einzelstreuung einzelner Elektronen". b) Vortrag K. Lanczos, „Beziehungen der Diracschen wellenmechanischen Theorie des Elektrons zur Elektronentheorie".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

F. Overmann †.

Am 7. IX. d. J. erlag der Generaldirektor des Kommunalen Elektrizitätswerkes Mark, A.G., Hagen i. W., Herr Ferdinand Overmann einem Herzschlag. Mit ihm ist eines der ältesten und verdienstvollsten Mitglieder des Verbandes Deutscher Elektrotechniker dahingeschieden, dessen Wirken besonders die Elektrizitätswirtschaft des westfälischen Industriebezirks überaus viel verdankt.

Der jäh dem Leben Entrissene studierte zunächst Physik auf der holländischen Universität Utrecht und danach Elektrotechnik auf den Technischen Hochschulen in Karlsruhe und Darmstadt. Als Ingenieur der Firma Helios in Köln baute er verschiedene Elektrizitätswerke im In- und Auslande, unter anderem die Elektrizitätsanlagen des Nordostseekanals und Elektrizitätswerke in Petersburg und Helsingfors. Danach war er mehrere Jahre technischer Leiter der städtischen Elektrizitätswerke in Köln. Nach Gründung des Kommunalen Elektrizitätswerkes Mark wurde Overmann im Jahre 1906 zum Vorstand des Werkes bestellt. Ausgerüstet mit umfassendem Wissen, schuf er in der Entwicklungszeit der Hochspannungs-Drehstrom-Übertragung ein mustergültiges Elektrizitätswerk, dem er bis zu seinem Tode gedient hat. Die von ihm als Spezialgebiet beherrschte Tarifpolitik veranlaßte nicht nur die Kleinsondern auch die Großindustrie, ihren althergebrachten Dampfbetrieb aufzugeben und zum elektrischen Antrieb überzugehen. So ist die westfälische Industrie heute in den entferntesten Tälern und Höhen mit Elektrizität versorgt. und selbst in den ländlichen Versorgungsbezirken sind 98 % aller Wohnungen mit elektrischem Licht ausgerüstet. Ausbau und Entwicklung des Kommunalen Elektrizitätswerkes Mark zu seiner jetzigen Jahresabgabe von 250 Mill kWh bei einem Jahresverbrauch von 510 kWh auf den Kopf der Bevölkerung sind eigenstes Verdienst Overmanns.

Jubiläum. — Am 1. X. d. J. feierte Herr Dr.-Ing. E. h. Georg Wolf das Jubiläum einer 25jährigen Tätigkeit im Hause der C. Lorenz A.G., Berlin-Tempelhof. Dr. Wolf trat im Jahre 1904 als Ingenieur in die Firma Lorenz ein, die von seinem Stiefvater Robert Held als offene Handelsgesellschaft geführt wurde. Im Jahre 1906 wurde er bei Umwandlung der Gesellschaft in eine Aktiengesellschaft zum Prokuristen, 1908 zum stellvertretenden und 1910 zum ordentlichen Vorstandsmitglied ernannt. Nach dem Tode von Robert Held erfolgte die Ernennung Wolfs zum Generaldirektor. Er hat in den Nachkriegsjahren nicht allein die schwierige Aufgabe zu lösen gehabt, die Firma bei völlig veränderten wirtschaftlichen Verhältnissen umzugestalten, er hat darüber hinaus auch in vielen Verbänden, u. a. als Vorstandsmitglied des Zen-



G. Wolf.

tralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie, als zweiter Vorsitzender des Verbandes deutscher Schwachstrom-Industrieller und Mitglied der Internationalen Handelskammer an erster Stelle an dem mühsamen Wiederaufbau und an der Weiterentwicklung der elektrotechnischen Industrie auf das tätigste mitgearbeitet.

LITERATUR.

Besprechungen.

Hochspannungsanlagen. Von F. Weickert. 2., vollst. neubearb. u. erweit. Aufl. Mit 266 Abb. im Text, VIII u. 320 S in 8°. Verlag von Dr. Max Jänecke, Leipzig 1928. Preis geh. 12 RM, geb. 13,50 RM.

Das Buch bezweckt, eine knappe, allgemein verständliche Darstellung der den Hochspannungsingenieur angehenden elektrischen Vorgänge zu geben. In den 26 Kapiteln des Buches sind alle Fragen der Hochspannungstechnik behandelt. Bei einem Umfang von 320 Seiten kann man natürlich keine erschöpfende Darstellung aller Einzelgebiete verlangen, immerhin aber erhält der Leser einen guten Überblick über die vorliegenden Aufgaben und deren praktische Lösungen. Eine große Zahl gut gewählter Abbildungen und Tabellen erläutern und vervollständigen den Text. An einigen Stellen läßt die Darstellungsweise Auffassungen zu, mit denen der strenge Theoretiker nicht ganz einverstanden sein wird. Für die nächste Auflage wäre zu empfehlen, das Kapitel über den Selektivschutz (Distanzrelais) noch weiter auszubauen. Schwaiger.

Niagara Power. History of the Niagara Falls Power Company 1886—1918. Evolution of its central power station and alternating current system. Von E. D. Adams. Bd. I: History and Power Projects. Bd. 2: Construction and Operation. Selbstverlag der Niagara Falls Power Company 1928. Im Buchhandel nicht erhältlich.

Der 1. Band dieses von der Niagara Falls Power Co. herausgegebenen Prachtwerkes behandelt die Entwicklung der verschiedenen Projekte zur Ausnutzung der Niagarafälle und die Geschichte der Niagara Falls Power Co. selbst.

Wir erfahren aus dem reich illustrierten Werk, daß die erste Kunde von dem großartigen Naturwunder aus dem Jahre 1604 stammt, während der Name „Niagara" zum erstemal 1683 in dem Kartenwerk von Hennepin auftaucht. 1727 gewann Joucaire die erste Kraft, u. zw. nutzte er eine Fallhöhe von etwa 1,8 m aus. Jedoch erst 1847 ermöglichte der Bau des hydraulischen Kanals die Errichtung größerer Wasserkraftwerke. 1856 wurde die so-

genannte Niagara Falls Water Power Co. gegründet, aber erst 1875 wurden durch die Hydraulic Canal Co. unter dem ersten Präsidenten Jacob F. Schöllkopf (geb. 1819 zu Kirchheim in Deutschland) 2725 PS ausgenutzt.

Augenblicklich stehen der Gesellschaft in ihren Kraftwerken 725 000 kW, davon 545 000 kW Wasserkraft- und 180 000 kW Dampfkraftleistung zur Verfügung. Das Einzugsgebiet mißt 640 000 km², die Seeretentionsfläche 225 000 km². Von dem Gefälle des Niagara River, das zwischen Erie- und Ontariosee 97,8 m beträgt, entfallen auf die Fallstufe 49,2 m. Auf Grund sorgfältiger Erhebungen und Modellversuche sind noch weitere 2,5 Mill PS des Falles ausnützbar, ohne daß das wundervolle Naturschauspiel zerstört wird. Die Jahresarbeit der Niagara Falls Power Co. betrug 1927 über 3 Mrd kWh, das Hochspannungsnetz umfaßt allein 1510 km 110 kV-Leitungen. In anschaulicher Weise ist auch die Wirkung der Erosion geschildert. Jährlich wandert der Fall durch Unterwühlung des Gesteins etwa 1,5 m stromaufwärts. Da die heutigen Stolleneinläufe der Kraftwerke 1,8 km oberhalb der Fälle liegen, dürften sie noch für einen Zeitraum von 1200 Jahren genügen.

Der 2. Teil des Buches schildert mehr die konstruktiven Einzelheiten sowie den Bau und den Betrieb der Anlagen. Hierin spiegelt sich Seite für Seite die Entwicklung der Elektrotechnik und des Turbinenbaus, insbesondere aber die Geschichte der beiden größten amerikanischen Elektrizitätsgesellschaften, der General Electric Co. und der Westinghouse Electric and Manufacturing Co. in treffender Weise wieder. Sämtliche Abschnitte dieses Buches sind äußerst interessant geschrieben und durch viele auch historisch wertvolle Abbildungen illustriert. Über alle mit der Wasserkraftausnutzung des Niagara zusammenhängenden Fragen, wie konstruktive und betriebstechnische, rechtliche und finanzielle, gibt das Werk in vortrefflicher Weise und äußerst eingehend Auskunft. Dehne.

Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. Von Prof. Dr.-Ing. C. Geiger unter Mitarb. v. mehr. Fachgen. 2., erw. Aufl. Bd. 3: Schmelzen, Nacharbeiten u. Nebenbetriebe. Mit 967 Abb. i. Text, IX u. 747 S. in 4°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 68,50 RM.

Der bei der Besprechung des zweiten Bandes geäußerte Wunsch, daß der nächste Band baldigst folgen möge, konnte bereits nach Jahresfrist erfüllt werden. In der Hauptsache enthält dieser neue Band die gesamten Schmelzvorgänge, im einzelnen unterteilt nach den Schmelzöfen, vom Tiegel- über den Gießereischachtofen bis zum Elektroofen und abschließend mit der Darstellung des Tempergusses. Es folgen die Gußputzerei, die Oberflächenbehandlung der Gußwaren, die Wärmebehandlung des Stahlgusses, das Schweißen und zum Schluß Formstoffaufbereitung sowie Modellherstellung.

Die Anordnung der beiden letzten Abschnitte am Schluß des vorliegenden Bandes erscheint nicht ganz glücklich, da diese Abschnitte sicherlich innerhalb des ganzen Werkes etwa zu Anfang des zweiten Bandes gesucht werden. Die vom Herausgeber angestrebte Herausarbeitung der Verhältnisse nach dem neuesten Stande der wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnis ist sicherlich im allgemeinen erreicht, nicht ganz aber bezüglich des veredelten Gußeisens und des Schweißens, die ausführlicher und vollständiger behandelt werden konnten. Zu erwägen wäre noch eine stärkere Betonung der Lehrgänge des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen in den entsprechenden Abschnitten (z. B. Modelle und Formerei).

Im übrigen möchten wir den wiederum mustergültig ausgestatteten Band ebenso wie die vorigen auf das wärmste empfehlen. Dr. Schimpke.

Eingegangene Doktordissertationen.

Hanns Goeke, Zur Kenntnis der gegossenen Zinn-Kupfer-Legierungen. T. H. Berlin 1928.

László Rózsavölgyi, Leistungserfassung und Lohnrechnung unter besond. Berücks. des Lohnbüros. T. H. Berlin 1928.

E. Rücker, Das Ecken der Laufkrane und ihre Spurkranzreibung. T. H. Berlin 1929. S.-A. aus Fördertechn. u. Frachtverkehr 1929, H. 1.

Dora Wehage, Verwendung des Planimeters zur Bestimmung mehrfacher Integrale und zur Integration partieller Differentialgleichungen. T. H. Berlin 1928. S.-A. aus Z. Instrumentenk. 1929.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die deutsche Elektroindustrie im 3. Vierteljahr 1929[1]. — Die Geschäftslage hat sich nach dem Bericht der Industrie- und Handelskammer zu Berlin nicht wesentlich geändert. Das Auslandgeschäft brachte eine kleine Belebung mit Ausnahme der Länder, in denen die ungeordneten politischen Zustände nach wie vor einen geregelten Geschäftsverkehr verhindern. Die Preislage war in der ganzen Elektroindustrie auch im Berichtszeitraum ungünstig. Dies wirkte sich sehr nachteilig aus, weil Materialpreise und Löhne weiterhin eine steigende Tendenz zeigten. Der Schwachstromindustrie wurde dadurch etwas geholfen, daß die Reichspost wieder Bestellungen erteilte, was sich besonders in der automatischen Telephonie geltend machte; in diesem Geschäftszweig zog auch das Auslandgeschäft etwas an. Eine ähnliche Tendenz zeigte der Auslandmarkt auf dem Gebiet der Meßinstrumente und Meßwandler. Das Inland brachte hier weitere Abschwächung. Nicht unbefriedigend hat sich der Vertrieb von elektroakustischen Anlagen entwickelt. Dagegen lag das Rundfunkgeschäft meist sehr still. Für elektromedizinische Apparate war die Lage unverändert. Der Auftragseingang aus dem Kohlen- und Kalibergbau hat sich etwas gehoben. Die Umstellung der noch vorhandenen unwirtschaftlichen Dampfanlagen auf elektrischen Betrieb schreitet langsam vorwärts. Auch die weitere Zusammenfassung der Förderung zu einer geringeren Anzahl von Schachtanlagen und die vermehrte Einführung der schlagwettergeschützten Anlagen bietet Aussicht auf weitere Beschäftigung der Elektroindustrie. Das Zentralengeschäft wurde zahlenmäßig durch einige große Aufträge günstig beeinflußt. Dagegen hat das laufende Geschäft in mittleren und kleinen Aufträgen für die Elektrizitätsversorgungsunternehmungen stärker nachgelassen als es saisonmäßig begründet ist. Das dürfte wohl ausschließlich darauf zurückzuführen sein, daß die kommunalen Elektrizitätswerke infolge der hohen Abgaben, die ihre Kommunalverwaltungen für sich in Anspruch nehmen, nicht genügend finanzielle Mittel mehr behalten, um die notwendige Instandhaltung, Erweiterung und Erneuerung ihrer Anlagen in ausreichendem Maße durchführen zu können. Soweit Aufträge erteilt wurden, mußten erhebliche Erleichterungen in den Zahlungsbedingungen eingeräumt werden. Auch das Straßen- und Kleinbahngeschäft litt unter dem Kapitalmangel der Gemeinden. Die Reichsbahn beschränkte ihre Aufträge i. a. auf Ersatzteile sowie auf Erweiterungen und Umbauten bestehender Anlagen. Die Bestellungen aus den Kreisen der Privatkundschaft sind etwas zurückgegangen. In Kleinfabrikaten ist im letzten Monat eine leichte Belebung eingetreten. Die Landwirtschaft hielt wegen der wirtschaftlichen Schwierigkeiten, unter denen sie fortdauernd zu leiden hat, mit Aufträgen stark zurück und bestellte nur bei Gewährung besonderer Zahlungsvergünstigungen. Orders auf Kabel und Leitungen sind etwa in der Höhe der Vormonate gegeben worden. Das Elektrokohlengeschäft hat sich teilweise zufriedenstellend entwickelt. Dagegen nahm das Glühlampengeschäft einen ungünstigeren Verlauf, als es dem saisonmäßigen Rückgang entsprochen hätte. Teilweise mag dabei die größere Helligkeit als Folge des ungewöhnlich lang anhaltenden Sommerwetters von Einfluß gewesen sein; ein anderer Grund ist der, daß die ungünstige Konjunktur die Auffüllung der Lager verhindert.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Für die Erzeugnisse des Tarifunterabschnitts 18 B hat der August 1929 bei der Einfuhr gegen den Vormonat (7343 dz bzw. 4,246 Mill RM) eine Steigerung um 112 dz bzw. 0,26 Mill RM (6 %) und für die Ausfuhr (135 761 dz bzw. 47,442 Mill RM i. Vm.) eine solche um 17 692 dz (13 %) bzw. 3,447 Mill RM (7 %) gebracht. Die Reparationssachlieferungen beliefen sich im Berichtsmonat auf 1362 dz im Wert von 0,838 Mill RM. Innerhalb der abgelaufenen acht Monate hat die Einfuhr gegen die gleiche Periode von 1928 um 10 904 dz (15,6 %) bzw. 6,599 Mill RM (23 %) zugenommen und folgende Stückzahlen umfaßt: 9183 Lichtmaschinen (14 950 i. V.), 140 750 Dynamos, Elektromotoren usw. (85 270 i. V.), 4295 Bogen- usw. Lampen (762 i. V.), 3,364 Mill Metalldrahtlampen (2,816 i. V.) und 56 800 Kohlefaden- usw. Lampen (81 600 i. V.). Für die Ausfuhr ergibt sich eine Erhöhung um 138 514 dz (15 %) und 57,668 Mill RM (18,6 %). Die in ihr enthaltenen Reparationssachlieferungen betrugen 68 053 dz bzw. 23,082 Mill RM, und der Stückzahl nach sind in dem genannten Zeitabschnitt 62 133 Lichtmaschinen (55 489 i. V.), 466 990 Dynamos, Elektromotoren usw. (379 401 i. V.), 27 427 Bogen- usw. Lampen (16 159 i. V.), 46,326 Mill Metalldrahtlampen (40,684 i. V.)

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1140.
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 1527; 1929, S. 1355.



Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz August 1929	Einfuhr in dz Januar/August 1929	Einfuhr in dz Januar/August 1928	Ausfuhr in dz August 1929	Ausfuhr in dz Januar/August 1929	Ausfuhr in dz Januar/August 1928
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	36	664	1 383	805*	5 829*	4 700*
907 b bis g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	3 264	24 016	32 429	27 511*	205 830*	201 853*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	163	1 444	1 156	1 415*	13 244*	18 763*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden) . .	308	4 092	4 788	4 523*	33 303*	35 099*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	650	28 960	11 987	60 554	395 644*	301 804*
910 a bis e	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	12	118	86	278	2 948*	2 971
911 a	Metallfadenlampen	187	1 535	1 378	1 302	8 252*	8 125*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	12	38	40	28	264*	506*
912 A 1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	2	97	39	11	192*	146
912 A 2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon .	162	745	371	2 006*	13 015*	9 999*
912 A 3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	539	4 156	2 264	4 309*	33 298*	24 472*
912 A 4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	176	1 353	1 337	2 587*	22 439*	19 858*
912 B	Bügeleisen; Bestandteile davon	—	13	14	740	5 212*	4 150
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; Bestandteile davon	269	1 432	[9] 1 030	1 466	9 990*	7 962*
912 D	Röntgenröhren; Bestandteile davon	1	16	9	18	133*	83*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	253	2 104	1 905	3 182*	17 723*	11 977*
912 F 1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	50	158	128	1 410*	8 977*	7 820*
912 F 2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	1 272	8 763	8 073	28 799*	210 071*	204 600*
912 F 3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	46	473	622	1 589	12 297*	10 962*
912 F 4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	13	277	434	7 190	43 279	34 705
912 F 5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	18	161	200	6	6	6
912 F 6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	22	56	94	35	410*	349*
912 F 7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 695	23 426*	16 342*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet .	—	—	—	—	6	22
	Summe von Tarifunterabschnitt 18 B: Menge in dz . .	7 455	80 671	[9] 69 767	153 453*	1 065 782*	927 268*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18 B: Wert in 1000 RM	*4 506*	*35 008*	*[9] 28 409*	*50 889**	*367 241**	*309 573**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	48	253	299	977	7 822	8 596
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	13	53	39	70	574*	540
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	238	1 037	153	519	5 467	4 961
648 d	Elektroden	448	4 221	8 204	21 290	182 843	177 246
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	180	147	7 444*	52 778*	41 581*
740 a	Glühlampenkolben	171	361	215	1 564	11 681	7 293
783 e	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	351	1 355	2 193	8	8	8
799 e	dgl. aus schmiedbarem Eisen	82	502	619			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	172	1 619	1 418	11 872*	92 158*	76 425*

und 0,761 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (1,414 i. V.) über die Grenze gegangen. Der Überschuß der Ausfuhr erreichte 985 111 dz im Wert von 332,233 Mill RM (857 501 dz bzw. 281,164 Mill RM i. V.).

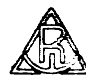
[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

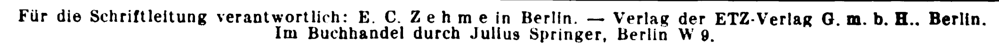
Frage 316: Wer fertigt Maschinen zur Herstellung von Rohrdrähten an?

Frage 317: Wer stellt die Heizkörper mit nebenstehenden Warenzeichen her?



Abschluß des Heftes: 12. Oktober 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.


Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.





ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

…. HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN …
…541—1572) 24. OKTOBER …

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang **Berlin, 24. Oktober 1929** **Heft 43**

VDE-Mitgliedsbeitrag für 1930.

Nach dem Beschlusse der Jahresversammlung vom 8. Juli 1929 ist der Jahresbeitrag für 1930 festgesetzt:

A. Für persönliche Mitglieder, die durch einen angeschlossenen Verein angemeldet sind . . . . 30 RM
   Jungmitglieder . . . . . . 15 „

B. Für persönliche, dem Verbande unmittelbar angehörende Mitglieder 30 „
   Jungmitglieder . . . . . . 15 „

C. Für körperschaftliche Mitglieder:
1. Behörden, Schulen, wissenschaftliche Vereine usw. . . . . 36 „
2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:
   a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . 50 RM
   b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter . . . . 75 „
   c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter . . . . 120 „
   d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter . . . . 150 „
   e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter . . . . 300 „
   f) über 1000 Angestellte und Arbeiter auf Anfrage.

Verbandsmitglieder, die **keinem Ortsverein** angehören, zahlen ihre Beiträge über unser **Postscheckkonto Berlin 213 12,** während alle **übrigen** Mitglieder die Beiträge an den **Verein abführen, dem sie als Mitglied angehören,** und zwar an dessen untenstehend angegebenes **Postscheckkonto** oder Bankkonto.

Wir bitten wiederholt um **Beachtung** dieses Punktes, der auch in diesem Jahre leider nicht genügend beachtet worden ist, sodaß die Zustellung der ETZ infolgedessen verzögert wurde.

Ganz besonders weisen wir die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins, Berlin, darauf hin.

Die Beiträge, auch die **Rückstände aus 1929,** sind **bis spätestens 15. November 1929** zu entrichten, da sonst eine ordnungsmäßige Zustellung der ETZ nicht gewährleistet werden kann.

Es wird gebeten, die Beiträge möglichst **im ganzen** zu zahlen, um den Schatzmeistern der Vereine und der Geschäftstelle des VDE die Verrechnung zu erleichtern.

Durch undeutliche Anschriften und Namensangaben entstehen Verzögerungen in der Lieferung der ETZ und sonstige Unzuträglichkeiten, deshalb: **Deutliche Schrift!**

Im Ausland wohnende Mitglieder können durch Postanweisung bezahlen.

Bank- bzw. Postscheckkonten der Vereine:

Elektrotechnischer Verein in Berlin: Postscheckamt Berlin 13 302.
E. V. Aachen: Bankkonto Deutsche Bank, Filiale Aachen; Postscheckkonto Deutsche Bank, Filiale Aachen, Postscheckamt Köln 2513 f. El. Verein.
E. V. des Bergischen Landes: Postscheckkonto Professor E. Stöckhardt, Elberfeld, Postscheckamt Köln 448 96 für El. Verein.
E. V. Braunschweig: Bankkonto: Deutsche Bank, Filiale Braunschweig, Depositenkasse am Hagenmarkt.
E. V. Breslau: Postscheckkonto E. V. Breslau, Schatzmeister Hugo Lieb, Breslau 31 694.
E. V. Chemnitz: Postscheckamt Leipzig 119 093.
Deutsche E. G. zu Danzig: Postscheckkonto 1736 der Sparkasse der Stadt Danzig, zur Gutschrift auf Konto 1236 der Deutschen El. Gesellschaft zu Danzig.
Dresdner E. V.: Dresden 11 114.
E. V. Düsseldorf: Postscheckamt Essen 23 947.
E. G. Frankfurt a. M.: Frankfurt a. M. 3342.
E. G. Halle a. S.: Postscheckamt Leipzig 91 527. Bankkonto: Genossenschaftsbank Halle a. S.
E. V. Hamburg: Hamburg 3989; Bank: Commerz- und Privatbank AG.
E. G. Hannover: Hannover 12 903.
Hessische E. G. Darmstadt: Postscheckamt Frankfurt a. M. 2002.
E. V. Kassel: Postscheckamt Frankfurt a. M. 20 639. Bank: L. Pfeiffer, Kassel.
E. G. Köln: Köln 57 666.
E. V. Leipzig: Leipzig 11 656.
E. G. Magdeburg: Magdeburg 2479. Bankkonto: Commerz- und Privatbank AG. Magdeburg, Depositenkasse Staatsbürger-Platz.
E. V. Mannheim-Ludwigshafen, Mannheim: Postscheckamt Karlsruhe i. Ba. 79 088.
E. V. München: München 24 283.
E. V. am Niederrhein, Krefeld: Postscheckkonto C. Wildermuth, Krefeld; Postscheckamt Essen 31 376 für El. Verein.
E. G. Nürnberg: Nürnberg 1964.
Oberrhein. E. V., Karlsruhe: Karlsruhe i. Ba. 4979.
Oberschles. E. V., Hindenburg, O.-S.: Postscheckamt Breslau 49 494.
Ostdeutscher E. V., Königsberg: Königsberg Pr. 2018.
Pommerscher E. V., Stettin: Stettin 3312.
E. V. des Rhein.-Westf. Ind.-Bez. Essen: Essen 3992.
E. V. an der Saar, Saarbrücken: Bank Gebr. Röchling, Saarbrücken 1.
Schleswig-Holsteinischer E. V., Kiel: Postscheckamt Hamburg 14 263.
E. V. Südbaden, Freiburg i. Ba.: Postscheckamt Karlsruhe i. Ba. 40 640.
Thüringer E. V., Erfurt: Erfurt 24 810.
E. V. Trier: Postscheckamt Köln 21 654.
Württembergischer E. V., Stuttgart: Stuttgart 1906.

Verband Deutscher Elektrotechniker e.V.

Der Vorsitzende: Dr. M. Krone.

Der Generalsekretär: P. Schirp.



Vorschläge zur genauen Festlegung und Prüfung der Leistungsgarantien von Kreislaufkühlern für Turbogeneratoren.

Von Dipl.-Ing. **H. Kühne,** Bochum.

Übersicht. Nach Erklärung der rechnerischen Grundlagen der Kreislaufkühler, soweit dieselben für die Leistungsbeurteilung von Kühlern wichtig sind, wird das Verhalten der Kühler bei wechselnden Betriebsverhältnissen erläutert. Sodann wird ein kurzer Überblick über die gebräuchlichen Formen der Leistungsprüfungen unter Hinweis auf ihre Mängel gegeben und im Anschluß daran eine neue Art der Garantienfestlegung vorgeschlagen, die durch ihren einheitlichen und übersichtlichen Aufbau eine leichte und einwandfreie Leistungsprüfung gewährleistet. Zum leichteren Verständnis der neuen Vorschläge werden am Schluß einige Zahlenbeispiele durchgerechnet. Sinngemäß würde sich diese Art der Festlegung und Prüfung von Leistungsgarantien auch auf alle anderen Arten von Wärmeaustauschapparaten ausdehnen lassen.

Die großen Vorteile des Kreislaufkühlverfahrens zur Belüftung von Turbogeneratoren haben dazu geführt, daß es in steigendem Maße im Kraftwerksbetriebe Eingang gefunden hat[1]. Während die Betriebskosten einer richtig bemessenen Luftkühlanlage im Vergleich zu den Betriebskosten der gesamten Maschinenanlage sehr gering sind, kann ein zu knapp gewählter Luftkühler im Dauerbetriebe schon einen merkbaren Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage ausüben. Es zeigt sich dann, daß entweder im Sommer wegen der zu hohen Lufttemperaturen der Generator nicht voll belastet werden kann, ohne daß derselbe gefährdet wird, oder daß zur besseren Kühlung der Luft die Kühlwassermenge und damit der Kraftbedarf der Kühlwasserpumpe wesentlich erhöht werden muß. Es ist deshalb nicht mehr als recht und billig, wenn wie bei jeder Maschine und jedem Apparat so auch beim Luftkühler die Leistungsangaben klar und eindeutig festgelegt werden, damit bei der späteren Leistungsprüfung einwandfrei nachgewiesen werden kann, inwieweit die abgegebene Gewähr tatsächlich eingehalten worden ist. Die genaue Festlegung der Leistungsangaben bietet einerseits dem Kunden, d. h. den Kraftzentralen, die Möglichkeit, jederzeit selbst die Leistung des Kühlers nachprüfen zu können, ohne auf die Beratung eines Kühlerfachmannes angewiesen zu sein, anderseits wird vorgebeugt, daß sich eine Kühlerfirma durch das Anbieten eines zu knapp bemessenen Kühlers ungerechterweise preisliche Vorteile gegenüber der Konkurrenz verschafft.

Im folgenden sollen neue Richtlinien für eine einwandfreie Festlegung und Prüfung der Gewährleistung von Kreislaufkühlern gegeben werden. Zum Verständnis dieser Ausführungen ist es notwendig, zunächst auf die rechnerischen Grundlagen der Kühler und ihr Verhalten bei wechselnden Betriebsverhältnissen einzugehen.

A. Die rechnerischen Grundlagen der Kreislaufkühler und ihr Verhalten bei wechselnden Betriebsverhältnissen.

1. Kühlergleichungen.

Wie für jeden Wärmeaustauschapparat, so gilt auch für den Kreislaufkühler die bekannte Formel:

$$Q = F K \vartheta_m. \qquad (1)$$

Hierin bedeutet Q die vom Kühler abgeführte Wärmemenge in kcal/h, F die luftberührte Kühlfläche in m², K die Wärmedurchgangszahl, d. h. die auf 1 m² und 1° übertragene Wärmemenge in kcal/h, und ϑ_m den mittleren Temperaturunterschied zwischen Luft und Wasser in Grad. Die Formel (1) sagt also aus, daß die vom Kühler abgeführte Wärmemenge direkt verhältnisgleich ist der Kühlfläche, der Wärmedurchgangszahl und dem mittleren Temperaturunterschied zwischen Luft und Wasser.

Die gleiche Wärmemenge, welche der Luft beim Durchgang durch den Kühler entzogen wird, wird dem durchfließenden Kühlwasser zugeführt. Bezeichnet also L die stündlich umgewälzte Luftmenge in m³/h mit einer spezifischen Wärme von C_p [kcal/m³], ferner t_{le} die Warmlufttemperatur und t_{la} die Kaltlufttemperatur in Grad, so wird

$$Q = L\, C_p (t_{le} - t_{la}). \qquad (2)$$

Analog gilt für das Wasser, wenn man unter W die Wassermenge in m³/h und t_{we} die Temperatur des kalten, t_{wa} die Temperatur des warmen Wassers in Grad versteht,

$$Q = W \cdot 1000\, (t_{wa} - t_{we}). \qquad (3)$$

[1] Vgl. E. Stach, ETZ 1926, S. 121.

2. Der mittlere Temperaturunterschied zwischen Luft und Wasser.

Die mit ϑ_m bezeichnete Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser bedarf noch einer näheren Erläuterung. Die Kreislaufkühler arbeiten nach dem Gegenstromprinzip, d. h. die Stromrichtung der Luft verläuft entgegengesetzt der Stromrichtung des Wassers. In Abb. 1 stellt die Abszissenachse die von den beiden Medien durchlaufene Kühlfläche, die Ordinatenachse die Temperaturen dar. Der Temperaturverlauf im Kühler vollzieht sich nun nicht geradlinig; er wird beeinflußt durch den jeweiligen Abstand zwischen Luft- und Wassertemperaturen. Je größer der Abstand der Temperaturen voneinander ist, desto steiler fällt die Luft- und steigt die Wasserkurve. Es ist deshalb nicht statthaft, als mittlere Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser das arithmetische Mittel zwischen den Endtemperaturdifferenzen in Rechnung zu setzen; diese errechnet sich vielmehr nach der logarithmischen Formel

$$\vartheta_m = \frac{\vartheta_a - \vartheta_e}{\ln \dfrac{\vartheta_a}{\vartheta_e}}, \qquad (4)$$

wobei ϑ_a und ϑ_e die Endtemperaturdifferenzen zwischen Luft und Wasser bedeuten. Es ist also

$$\vartheta_a = t_{le} - t_{wa}; \quad \vartheta_e = t_{la} - t_{we}.$$

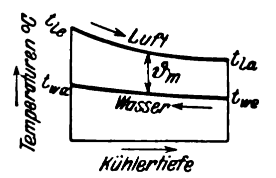


Abb. 1. Temperaturverlauf im Kühler.

Abb. 3. Temperaturdiagramme für veränderte Betriebsverhältnisse.

Die Ermittlung der mittleren Temperaturdifferenz zwischen Luft und Wasser aus den vier Endtemperaturen ist für die einwandfreie Beurteilung der Kühlerleistung, wie unten eingehend erörtert wird, unbedingt erforderlich. Es würde jedoch zu umständlich sein, zu ihrer Errechnung jedesmal die Formel (4) anwenden zu müssen, deshalb sei an dieser Stelle ein Verfahren beschrieben, welches eine sofortige Ermittlung des ϑ_m-Wertes gestattet.

In Abb. 2 sind als Ordinaten und Abszissen Temperaturen aufgetragen. Man gehe zunächst vom Nullpunkt aus auf der Abszissenachse soweit nach rechts, bis man den Wert des kleineren Temperaturunterschiedes ϑ_e erreicht hat. Von hier aus greife man nach oben den Wert für ϑ_a ab und kann unmittelbar aus der ϑ_m-Kurvenschar den zugehörigen ϑ_m-Wert ablesen. Für ein $\vartheta_e = 10°$ und $\vartheta_a = 20°$ ergibt sich beispielsweise ein ϑ_m von 14,4°.

3. Verhalten der Kühler bei veränderten Betriebsverhältnissen.

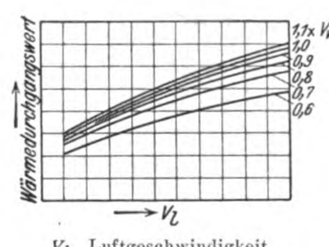
Jede Veränderung der Betriebsverhältnisse kommt in dem oben beschriebenen Temperaturdiagramm (Abb. 1), auch Kühldiagramm genannt, zum Ausdruck. Eine genaue Kenntnis der durch die Einflüsse bewirkten Veränderungen ist zunächst erforderlich, bevor eine Festlegung der Leistungsgarantien vorgenommen werden kann.

Zeigt es sich z. B., daß die Luftmenge, welche sich im Betriebe einstellt, wesentlich von der in Rechnung gesetzten abweicht, so wird die Kurve der Lufttemperaturen einen anderen Verlauf nehmen. Eine größere Luftmenge ergibt nach Formel (2) bei gleicher abgeführter Wärmemenge eine kleinere Temperaturdifferenz zwischen Warm- und Kaltluft; die Lufttemperaturkurve verläuft flacher (Abb. 3 a) und bewirkt, daß die Kaltlufttemperatur einen höheren, die Warmlufttemperatur einen niedrigeren Betrag annimmt als sich bei normaler Luftmenge einstellen würden. Zur Beurteilung der Kühlerleistung genügt es also nicht, bei einer bestimmten Wassermenge und Wassereintrittstemperatur eine Warmluft- oder Kaltlufttemperatur zu garantieren, weil die Höhe derselben maßgebend von der Luftmenge beeinflußt wird. Wie mit der Luft, so verhält es sich auch mit dem Wasser. Je größer die Wassermenge, desto flacher verläuft die Kurve der Wassererwärmung und umgekehrt (Abb. 3 b).

Es wurde oben erwähnt, daß jede Veränderung der Betriebsverhältnisse im Kühldiagramm zum Ausdruck kommt. Dabei wurde zunächst nur der Einfluß der verschiedenen Luft- bzw. Wassermengen auf die Lage der Temperaturkurven geschildert, unter der stillschweigenden Voraussetzung, daß die spezifische Kühlleistung auch bei wechselnden Betriebsverhältnissen dieselbe bleibt. Es wurde also angenommen, daß in Gl. (1) nicht nur die Fläche F sondern auch die Wärmedurchgangszahl K unverändert bleibt und der ϑ_m-Wert der abgeführten Wärmemenge direkt verhältnisgleich ist. Nach den Gesetzen der Wärmeübertragung ist jedoch der Wärmedurchgangswert K von der Geschwindigkeit der durchströmenden Medien abhängig. Jeder Kühler, sei es ein Rippenrohr- oder Glattrohrkühler, mit elliptischen oder runden Rohren, aus Kupfer oder aus Eisen, besitzt in seinen Wärmeübertragungsverhältnissen grundsätzlich die in Abb. 4 angegebene Charakteristik. Bei gleicher Wassergeschwindigkeit nimmt hiernach der Wärmedurchgangswert K mit wachsender Luftgeschwindigkeit zu. Während die Zunahme zunächst rasch erfolgt, wird sie allmählich immer geringer, bis von einer bestimmten Luftgeschwindigkeit ab eine merkbare Erhöhung nicht mehr zu erkennen ist. Dasselbe was von Luft bei gleicher Wassergeschwindigkeit gesagt ist, gilt auch für Wasser bei gleicher Luftgeschwindigkeit. Die Beeinflussung der Kühlwirkung durch eine Veränderung der Betriebsverhältnisse kommt nun ebenfalls in dem Kühldiagramm unmittelbar zum Ausdruck. Nimmt man beispielsweise an, daß bei sonst gleichen Verhältnissen die Wassermenge auf das Doppelte der ursprünglichen erhöht wird, so äußert sich der Einfluß der vergrößerten Wassermenge im Kühldiagramm einmal darin, daß die Kurve der Wassertemperaturen infolge der nunmehr geringeren Temperaturdifferenz zwischen eintretendem und austretendem Wasser flacher verläuft; ferner aber wird, da in Formel (1) Q und F konstant geblieben sind, K aber wegen der größeren Wassergeschwindigkeit um einen gewissen Betrag gestiegen ist, das mittlere Temperaturgefälle ϑ_m zwischen Luft und Wasser kleiner; eine Herabsenkung der Lufttemperaturkurve ist die Folge.

Es zeigt sich also, daß bei der Beurteilung eines Luftkühlers die Kenntnis der Wasser- und Luftmenge von großer Bedeutung ist. Ohne die Angabe dieser Größen läßt sich keine einwandfreie Garantie aufstellen.

Abb. 2. Kurven für mittleres Temperaturgefälle ϑ_m.



V_l Luftgeschwindigkeit
V_w Wassergeschwindigkeit

Abb. 4. Wärmedurchgangswerte in Luftkühlern.

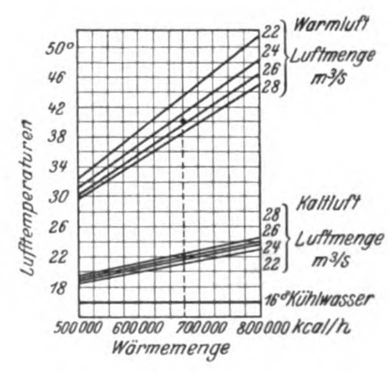


Abb. 5. Frischwasserkühler-Garantiekurven.

B. Festlegung der Leistungsgarantien.

1. Die bisher übliche Form der Garantiefestlegung.

Nach Erörterung der rechnerischen Grundlagen der Kreislaufkühler und ihres Verhaltens bei wechselnden Betriebsverhältnissen kann nunmehr auf die Festlegung der Leistungsgarantien eingegangen werden. Allgemeingültige Vorschriften und Regeln darüber gibt es nicht; in den meisten Fällen wird der Kühlerfirma nur ein Betriebszustand angegeben, für den der Kühler zu bemessen ist. Finden die Leistungsversuche, wie es in der Regel der Fall ist, unter anderen Betriebsverhältnissen statt, so kann es vorkommen, daß eine genaue Leistungsprüfung aus dem Grunde nicht möglich ist, weil die Gewährleistung nicht scharf genug gefaßt, d. h. nicht für die Betriebsverhältnisse vorgesehen war, unter denen der Kühler tatsächlich arbeitet. Es liegt also in erster Linie im Interesse der Kühlerkunden, wenn danach gestrebt wird, einheitliche Regeln und Bedingungen für die Leistungsgewähr von Kühlern zu

schaffen, die eine einwandfreie Prüfung der Kühler ermöglichen.

Es soll nunmehr erläutert werden, in welcher Form die Garantien für Kühler bisher festgelegt worden sind und welche Mängel sie aufweisen. Im Anschluß daran werden Richtlinien angegeben, welche darauf hinzielen, für alle Arten von Kühlern eine einheitliche und zweckmäßige Festlegung der Garantien zu schaffen.

Handelt es sich im einfachsten Falle um einen Frischwasserkühler, so ist es allgemein üblich, für eine gegebene oder angenommene Verlustwärme, Wassermenge und Wassereintrittstemperatur ein bestimmtes Temperaturdiagramm zu garantieren. Nach dem oben Gesagten ist dies nur dann ohne weiteres zulässig, wenn die in Rechnung gesetzte Luftmenge mit der wirklichen Luftmenge übereinstimmt. Da dies erfahrungsgemäß meistens nicht der Fall ist und ebenfalls die zugrunde gelegte Verlustwärme selten den wirklichen Betriebsverhältnissen genau entspricht, so ist es zweckmäßig, die sich bei verschiedenen Luftmengen und Verlustwärmen ergebenden Temperaturen in Form von Kurven aufzutragen, wie es z. B. in Abb. 5 geschehen ist. Diese Art der Darstellung ist vollkommen klar und eindeutig, sie kann jedoch nur da angewendet werden, wo die Kühlwassermenge unveränderlich ist.

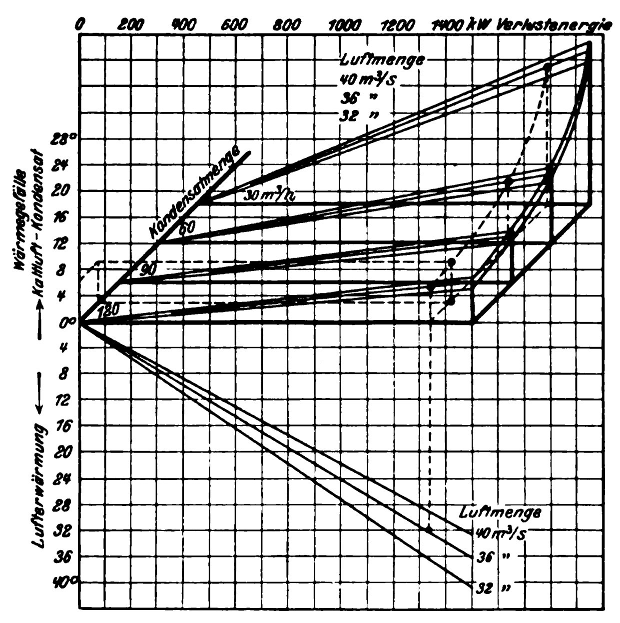


Abb. 6. Garantiekurven der Kondensatstufe eines Stufenkühlers.

Will man nun die Garantien auch auf verschiedene Wassermengen ausgedehnt haben, wie z. B. bei der Kondensatstufe eines Stufenkühlers, wo sich die Kondensatmenge je nach der Höhe der Generatorbelastung ändert, so kommt zu den beiden Veränderlichen, nämlich der Luftmenge und der Verlustwärme, als dritte Veränderliche noch die Kühlwassermenge hinzu. Hier kann man die Garantien in Form einer räumlichen Kurvenschar auftragen. Abb. 6 veranschaulicht ein derartiges Kurvenblatt, welches gestattet, für verschiedene Verlustwärmen, Kondensatmengen und Luftmengen ohne weiteres den garantierten Temperaturabstand Kondensat—Kaltluft und die Lufterwärmung festzustellen. Ein derartiges räumliches Diagramm ist nun zwar sehr anschaulich, jedoch wird es sich wohl kaum in der Praxis allgemein einführen lassen, weil seine Herstellung zu viel Zeit benötigt.

Verwickelter als bei einem einstufigen Kühler liegen die Verhältnisse bei einem zweistufigen Kühler, der mit Kondensat und Frischwasser beaufschlagt wird. Wenn man bedenkt, daß man hier als Veränderliche nicht nur Luftmenge, Wärmemenge und Kondensatmenge sondern außerdem noch Frischwassermenge und Temperaturdifferenz zwischen Frischwasser- und Kondensateintrittstemperatur, also fünf veränderliche Größen hat, so wird man ermessen können, daß hier eine Aufstellung von Garantien in der bisher üblichen Form fast unmöglich ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die bisher übliche Festlegung der Leistungsgarantien von Kreislaufkühlern noch nicht in einer solch einheitlichen, übersichtlichen und zweckmäßigen Form geschieht, daß hiernach eine einwandfreie Leistungsprüfung durch Versuche erfolgen kann. Hier Wandel zu schaffen, soll der Zweck der folgenden Ausführungen sein.

2. Neue Vorschläge für die Festlegung der Leistungsgarantien.

Eine einfache Überlegung zeigt, daß eine der veränderlichen Größen, welche die Leistung eines Kühlers beeinflussen, in den Garantien ohne weiteres durch einen Festwert ausgedrückt werden kann, nämlich die abgeführte Wärmemenge Q. Nach Gl. (1) ist die abgeführte Wärmemenge dem mittleren Temperaturunterschied ϑ_m zwischen Luft und Wasser verhältnisgleich. Legt man nun dem Garantiediagramm eine Einheitswärmemenge von beispielsweise $Q = 100\,000$ kcal/h zugrunde, so genügt für die Beurteilung des Kühlers die Feststellung, wie groß für diese Wärmemenge der erzielte ϑ_m-Wert ist. Die Eliminierung der Wärmemenge aus den Garantien ist ohne weiteres statthaft, weil die Größe der Wärmemenge auf die spezifische Kühlleistung keinen Einfluß hat. Der Faktor K in der Gl. (1), der als Maßstab für die spezifische Kühlleistung gilt, hängt nach dem oben Gesagten lediglich von der Geschwindigkeit der strömenden Medien ab; wie groß hierbei die abgeführte Wärmemenge ist, bleibt gleichgültig. Eine Veränderlichkeit der Wärmemenge wirkt sich auf den mittleren Temperaturunterschied zwischen Luft und Wasser aus, der sich hierbei in gleichem Maße ändert.

Die Ausschaltung der veränderlichen Wärmemenge aus den Garantien bietet den großen Vorteil, daß sich die Zahl der veränderlichen Größen um eine vermindert. Das in Abb. 5 wiedergegebene Leistungschaubild eines Frischwasserkühlers würde hiernach zu einer einzigen Kurve zusammenschrumpfen (Abb. 7). Die Ordinaten bedeuten hier die bei einer bestimmten Frischwassermenge und verschiedenen Luftmengen garantierten ϑ_m-Werte für eine Wärmeleistung des Kühlers von 100 000 kcal/h.

Bei einem mit Kondensat und Frischwasser beaufschlagten Kühler würde man das Leistungschaubild für reinen Kondensatbetrieb in der in Abb. 8 angegebenen Form darstellen können. Als Abszissen werden zweckmäßig die Kondensatmengen aufgetragen; die Ordinaten geben nun für eine Wärmemenge von 100 000 kcal/h und verschiedene Luftmengen den garantierten mittleren Temperaturabstand ϑ_m zwischen Luft und Wasser an. Damit ist für sämtliche Betriebsverhältnisse die Garantie eindeutig festgelegt. Für jede Kondensatmenge, Luftmenge und Wärmemenge läßt sich, wie unten in einem Beispiel noch näher erläutert wird, das Kühldiagramm sofort angeben, welches dann direkt mit dem durch die Leistungsversuche ermittelten Kühldiagramm verglichen werden kann.

Der Gedanke liegt nun nahe, daß man bei kombiniertem Betrieb von Stufenkühlern beide Stufen nicht wie bisher zusammenhängend beurteilt sondern die Leistung einer jeden Stufe getrennt feststellt und demgemäß auch die Garantiekurven für beide Stufen getrennt angibt. Diese Maßnahme beseitigt mit einem Schlage sämtliche Schwierigkeiten, die der bisherigen Form der Leistungsangaben für Stufenkühler anhafteten und eine einwandfreie Prüfung fast zur Unmöglichkeit machten. Zur Festlegung der Leistung von Stufenkühlern sind dann nur zwei Kurvenblätter erforderlich, von denen das eine die Garantien der Kondensatstufe, das andere die Garantien der Frischwasserstufe enthält. Abb. 9 zeigt zwei derartige Diagramme, die in ihrem Aufbau dem oben beschriebenen Diagramm (Abb. 8) gleichen und deshalb nicht besonders erläutert zu werden brauchen.

C. Durchführung der Leistungsversuche.

1. Allgemeines.

Die Leistungsversuche an Kreislaufkühlern für Turbogeneratoren erstrecken sich in der Regel auf die Messung der Mengen und Temperaturen von Luft und Wasser; bisweilen werden auch die Luftwiderstände einer Prüfung unterzogen. Voraussetzung für die einwandfreie Durchführung von derartigen Leistungsversuchen ist zunächst, daß während der Dauer eines Versuches die Generatorbelastung konstant gehalten wird oder nur in geringen Grenzen schwankt. Andernfalls kann sich bei der Veränderlichkeit der Verlustwärmemengen im Kühler kein Beharrungszustand einstellen. Die Folge davon würde sein, daß die Temperaturen dauernd hin und her pendeln und eine zuverlässige Messung unmöglich machen. Nach Einstellung des Generators auf eine bestimmte Last dauert es erfahrungsgemäß mindestens 1½ h, ehe der vollkommene Beharrungszustand beim Kühler erreicht ist, d. h. die Temperaturen sich nicht mehr ändern. Eine Ausdehnung des Versuches auf diese Zeit ist also erforderlich, um einwandfreie Ergebnisse zu erzielen. Die wichtigsten Punkte, die bei den einzelnen Messungen zu beachten sind, sollen nachstehend aufgeführt werden.



2. Luftmessung.

Zur Messung der Lufttemperaturen werden in dem Warmluft- und Kaltluftraum Thermometer angebracht. Es ist selbstverständlich, daß für die Beurteilung des Kühlers die hier gemessenen Temperaturen maßgebend sind, nicht etwa die Temperaturen, welche am Generatorgehäuse abgelesen werden. In der Regel findet man nämlich, daß die Warmlufttemperatur am Generatorgehäuse höher ist als im Warmluftraum. Man kann sich diese Erscheinung damit erklären, daß das Thermometer im Gehäuse an einer Stelle angebracht ist, wo die von der Wicklung herrührende Strahlungswärme eine erhöhte örtliche Erwärmung der Luft zur Folge hat. Es wäre also verkehrt, diese Temperatur dem Kühldiagramm zugrunde legen zu wollen. Die im Kaltluft- und Warmluftraum angebrachten Thermometer müssen so angeordnet sein, daß sie einerseits von außen gut beobachtet werden können, anderseits aber auch wirklich die genaue Lufttemperatur anzeigen. Wird beispielsweise das im Kaltluftraum befindliche Thermometer nicht direkt in dem Luftstrom des Kühlers angeordnet sondern an einer Stelle, wo die Luft stagniert und sich möglicherweise der Einfluß des kalten Kondensatorbodens bemerkbar macht, so wird eine zu niedrige Kaltlufttemperatur abgelesen. Deshalb ist es wichtig, sich zunächst über die Temperaturverhältnisse in den Lufträumen Klarheit zu verschaffen, um nicht von vornherein die Genauigkeit der Messungen in Frage zu stellen [2].

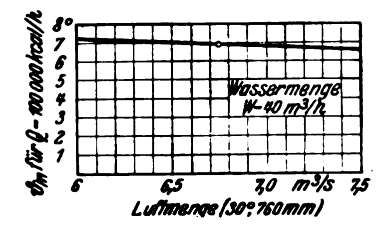


Abb. 7. Garantiekurve eines Frischwasserkühlers.

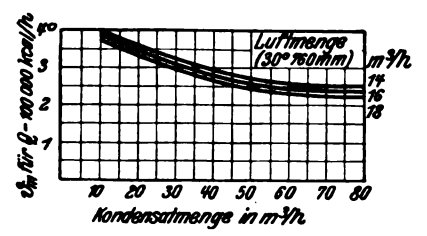


Abb. 8. Garantiekurven der Kondensatstufe eines Stufenkühlers.

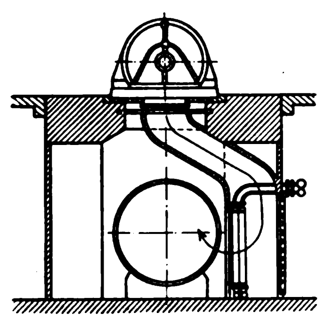


Abb. 10. Luftkühler (Bauart GEA).

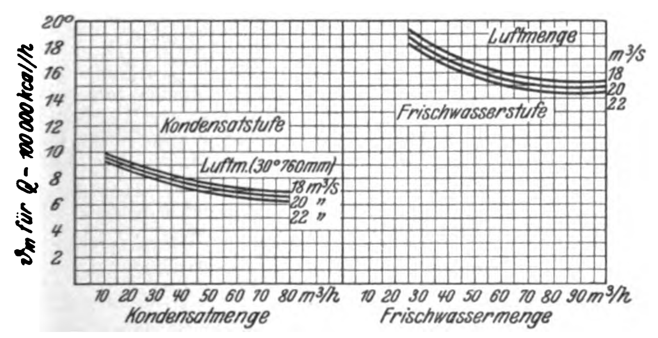


Abb. 9. Garantiekurven eines Stufenkühlers.

Die Messung der Luftmenge erfordert größte Aufmerksamkeit. Als Meßinstrument kommt bei den im Kreislaufkühlerbau gebräuchlichen Luftgeschwindigkeiten nur das Anemometer in Betracht. Die Art der Messung richtet sich nun ganz nach der Konstruktion der Kühlanlage. Man wird zweckmäßig die Messung dort vornehmen, wo man die Gewähr für eine möglichst gleichmäßig gerichtete Luftströmung hat. Bei einem senkrecht angeordneten Kühler (Abb. 10) bietet sich zweifellos die günstigste Stelle beim Austritt der Luft aus dem Kühler. Abgesehen davon, daß eine Messung hier außerordentlich bequem ist, sind gerade hier wie an keiner anderen Stelle im Kreislauf die Voraussetzungen eines gleichmäßig gerichteten Luftstromes gegeben. Infolge des Widerstandes, den die Luft beim Durchgang durch den Kühler findet, verteilt sie sich so gleichmäßig über den ganzen Durchtrittsquerschnitt, daß eine Messung an der Luftaustrittseite des Kühlers, wie auch die Erfahrung bewiesen hat, sehr zuverlässige Ergebnisse liefert. Wird die Luftmengenmessung ausgeführt, so sind gleichzeitig die an der Meßstelle herrschende Temperatur und der Barometerstand zu ermitteln. Dies ist aus dem Grunde notwendig, weil die spezifische Wärme der Luft, deren Kenntnis für die Berechnung der vom Kühler abgeführten Wärmemenge nach Gl. (2) erforderlich ist, von Temperatur und Barometerstand abhängt.

Abb. 11. Spezifische Wärme der Luft c_p (bezogen auf 1 m³ bei 60% relativer Feuchtigkeit).

In Abb. 11 sind für verschiedene Lufttemperaturen und Barometerstände die spezifischen Wärmen von 1 m³ Luft graphisch dargestellt. Hat man beispielsweise im Kaltluftraum eine Luftmenge von 30 m³/s bei 20° und 740 mm Barometerstand gemessen und beträgt die Warmlufttemperatur $t_{l_e} = 48°$, so errechnet sich hiernach unter Benutzung der Formel (2) und der Abb. 11 die vom Kühler abgeführte Wärmemenge Q zu

$$Q = 30 \cdot 3600 \cdot 0{,}281 \cdot (48 - 20) = 850\,000 \text{ kcal/h}.$$

3. Wassermessung.

Die Wassermessung ist erheblich einfacher als die Luftmessung und erfordert dementsprechend weniger Umstände und Zeit. Es ist nur darauf zu achten, daß die Temperaturen des Wassers sehr genau ermittelt werden; denn eine geringe Ungenauigkeit in der Temperaturablesung kann bei den meist vorhandenen kleinen Temperaturunterschieden zwischen Kalt- und Warmwasser schon einen großen Fehler in der Auswertung verursachen. Hat man Wassermenge und Wassertemperaturen festgestellt, so läßt sich nach Gl. (3) aus diesen Daten die an das Kühlwasser übertragene Wärmemenge ermitteln.

[2] Bedbur u. Stach, Z. VDI Bd. 68, S. 155.



4. Die vom Kühler abgeführte Wärmemenge.

Die Erfahrung lehrt, daß die auf Grund der Leistungsversuche sich ergebenden Luftwärmemengen und Wasserwärmemengen selten genau miteinander übereinstimmen. Diese Differenzen können auf Meßungenauigkeiten zurückzuführen sein und es scheint deshalb angebracht, falls der Unterschied nicht zu groß sein sollte, für die Beurteilung der Kühlerleistung den Mittelwert aus beiden Wärmemengen zugrunde zu legen. Es wäre zu wünschen, daß über diesen Punkt eine genaue, einheitliche Vorschrift aufgestellt wird, damit die Richtigkeit der Auswertung eines Leistungsversuches von keiner Seite angefochten werden kann.

D. Zahlenbeispiele.

An einem Zahlenbeispiel soll nunmehr die Festlegung und Prüfung der Leistungsgarantien von Kreislaufkühlern veranschaulicht werden. Ein weiteres Beispiel möge zum Schluß erläutern, wie man auf Grund der Garantiekurven für jeden Betriebsfall das sich ergebende Temperaturdiagramm leicht ermitteln kann.

1. Garantie-Festlegung und Prüfung eines Frischwasserkühlers.

Ein Frischwasserkühler soll für folgende Betriebsverhältnisse bemessen werden:

Maschinenleistung	7 500 kW,
umlaufende Luftmenge L . . . . . bezogen auf 30 °, 760 mm Hg ($C_p = 0{,}277$),	36 000 m³/h,
abzuführende Wärmemenge Q . . .	330 000 kcal/h,
Warmluft-Temperatur t_{le}	63 °,
Kühlwasser-Eintrittstemperatur t_{we} . .	25 °,
Kühlwassermenge W	66 m³/h,
Luftwiderstand max.	25 mm WS.

Auf Grund dieser Daten errechnet sich die Luftabkühlung nach Gl. (2) zu

$$t_{le} - t_{la} = \frac{Q}{L\,C_p} = \frac{330\,000}{36\,000 \cdot 0{,}277} = 33\,°.$$

Die Kaltlufttemperatur wird somit $t_{la} = 30\,°$.

Desgleichen ergibt sich die Wassererwärmung nach Gl. (3) zu

$$t_{wa} - t_{we} = \frac{Q}{1000 \cdot 20} = \frac{330\,000}{1000 \cdot 66} = 5\,°$$

und hieraus die Wasseraustrittstemperatur zu $t_{wa} = 30\,°$. Das mittlere Temperaturgefälle ϑ_m zwischen Luft und Wasser kann aus Abb. 2 sofort entnommen werden; es ist in diesem Fall $\vartheta_m = 15\,°$.

Die Garantien werden folgendermaßen festgelegt:

Bei $Q = 100\,000$ kcal/h und $W = 66$ m³/h wird ein mittlerer Temperaturabstand zwischen Luft und Wasser von 4,55° gewährleistet. Die Luftmenge darf hierbei nicht weniger als 35 000 m³/h betragen, bezogen auf 30° und 760 mm Hg.

Bei den Leistungsversuchen werden die in Zahlentafel 1 angegebenen Daten gemessen. Die Luftmenge beträgt hiernach 41 400 m³/h bei 28 ° und 740 mm Hg Barometerstand. Nach Abb. 11 entsprechen diese Daten einer spezifischen Wärme der Luft von $C_p = 0{,}272$. Bei einer Temperatur von 30 ° und einem Barometerstand von 760 mm Hg besitzt die Luft eine spezifische Wärme von $C_p = 0{,}277$; auf diesen Zustand bezogen ergibt sich demnach eine Luftmenge von $L = 41\,400 \cdot \frac{0{,}272}{0{,}277} = 40\,700$ m³/h; dieselbe liegt also im Gültigkeitsbereich der geleisteten Garantie.

Zahlentafel 1. Frischwasserkühler-Protokoll.

Zeit h	Belastung kW	Lufttemp. in Grad warm	Lufttemp. in Grad kalt	Wassertemperatur in Grad kalt	Wassertemperatur in Grad warm	Wassermenge m³/h	Luftwiderstand mmWS.	Bemerkungen
10	7500	61	34	27	31,5	66	—	Luftmenge mittels Anemometers ermittelt 41 400 m³/h bei 28 u. 740 mmHg

Bei oberflächlicher Betrachtung der Versuchsergebnisse wird man zu der Annahme kommen, daß die Garantien sicherlich gut eingehalten sind; denn nach den obigen Angaben soll bei 25 ° Frischwasser-Eintrittstemperatur eine Warmlufttemperatur von 63 ° erzielt werden. Tatsächlich wird aber bei der noch höheren Frischwassertemperatur von 27 ° eine Lufttemperatur von 61 ° erreicht. Daß diese Annahme jedoch nicht zutrifft, zeigt nachstehende genaue Nachprüfung.

Die vom Kühler abgeführte Wärmemenge berechnet sich aus der Luftmenge und Abkühlung zu

$$Q_l = 41\,400 \cdot 0{,}272 \cdot 27 = 305\,000 \text{ kcal/h},$$

aus Wassermenge und Erwärmung zu

$$Q_w = 66 \cdot 1000 \cdot 4{,}5 = 297\,000 \text{ kcal/h}.$$

Das Mittel aus beiden Werten wird der Auswertung zugrunde gelegt. Hiernach beträgt die vom Kühler abgeführte Wärmemenge

$$Q_m = 301\,000 \text{ kcal/h}.$$

Der mittlere Temperaturunterschied ϑ_m zwischen Luft und Wasser kann für die bei dem Leistungsversuch gemessenen 4 Temperaturen aus Abb. 2 direkt entnommen werden. Er ergibt sich zu $\vartheta_m = 15{,}7\,°$. Bei einer Wärmeleistung von 100 000 kcal/h wird demnach ein ϑ_m von 5,22 ° erzielt; es ist somit einwandfrei nachgewiesen, daß die Garantien nicht eingehalten sind. Die Größe der Minderleistung geht aus dem Vergleich der ϑ_m-Werte ohne weiteres hervor; sie beträgt

$$\frac{5{,}22 - 4{,}55}{(5{,}22 + 4{,}55) \cdot {}^1\!/_2} \cdot 100 = 13{,}7\,\%.$$

2. Rechnungsbeispiel an Hand des Garantiekurvenblattes eines Stufenkühlers.

Das Garantiekurvenblatt der Kondensatstufe eines Stufenkühlers ist in Abb. 12 dargestellt. Man möchte wissen, wie hoch die Lufttemperaturen werden, wenn der Kühler unter nachstehenden Betriebsverhältnissen arbeitet:

Ausschließlicher Kondensatbetrieb:

Maschinenleistung	18 000 kW,
abzuführende Wärmemenge . .	750 000 kcal/h,
Kondensatmenge	75 m³/h,
Kondensat-Eintrittstemperatur	20 °,
Luftmenge	32 m³/s bei 30 °, 760 mm Hg.

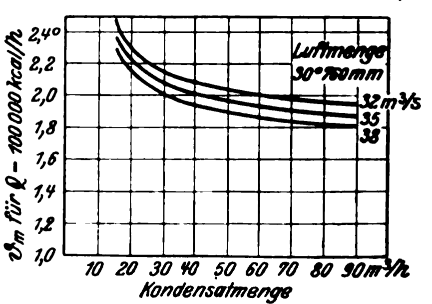


Abb. 12. Garantiekurven der Kondensatstufe eines Stufenkühlers.

Aus Wärmemenge und Kondensatmenge berechnet sich nach Gl. (3) die Kondensaterwärmung zu

$$t_{wa} - t_{we} = \frac{Q}{W \cdot 1000} = 10\,°.$$

Die Kondensat-Austrittstemperatur ergibt sich demnach zu $t_{wa} = 30\,°$. Ebenfalls läßt sich die Lufterwärmung ermitteln; sie beträgt nach Gl. (2)

$$t_{le} - t_{la} = \frac{Q}{C_p\,L} = \frac{750\,000}{0{,}277 \cdot 32 \cdot 3600} = 23{,}5\,°.$$

Nach dem Garantiekurvenblatt (Abb. 12) wird bei einer Kondensatmenge von 75 m³/h und Luftmenge von 32 m³/s ein ϑ_m von 1,97 °, bezogen auf eine Wärmeleistung von 100 000 kcal/h, garantiert. Bei $Q = 750\,000$ kcal/h muß sich also garantiegemäß ein ϑ_m von 14,8 ° im Kühler einstellen. Zur Ermittlung der Lufttemperaturen nimmt man nun die Abb. 2 zur Hand und verfährt folgendermaßen: Bildet man die Differenz der Luft- und Wassererwärmung $(t_{le} - t_{la}) - (t_{wa} - t_{we})$ und trägt dieselbe auf der Ordinatenachse der Abb. 2 ab, bewegt sich dann unter einem Winkel von 45 ° nach rechts oben, u. zw. so weit, bis man zu dem in Frage kommenden Wert von ϑ_m gelangt, so ergibt der Endpunkt die Koordinaten ϑ_a und ϑ_e. Damit sind die Lufttemperaturen bekannt; denn es ist

$$t_{le} = t_{wa} + \vartheta_a \text{ und } t_{la} = t_{we} + \vartheta_e.$$

Im obigen Beispiel ist

$$(t_{le} - t_{la}) - (t_{wa} - t_{we}) = 23{,}5 - 10 = 13{,}5\,°.$$

Hierfür erhält man bei $\vartheta_m = 14{,}8\,°$:

$$\vartheta_a = 22{,}5\,°,\ \vartheta_e = 9\,°.$$

Es ergeben sich somit folgende Lufttemperaturen:

Warmlufttemperatur $t_{le} = 30 + 22{,}5 = 52{,}5\,°$,
Kaltlufttemperatur $t_{la} = 20 + 9 = 29\,°$.

Dieses Beispiel zeigt, in welch einfacher Weise man sich auf Grund eines nach Art der Abb. 12 aufgestellten Leistungsschaubildes für alle Betriebsverhältnisse Klarheit über die Höhe der garantierten Lufttemperaturen verschaffen kann.

Die elektrische Leistung im allgemeinen Wechselstromkreis.

Von Dr. Dr.-Ing. **Ernst Weber**, z. Z. Berlin.

Übersicht. Es wird nachgewiesen, daß die von Ch. P. Steinmetz eingeführte symbolische Darstellung der Leistung nicht ganz richtig ist. Es gibt keine analytische Form, die gleichzeitig Wirk- und Blindleistung richtig wiedergibt. Sodann wird das Wesen der „Blindleistung" erörtert und ihr eine physikalische Bedeutung abgesprochen. Für nicht sinusförmige Wechselströme wird der Beweis geführt, daß die Produkte der Oberwellen ungleicher Ordnungszahlen mit in den Leistungsausdruck aufzunehmen sind, daß sie aber keiner Blindleistung im gewöhnlichen Sinne entsprechen. Sie sind vielmehr wie in allen quadratischen Formen rein mathematisch erforderliche Ausgleichsglieder.

1. Die elektrische Leistung bei sinusförmigem Wechselstrom.

Um die für die allgemeineren Abschnitte notwendigen Grundlagen zu gewinnen und gleichzeitig einige Richtigstellungen vorzunehmen, sei hier zunächst auf den Fall des rein sinusförmigen Wechselstromes eingegangen. Die Allgemeinheit wird nicht beeinträchtigt, wenn wir einen einphasigen Stromkreis betrachten.

Eine Wechselspannung

$$u = U\sqrt{2}\sin(\omega t - \psi) \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

erzeuge also in einem einphasigen Stromkreise einen Wechselstrom

$$i = I\sqrt{2}\sin(\omega t - \psi - \varphi), \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

wobei Effektivwert I und Phasenwinkel φ in bekannter Weise nach

$$I = \frac{U}{z}, \quad z = \sqrt{r^2 + x^2}, \quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{r}{x} \quad \ldots \quad (3)$$

zu rechnen sind, wenn r den Ohmschen Widerstand und x den reaktiven Widerstand, die Reaktanz, bedeuten. z ist als quadratisch Resultierende die Impedanz des Kreises. Die in jedem Augenblick im Kreis vorhandene (erzeugte oder verbrauchte) elektrische Leistung ist durch das Produkt der Augenblickswerte u und i gegeben und somit

$$u\,i = 2\,U\,I\sin(\omega t - \psi)\sin(\omega t - \psi - \varphi)$$

oder bei Auflösung des trigonometrischen Produktes

$$u\,i = U\,I\cos\varphi - U\,I\cos(2\,\omega t - 2\,\psi - \varphi). \quad \ldots \quad (4)$$

Das Wesen des Elektromagnetismus als Schwingungserscheinung prägt sich also auch in der Leistung aus; über den Mittelwert $UI\cos\varphi$ erscheint eine Leistungsschwingung mit der Amplitude UI gelagert. Weil stets $\cos\varphi \leq 1$, nimmt somit $u\,i$ im allgemeinen auch negative Werte an, d. h. die elektrische Leistung wird zu gewissen Zeiten von Verbraucherstellen aus geliefert. Den zeitlichen Mittelwert der elektrischen Leistung, der allein mechanisch oder thermisch verwertbar ist, nennt man Wirkleistung oder Leistung schlechtweg, der schwingende Teil entbehrt zunächst einer eigenen Bezeichnung. Für das Produkt UI hat sich allerdings die Benennung „Scheinleistung" eingebürgert oder besser nach dem neueren Vorschlage „Richtleistung"[1], doch meint man damit weniger die Amplitude der gesamten schwingenden Leistung sondern eine rein fiktive Größe, in Analogie zum Gleichstromfall, wo die Leistung stets einfach durch das Produkt von Spannung und Strom gegeben ist.

Man kann die Beziehung (4) auch anders schreiben, wenn man den trigonometrischen Faktor des zweiten Gliedes zerlegt, nämlich

$$u\,i = U\,I\cos\varphi - [U\,I\cos\varphi]\cos(2\,\omega t - 2\,\psi)$$
$$+ [U\,I\sin\varphi]\sin(2\,\omega t - 2\,\psi). \quad \ldots \ldots \quad (5)$$

Dann bleibt die Differenz der beiden ersten Glieder stets positiv, entspricht also etwa nur verbrauchter Leistung, während das letzte eine reine Schwingung darstellt und symmetrisch positive und negative Werte wechseln läßt. Für die Amplitude dieser Leistung hat man einen sonderbaren Begriff geprägt, nämlich „wattlose Leistung" oder „Blindleistung"[2]. Man kam auf diese Benennung nicht durch Gl. (5) sondern auf ganz anderem Wege. Schreibt man nämlich die mathematische Beziehung

$$\cos^2\varphi + \sin^2\varphi = 1 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (6)$$

und multipliziert sie mit $(UI)^2$, so ergibt sich

$$(U\,I\cos\varphi)^2 + (U\,I\sin\varphi)^2 = (UI)^2. \quad \ldots \ldots \quad (7)$$

Nachdem die rechte Seite das Quadrat der „Scheinleistung" darstellt, wenn diese in Analogie zum Gleichstrom als Produkt der Effektivwerte von Strom und Spannung gebildet wird, und nachdem das erste Glied der linken Seite das Quadrat der mittleren wirklichen Leistung vorstellt, fühlte man sich angeregt, auch das zweite Glied der linken Seite zu benennen und fand die in sich so widerspruchsvolle oben angeführte Bezeichnung. Die Scheinleistung ist im Wechselstromkreise eine Dimensionierungsgröße, denn die Effektivwerte von Strom und Spannung bestimmen Querschnitt und Isolation bzw. Kupfer- und Eisenverluste. Sie hat aber keinen physikalischen Sinn, wenn man sie nicht aus Gl. (4) als Amplitude der gesamten schwingenden Leistung ablesen will. Auch $(UI\sin\varphi)$ hat keine selbständige Bedeutung, denn in Gl. (7) müßte dieser Ausdruck Mittelwert sein, damit die Wirkleistung Eingang finden kann, und in Gl. (5) müßte er wieder Amplitude einer Schwingung sein. Im allgemeinen werden die beiden nicht vergleichbaren Definitionen vermengt und in der elektrotechnischen Literatur ist sehr häufig zu lesen, daß die Blindleistung eine Art Mittelwert der schwingenden magnetischen Energie sei, was natürlich vollkommen sinnlos ist. Blindleistung als Schwingung hat den Mittelwert Null, zur Blindleistung als Mittelwert einer Schwingung müßte man erst eine Leistungschwingung erfinden, von der sie Mittelwert sein könnte.

Nun ist aber leider die Gl. (7), die rein mathematisch genommen vollkommen richtig ist, so sehr eingeführt, daß man auch die Auslegung fand, Wirkleistung sei Spannung mal Wirkkomponente des Stromes (in Richtung oder in Phase mit der Spannung) und Blindleistung sei Spannung mal Blindkomponente des Stromes (90° gegen die Spannung verschoben). In Zeichen würde dies etwa wie folgt anzuschreiben sein: Die Zerlegung der trigonometrischen Funktion aus Gl. (2) liefert für den Strom die Definition der Watt- und der Blindkomponente

$$i = \underbrace{(I\sqrt{2}\cos\varphi)}_{\text{Ampl. d. Wattkomp.}}\sin(\omega t - \psi) - \underbrace{(I\sqrt{2}\sin\varphi)}_{\text{Ampl. d. Blindkomp.}}\cos(\omega t - \psi); \quad (8)$$

multipliziert man diesen Ausdruck mit der Spannung nach Gl. (1), so ist

$$u\,i = [U\,I\cos\varphi]\,2\sin^2(\omega t - \psi)$$
$$- [U\,I\sin\varphi]\,2\sin(\omega t - \psi)\cos(\omega t - \psi). \quad (9)$$

Daß hier die beiden Amplituden nicht einfach zu definieren sind, sieht man wohl leicht ein. Darin eine physikalische Auslegung für den mathematischen Zusammenhang (7) erblicken zu wollen, dürfte etwas weit hergeholt sein. Nur die kritiklose Vermengung von mathematischer und physikalischer Anschauung vermochte dieses Dilemma zu schaffen, aus dem es nur den Ausweg gibt, Gl. (7) als rein mathematischen Behelf gelten zu lassen, aber eine physikalische Deutung der auftretenden Glieder zu unterlassen. Wir werden später sehen, daß das hier dargestellte Dilemma noch viel schärfer und eindrucksvoller auftritt, wenn man zum allgemeinen, nicht sinusförmigen Wechselstrom übergeht.

2. Die symbolische Darstellung der Leistung des sinusförmigen Wechselstromes.

Die symbolische Methode wurde bekanntlich von Ch. P. Steinmetz[3] eingeführt und beruht auf der Gaußschen Erweiterung der reellen Zahlenlinie durch die imaginären Zahlen zur Zahlenebene. Eine Erweiterung des Zahlenbegriffes erwies sich als notwendig bei der Betrachtung von $\sqrt{-a}$, wenn a eine positive reelle Größe ist. Da rein zahlenmäßig ein solcher Ausdruck unvorstellbar und ohne Bedeutung ist, schuf Gauß in genialer Weise einen Symbolismus, er schrieb

$$\sqrt{-a} = \sqrt{-1}\,.\,\sqrt{a} = j\sqrt{a} \quad \ldots \ldots \quad (10)$$

---

[1] AEF-Entwurf XXIX, ETZ 1927, S. 519.

[2] Vgl. E. Weber, Zur Definition von Scheinleistung, Blindleistung und Leistungsfaktor. El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 277.

[3] Ch. P. Steinmetz, Theorie und Berechnung der Wechselstromerscheinungen, Berlin 1900, Bd. 2.



und hatte damit, zunächst unbewußt, eine ungeheure Bereicherung der Zahlenwelt gebracht. Er verwies nämlich in der geometrischen Darstellung der Zahlen die „imaginären" Größen in eine zur Zahlengeraden senkrechte Gerade, so daß eine Art Koordinatensystem geschaffen wurde. In diesem Sinne bedeutet also $+j$ eine Drehung der reellen Zahl um 90° im positiven Sinne und die algebraische Vereinigung $a + j\,b$ bedeutet eine Strecke $\overline{OP}$ mit der absoluten Länge $\sqrt{a^2 + b^2}$ und der Neigung φ gegen die reelle Zahlengerade (Abb. 1). Man erreicht also jeden Punkt der Ebene durch die einfache algebraische Summe seiner Abstände von den beiden Zahlengeraden (Achsen), durch eine sog. komplexe Zahl. Die weitere Durchführung und Vertiefung dieses Gedankens führte dann zu einer eigenen Richtung in der Mathematik, zur **Analysis**, welche vielfach ganz einfache mathematische Formen an Stelle sehr komplizierter setzt, aber natürlich rein formal erleichternd wirkt und nicht etwa wirkliche Ausrechnungen erspart!

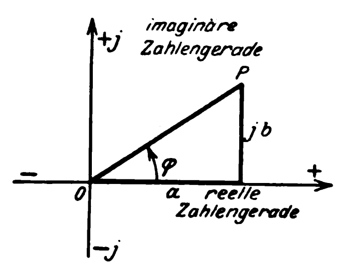


Abb. 1. Darstellung der komplexen Zahl.

Durch die Definition (10) ist auf keinen Fall etwa $\sqrt{-a}$ sinnvoller geworden, nein, es bleibt genau so unverständlich wie früher, nur verwertet ist diese Form, die sonst achtlos liegengeblieben wäre.

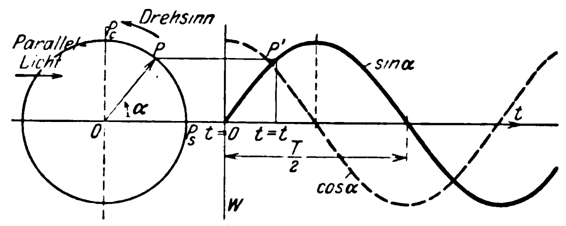


Abb. 2. Sinus- und Kosinusfunktion.

Die Übertragung dieses neuen mathematischen Behelfes in das Gebiet der zeitlich sich sinusförmig ändernden Größen nahm Ch. P. Steinmetz vor. Die Grundformen der einfachsten und gesetzmäßigsten zeitlichen Änderungen sind die cos- und die sin-Funktion. Denkt man (Abb. 2) einen Stab $\overline{OP}$ um seinen Endpunkt O gleichförmig mit der Winkelgeschwindigkeit ω von P_s aus rotierend und den durch Parallellicht von links geworfenen Schatten auf der senkrecht zur Zeichenebene gleichförmig bewegten Wand W aufgefangen, so zeichnet der Endpunkt P bekanntermaßen genau eine Sinuslinie auf. Bezeichnet man die zeitliche Periode mit T (jene Zeit, in welcher derselbe Wert in gleicher Richtung wieder erreicht wird), so besteht wegen der Gleichförmigkeit der Bewegungen die Verhältnisgleichung

$$\alpha : 2\pi = t : T,$$

weil die beiden Perioden 2π und T linear voneinander abhängen. Daraus ergibt sich

$$\alpha = \frac{2\pi}{T}\,t = \omega\,t \quad \ldots \ldots \quad (11)$$

und die Winkelgeschwindigkeit des Stabes ist

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \ldots \ldots \quad (12)$$

Hätte man als Anfangslage des Stabes $\overline{OP_c}$ gewählt, so wäre auf diese Weise eine cos-Kurve entstanden. $\overline{OP_c}$ ist aber senkrecht auf $\overline{OP_s}$, u. zw. im positiven Sinne um 90° gedreht. Man kann also geradezu

$$\cos\omega t = \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = j\sin\omega t \quad \ldots \quad (13)$$

festlegen, wobei aber jetzt j eine rein zeitliche Bedeutung hat und zeitlich eine Verdrehung um 90° im positiven Sinne anzeigen soll. Jede andere Anfangslage als die beiden betrachteten $\overline{OP_s}$ und $\overline{OP_c}$ läßt sich aus diesen beiden zusammensetzen nach der bekannten Regel

$$\sin(\omega t + \varphi) = \sin\omega t\cos\varphi + \cos\omega t\sin\varphi = (\cos\varphi + j\sin\varphi)\sin\omega t. \quad \ldots \quad (14)$$

Zurückgreifend auf den Anfang des ersten Abschnittes schreiben wir nun die Gleichungen (1) und (2) in zerlegter Form nach

$$\left.\begin{aligned} u &= (U\sqrt{2}\cos\psi)\sin\omega t - (U\sqrt{2}\sin\psi)\cos\omega t \\ i &= [I\sqrt{2}\cos(\psi+\varphi)]\sin\omega t - [I\sqrt{2}\sin(\psi+\varphi)]\cos\omega t \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

oder mit neuen leicht ablesbaren Definitionen auch

$$\left.\begin{aligned} u &= U'\sqrt{2}\sin\omega t - U''\sqrt{2}\cos\omega t \\ i &= I'\sqrt{2}\sin\omega t - I''\sqrt{2}\cos\omega t \end{aligned}\right\}, \quad \ldots \quad (16)$$

womit die zeitlich sinusförmig veränderlichen Größen u und i durch die beiden Phasengrenzlagen dargestellt sind. Die Leistung wird jetzt

$$u\,i = U' I' 2\sin^2\omega t + U'' I'' 2\cos^2\omega t - (U' I'' + U'' I')\,2\sin\omega t\cos\omega t. \quad (17)$$

Somit ist die „Wirkleistung" als zeitlicher Mittelwert darzustellen durch

$$(u\,i)_m = N_w = U' I' + U'' I'', \quad \ldots \ldots \quad (18)$$

während die sog. Blindleistung als Amplitude des letzten Schwingungsgliedes durch

$$N_B = -(U' I'' + U'' I') \quad \ldots \ldots \quad (19)$$

gegeben erscheint. Das negative Vorzeichen in Gl. (19) spielt weiter keine Rolle, es könnte auch ruhig weggelassen werden.

Überträgt man nun die oben erläuterte Symbolik auf die Ausdrücke (16), so erhält man

$$\left.\begin{aligned} u &= (U'\sqrt{2} - j\,U''\sqrt{2})\sin\omega t = U\sqrt{2}\sin\omega t \\ i &= (I'\sqrt{2} - j\,I''\sqrt{2})\sin\omega t = I\sqrt{2}\sin\omega t \end{aligned}\right\}, \quad (20)$$

wenn man komplexe Effektivwerte U und I einführt, um den Zeitfunktionsfaktor $\sin\omega t$ weglassen zu können. Es sind also endlich Ströme und Spannungen symbolisch gegeben durch

$$\left.\begin{aligned} U &= U' - j\,U'' \\ I &= I' - j\,I'' \end{aligned}\right\}, \quad \ldots \ldots \quad (21)$$

wobei jede Größe zeitlich sinusförmig veränderlich gedacht werden muß und entweder Effektivwert oder Amplitude sein kann, da beide für rein sinusförmige Größen bekanntlich einander proportional sind. Die Behandlung der verschiedenen Aufgaben in der Wechselstromtechnik wird dadurch sehr vereinfacht, insbesondere in der Theorie der Wechselstrommotoren kann man damit formal sehr einfach rechnen.

Wir wollen nun versuchen, auch die Leistungen mit Hilfe der symbolischen, besser analytischen Rechnung auszudrücken. Bildet man einfach das Produkt $U\,I$ aus Gl. (21), so ergibt sich

$$U\,I = (U' I' - U'' I'') - j\,(U' I'' + U'' I'). \quad . \quad (22)$$

Der Vergleich mit Gl. (18) zeigt, daß der reelle Teil des Ausdruckes nicht mit der Wirkleistung nach (18) übereinstimmt. Aus diesem Grunde definiert Steinmetz in komplexer Ausdrucksweise die Leistung als Produkt der komplexen Spannungsamplitude mit der konjugiert komplexen des Stromes[4]

$$U\tilde{I} = (U' I' + U'' I'') + j\,(U' I'' - U'' I') \quad . \quad . \quad (23)$$

und nennt den reellen Teil „Wattleistung", den imaginären Teil „wattlose Leistung". Ein kurzer Blick auf Gl. (18) und (19) zeigt, daß wohl die Wirkleistung richtig erfaßt ist, während die Blindleistung unrichtig wiedergegeben wird. Die letztere war hingegen mit dem imaginären Teil von Gl. (22) richtig dargestellt.

Als richtige symbolische Ausdrucksweise für die Leistungen kommen nur die beiden Beziehungen in Frage[5]

$$N_W = \Re e\,(U\tilde{I}), \qquad N_B = \Im m\,(U\,I), \quad \ldots \quad (24)$$

wenn U und I die komplexen Werte nach Gl. (21) sind und $\tilde{I}$ der konjugiert komplexe Wert zu I ist. Daß Wirk- und Blindleistung nicht als Real- und Imaginärteil eines und desselben Ausdruckes erscheinen können, liegt tief begründet in der nur linearen Beziehungen zugänglichen Übertragungsmöglichkeit der Analysis auf Wechselstromprobleme, weil die Produkte zeitperiodischer trigonometrischer Funktionen sich stets zerlegen lassen

[4] Man gewinnt bekanntlich zu einem komplexen Ausdruck den konjugiert komplexen, indem man das Vorzeichen des imaginären Anteils wechselt, z. B. $a + jb$ wird zu $a - jb$.

[5] $\Re e$ bedeutet, daß von dem komplexen Ausdruck nur der reelle Anteil, und $\Im m$ in gleicher Weise, daß nur der imaginäre Anteil zu nehmen ist.

in Summen von Funktionen verschiedener Periodizität. Es gilt ja beispielsweise

$$\sin(1\,\omega\,t)\sin(1\,\omega\,t)=\frac{1}{2}\cos(0\,\omega\,t)-\frac{1}{2}\cos(2\,\omega\,t),$$

und dieser Zusammenhang verletzt die Symbolik der Gl. (21), die gerade g l e i c h e Periodizität voraussetzt.

3. Die Leistung bei nicht sinusförmigem Wechselstrom; Strom der Spannung proportional.

Der am einfachsten zu überblickende Fall nicht sinusförmigen Wechselstromes ist zunächst die rein Ohmsche Belastung, wenn der Strom der Spannung proportional ist, also

$$i\,r=u,\qquad i=\frac{u}{r}\;\ldots\ldots\ldots\quad(25\text{a})$$

gilt, wobei r eine konstante Materialeigenschaft darstellt. Hat die Spannung u auch eine nicht sinusförmige beliebige Form, so läßt sie sich doch durch eine Übereinanderlagerung von sinusförmigen Wechselspannungen verschiedener Frequenzen, die unter sich in ganzzahligen Verhältnissen stehen, darstellen,

$$u=\sum_{n=1}^{\infty}U_n\sqrt{2}\sin(n\,\omega\,t-\psi_n)\;.\;\ldots\ldots\quad(25\text{b})$$

Die Effektivwerte U_n der einzelnen Wellen und deren Phasenverschiebungen ψ_n gegen einen gewählten Zeitnullpunkt muß man als gegeben betrachten bzw. kann sie mit Hilfe der harmonischen Analyse aus einer vorgegebenen oszillographischen Kurve gewinnen. Den Strom kann man mittels Gl. (25 a) in gleicher Weise anschreiben:

$$i=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{U_n}{r}\sqrt{2}\sin(n\,\omega\,t-\psi_n).\;\ldots\ldots\quad(26)$$

In einem rein Ohmschen Kreise mit konstantem Widerstand kann natürlich nur Joulesche Wärme als Leistung auftreten, Blindleistung im gewöhnlichen Sinne einer schwingenden Energie[6] ist hier ausgeschlossen. Bilden wir nun die elektrische Leistung als Produkt der Augenblickswerte von Strom und Spannung nach Gl. (26) und (25 b), so ist

$$u\,i=r\,i^2=\frac{1}{r}\left[\sum_{n=1}^{\infty}U_n\sqrt{2}\sin(n\,\omega\,t-\psi_n)\right]^2.\quad(27)$$

Es läßt sich sofort aussagen, daß $u\,i$ nur positive Werte annehmen kann, denn bekanntlich ist das Quadrat jedes Wertes positiv. Die Summe von Gl. (27) weist aber auf doppelte Produkte hin, die rein schwingende Leistungsgrößen darstellen, also auf den ersten Blick als „Blindleistung" angesprochen werden könnten. Es entsteht nämlich

$$\sum_{n=1}^{\infty}2\,U_n^2\sin^2(n\,\omega\,t-\psi_n)$$
$$+\sum_{n=1}^{\infty}\sum_{\substack{m=1\\(n\neq m)}}^{\infty}2\,U_n\,U_m\sin(n\,\omega\,t-\psi_n)\sin(m\,\omega\,t-\psi_m).\quad(28)$$

Der erste Ausdruck ist als identisch mit dem ersten Gliede von Gl. (9) zu erkennen, nur daß hier eine Summe auftritt, während die zweite Summe gewöhnlich in den Lehrbüchern und Aufsätzen in Zeitschriften übergangen wird. Erst in neuester Zeit hat E. K e r n , allerdings nur andeutungsweise, diese Glieder in die Diskussion gezogen[7], während C. B u d e a n u[8] als „Verzerrungsleistung" eine Summe von Doppelprodukten der Amplituden ungleicher Wellenordnungen ziemlich gewaltsam in das bisherige Schema einzupassen suchte[9]. Diese Summe tritt jedoch mathematisch unweigerlich auf, sie zu leugnen, hieße die Gesetze der Mathematik verletzen. Diese Glieder sind auch k e i n e B l i n d l e i s t u n g , denn sie bringen nur jene durch die erste Summe unrichtig dargestellte quadratische Form des Stromes erst auf die richtige Form, wie in jeder Quadratbildung das doppelte Produkt ebenfalls miterscheinen muß und etwa in

$$(a-b)^2=(a^2+b^2)-2\,a\,b$$

sogar negative Werte haben kann, ohne darum die Funktionswerte negativ zu machen.

Außer diesen vielleicht noch angezweifelten Argumenten können wir aber einen unbezweifelbaren Beweis liefern, indem wir auf eine spezielle Form eingehen und zwei Vergleichsrechnungen führen. Der Einfachheit halber nehmen wir für die Spannung u eine Dreieckform an, wie in Abb. 3 ersichtlich, weil für diese Form die Zerlegung

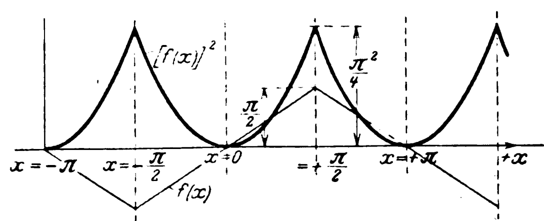


Abb. 3. Die elektrische Leistung bei rein Ohmscher Belastung.

in eine Fouriersche Reihe schon wiederholt vorgenommen wurde und leicht nachzuschlagen ist[10]. Die Funktion ist innerhalb einer Periode gegeben durch

$$\left.\begin{aligned}-\pi\le x&<-\frac{\pi}{2}\qquad f(x)=-\pi-x\\-\frac{\pi}{2}\le x&\le+\frac{\pi}{2}\qquad f(x)=\quad+x\\+\frac{\pi}{2}\le x&\le+\pi\qquad f(x)=+\pi-x\end{aligned}\right\}\;\ldots\quad(29)$$

und die Fouriersche Reihe lautet, wenn die Amplitude $\pi/2$ beibehalten bleibt,

$$u=f(x)=\frac{4}{\pi}\left(\sin x-\frac{1}{9}\sin 3x+\frac{1}{25}\sin 5x-\ldots\right).\quad(30)$$

Nehmen wir für den Widerstand den Wert $r=2$ an, so ist der Strom

$$i=\frac{1}{2}f(x)=\frac{2}{\pi}\left(\sin x-\frac{1}{9}\sin 3x+\frac{1}{25}\sin 5x-\ldots\right).\quad(31)$$

Die Leistung ist das Produkt von Gl. (30) und (31) oder

$$u\,i=\frac{1}{2}[f(x)]^2.\;\ldots\ldots\ldots\quad(32)$$

Rechnen wir zunächst, wie es ziemlich allgemein getan wurde, nur die quadratischen Glieder (Produkte gleicher Frequenzen) und nennen die Summe $(u\,i)_1$, so erhalten wir dafür

$$(u\,i)_1=\frac{8}{\pi^2}\left\{\sin^2 x+\frac{1}{81}\sin^2 3x+\frac{1}{625}\sin^2 5x+\ldots\right\}$$

oder mit trigonometrischer Zerlegung

$$(u\,i)_1=\frac{4}{\pi^2}\left\{\left(1+\frac{1}{81}+\frac{1}{625}+\ldots\right)-\left(\cos 2x+\frac{1}{81}\cos 6x+\frac{1}{625}\cos 10x+\ldots\right)\right\}.\quad(33)$$

Rechnen wir nun getrennt die doppelten Produkte (als Produkte ungleicher Frequenzen), so ergeben sie, als $(u\,i)_2$ benannt,

$$\begin{aligned}(u\,i)_2=\frac{16}{\pi^2}\Big\{&-\frac{1}{9}\sin x\sin 3x+\frac{1}{25}\sin x\sin 5x\\&-\frac{1}{49}\sin x\sin 7x+\ldots\\&-\frac{1}{225}\sin 3x\sin 5x+\frac{1}{441}\sin 3x\sin 7x-\ldots\\&-\frac{1}{1225}\sin 5x\sin 7x+\ldots\\&-\ldots\Big\}\end{aligned}$$

und die entsprechende trigonometrische Umformung liefert dafür wieder

$$\begin{aligned}(u\,i)_2=\frac{8}{\pi^2}\Big\{&-\left(\frac{1}{9}+\frac{1}{225}+\frac{1}{1225}+\ldots\right)\cos 2x\\&+\left(\frac{1}{9}+\frac{1}{25}+\frac{1}{441}+\ldots\right)\cos 4x\\&-\left(\frac{1}{25}+\frac{1}{49}+\frac{1}{729}+\ldots\right)\cos 6x\\&+\left(\frac{1}{49}+\frac{1}{81}+\frac{1}{225}+\ldots\right)\cos 8x\text{ usw.}\Big\}.\quad(34)\end{aligned}$$

Um nun die Frage zu entscheiden, ob die elektrische Leistung mit $(u\,i)_1$ oder mit $[(u\,i)_1+(u\,i)_2]$ zu berechnen ist, gehen wir jetzt einen anderen Rechnungsweg.

[6] Um verständlich zu sein, gebrauche ich hier das Wort Blindleistung noch im landläufigen Sinne, verweise aber auf die in Fußnote 2 genannte Arbeit.
[7] E. K e r n , ETZ 1926, S. 1005.
[8] Bericht von A. F r a e n k e l , ETZ 1928, S. 97 bzw. K. E. M ü l l e r , ETZ 1928, S. 251.
[9] Auch hier möchte ich auf die ausführliche Arbeit nach Fußnote 2 verweisen.

[10] Siehe etwa R z i h a - S e i d e n e r , Starkstromtechnik Bd. 1, S. 49, 6. Aufl.



Bilden wir, wie es in Abb. 3 angedeutet ist, das Quadrat der Funktion $f(x)$, so ist aus Gl. (29) dafür der analytische Ausdruck zu entnehmen:

$$\left.\begin{array}{ll} -\pi \leq x \leq -\frac{\pi}{2} & [f(x)]^2 = (\pi + x)^2 \\ -\frac{\pi}{2} \leq x \leq +\frac{\pi}{2} & [f(x)]^2 = (x)^2 \\ +\frac{\pi}{2} \leq x \leq +\pi & [f(x)]^2 = (\pi - x)^2. \end{array}\right\} \quad (35)$$

Nachdem die Funktion sowohl zur Ursprungsordinate als auch zur Mittelordinate der Halbwelle symmetrisch ist, treten in der harmonischen Analyse nur gerade cos-Glieder auf. Wir können also vorausnehmen

$$[f(x)]^2 = \sum_{n=0}^{\infty} A_{2n} \cos(2\,n\,x) \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (36)$$

und haben die Koeffizienten nur mehr durch einfache Integrationen zu ermitteln. Wegen der vorhandenen Symmetrien lassen sich die Integrationsgrenzen auf ¼ der Welle beschränken, somit

$$A_{2n} = \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} [f(x)]^2 \cos(2\,n\,x)\,\mathrm{d}\,x$$

$$= \frac{4}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} x \cos(2\,n\,x)\,\mathrm{d}\,x,$$

und die Ausführung der Integration, die mittels einer Rekursionsformel leicht zu erledigen ist, ergibt bei Beachtung der Grenzen

$$A_{2n} = \frac{(-1)^n}{n^2} \qquad n > 1. \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (37)$$

Für die Ordnungszahl $n = 0$ müssen wir bilden

$$A_0 = \frac{2}{\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} x^2\,\mathrm{d}\,x = \frac{\pi^2}{12}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (38)$$

womit jetzt die für Gl. (32) gebrauchte Form gebildet werden kann:

$$\frac{1}{2}[f(x)]^2 = \frac{\pi^2}{6} - \frac{1}{2}\cos 2\,x + \frac{1}{8}\cos 4\,x - \frac{1}{18}\cos 6\,x + \,. \; . \quad (39)$$

Daß dieser letzte Ausdruck vollkommen sicher das Quadrat der Fourier-Reihe angibt, ist mit dem Satze erwiesen, daß sich für jede periodische Funktion eine und nur eine Fourier-Reihe finden läßt; es gibt also außer (39) k e i n e a n d e r e r i c h t i g e harmonische Auflösung von Gl. (32). Um nun den endgültigen beweisenden Vergleich zu führen, seien die Koeffizienten von $(u\,i)_1$ nach Gl. (33), von $[(u\,i)_1 + (u\,i)_2]$ als Summe von Gl. (33) und (34) und endlich von (39) nebeneinander in eine Tafel eingetragen. Nachdem es sich in Gl. (33) und (34) um unendliche Reihen handelt, kann natürlich nur eine gewisse Annäherung erreicht werden, die jedoch im vorliegenden Falle leicht sehr weit gebracht werden kann, da die Reihen außerordentlich rasch konvergieren. Das Ergebnis des Vergleiches in der nachfolgenden Tafel schließt wohl den Beweis. Die elektrische Leistung ist stets n u r durch M i t b e r ü c k s i c h t i g u n g d e r P r o d u k t e u n g l e i c h e r F r e q u e n z e n r i c h t i g zu erhalten!

V e r g l e i c h s t a f e l.

Zeitfunktion	Koeffizienten der trigonometrischen Reihen		
	$(u\,i)_1$ nach Gl. (33)	$[(u\,i)_1 + (u\,i)_2]$ nach Gl. (34)	$^1/_2[f\,x)]^2$ nach Gl. (39)
cos 0 x	+ 0,411	+ 0,411	+ 0,411
cos 2 x	— 0,406	— 0,500	— 0,500
cos 4 x	0	+ 0,124	+ 0,125
cos 6 x	— 0,005	— 0,0541	— 0,0555
cos 8 x	0	+ 0,0304	+ 0,0313

Alle vorstehenden Ausführungen gelten natürlich nur für die elektrische Leistung als Augenblickswert. Zum zeitlichen Mittelwert steuern die Produkte ungleicher Frequenzen nichts bei, sie sind reine Schwingungsglieder mit dem Mittelwert Null.

4. Die Leistung bei nicht sinusförmigem Wechselstrom im allgemeinen Wechselstromkreis.

Im allgemeinen Wechselstromkreis sind außer Widerstand auch noch Kapazität und Induktivität vorhanden, so daß die Stromkurve gegen die Spannungskurve sehr weitgehende Verzerrungen aufweisen kann. In einem solchen Falle ist die Definition der Blindleistung besonders schwer und sollte am besten ganz weggelassen werden, um keinen Anhaltspunkt für schwere Mißverständnisse zu geben. Ist nämlich die Spannung durch eine beliebige Fouriersche Reihe gegeben,

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} U_n \sqrt{2} \sin(n\,\omega\,t - \psi_n) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (40)$$

und ähnlich der Strom etwa durch

$$i = \sum_{n=1}^{\infty} I_n \sqrt{2} \sin(n\,\omega\,t - \psi_n - \varphi_n), \quad . \; . \; . \; . \quad (41)$$

so ist der Augenblickswert der Leistung bei einiger Umformung, insbesondere Trennung der Produkte gleicher Frequenzen von jenen ungleicher Frequenzen,

$$\left.\begin{array}{l} u\,i = \sum\limits_{n=1}^{\infty} U_n\,I_n \cos\varphi_n - \sum\limits_{n=1}^{\infty} U_n\,I_n \cos(2\,n\,\omega\,t - 2\psi_n - \varphi_n) \\ \quad + \sum\limits_{n=1}^{\infty}\sum\limits_{m=1}^{\infty} U_n\,I_m \left\{\cos[(n-m)\,\omega\,t - (\psi_n - \psi_m) + \varphi_m]\right. \\ \qquad\qquad \left. - \cos[(n+m)\,\omega\,t - (\psi_n + \psi_m) - \varphi_m]\right\} \end{array}\right\}. \quad (42)$$

Die beiden ersten Glieder sind analog Gl. (4) Summen über alle Einzelwellen, während das letzte Glied wieder die Doppelsumme der Doppelprodukte (in bezug auf die Frequenzen) darstellt.

Im allgemeinen Falle wird jetzt nicht mehr $u\,i$ nur positive Werte aufweisen sondern wird, wie aus dem sinusförmigen Falle bekannt, auch ins Negative schwingen, Leistung generatorisch aufspeichern, um sie dann wieder zuzusetzen. Welcher Anteil dies ist, läßt sich aus dem Obigen nicht ersehen, denn weil immer $\cos\varphi_n < 1$, erreichen schon die Werte der ersten Zeile für sich im allgemeinen den Übergang ins Negative. Was soll nun als Blindleistung angesprochen werden? Einen anderen Leistungsausdruck in Funktion der Zeit als Gl. (42) gibt es nicht! Daraus aber kann keine irgendwie geartete Definition abgeleitet werden. Eine Bildung, wie Gl. (6) und (7) sie für sinusförmigen Wechselstrom ergaben, versagt hier ebenfalls, weil die W i r k l e i s t u n g (als Mittelwert zeitunabhängig, daher durch das erste Glied in Gl. (42) gegeben)

$$N_W = \sum_{n=1}^{\infty} U_n\,I_n \cos\varphi_n \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (43)$$

als analoge Bildung für die Blindleistung den Ausdruck

$$N_B = \sum_{n=1}^{\infty} U_n\,I_n \sin\varphi_n \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (44)$$

verlangen würde, aber daraus nie eine Beziehung zur Scheinleistung gewonnen werden kann,

$$N_W^2 + N_B^2 \neq (U\,I)^2. \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (45)$$

Außerdem hat natürlich Gl. (44) mit schwingender magnetischer Energie nichts das geringste mehr zu tun. Gl. (45) lehrt auch sofort, daß eine diagrammatische Zerlegung der Leistungen, sei es vektoranalytisch oder durch Aufzeichnung der phasenverschobenen Sinuswellen, hier vollkommen ihren Sinn verliert.

Daß die Doppelprodukte der zweiten Zeile in Gl. (42) wirklich auftreten, braucht hier nicht wiederholt bewiesen zu werden, es dürfte der Hinweis auf Abschnitt 3 genügen. C. Budeanu wollte nun durch rein mathematische Umformung die Ungleichung (45) zu einer Gleichung machen, indem er eine Summe von Produkten von Effektivwerten der Oberwellen verschiedener Ordnung quadratisch hinzufügte und diese Summe als Verzerrungsleistung benannte[11]. Dieser Versuch muß als mathematische Konstruktion abgewiesen werden, weil gar keine Möglichkeit einer Messung der so definierten Glieder besteht. Für praktisch sinusförmige Wechselströme, also höchstens 5 % örtliche Abweichung der Kurvenform von der Grundwelle nach der Definition der R.E.M.[12] wird der allgemeinste Fall Gl. (40), (41) näherungsweise wieder auf Gl. (1), (2) zurückgeführt, und damit gelten dann wieder alle in den Abschnitten 1 und 2 zusammengefaßten Ausführungen. Für Wechselströme, die nicht mehr als praktisch sinusförmig anzusehen sind, müssen unbedingt in der Leistungsbildung die doppelten Produkte der Glieder verschiedener Frequenzen berücksichtigt werden, im zeitlichen Mittelwert treten sie hingegen nicht auf.

Steinmetz hat die symbolische Methode nicht nur auf sinusförmige Wechselströme angewendet (Abschnitt 2) sondern auch auf allgemeine Wechselströme und hat dabei

[11] Wie Fußnote 8.
[12] R.E.M. 1923, § 14.

die Doppelprodukte, die in der symbolischen Methode doppelt unangenehm sind, einfach nicht gebildet, ohne eine richtige Begründung zu geben, warum sie nicht auftreten sollen. Allerdings war Steinmetz bereits die Ungleichung (45) bekannt, und schon er gab Beispiele, hinter welche er den Schluß setzte, daß in Fällen stark verzerrten Wechselstromes eine diagrammatische Behandlung zu vollkommen falschen Ergebnissen führen müsse und die Einführung eines äquivalenten Wechselstromes reiner Sinusform jeder Berechtigung entbehre.

Weiterer Ausbau der Stadtschnellbahnen in Groß-New-York.

(Independent System.)

Nach der Inbetriebnahme der unter dem Namen „The Subway" bekannten Untergrundbahn in New York im Jahre 1904 bzw. 1908 hatte der Verkehr auf den Schnellbahnen derart zugenommen, daß sich die Stadtverwaltung am 19. III. 1913 veranlaßt sah, zwei weitere Verträge, genannt 3 und 4, mit den Untergrundbahn-Gesellschaften abzuschließen, die als „Dual-System" bezeichnet wurden. Die beiden Verträge, die mit der Interborough Rapid Transit Co. und der New York Rapid Transit Corporation (B.-M. T.) abgeschlossen wurden, sahen Neubauten sowie Um- und Erweiterungsbauten vor, deren Gesamtumfang 970 Gleiskilometer Schnellbahnen betrug[1]. Nach dem Bericht der städtischen Verkehrskommission wurden auf den Schnellbahnen der beiden Gesellschaften im Jahre 1927 befördert: 1 887 300 000 Personen, d. s. 65 % der insgesamt beförderten Personen, deren Zahl zu 3 202 800 000 angegeben wird.

Abb. 1. Erweiterung der elektrischen Stadtschnellbahnen in Groß-New-York (Independent System).

Der ständig wachsende Verkehr ließ erkennen, daß bald der Sättigungspunkt auch für dieses Bahnnetz erreicht sein würde. So begann die Stadt unter Aufsicht des Verkehrsamtes im Jahre 1925 den Bau eines selbständigen Unternehmens (I n d e p e n d e n t S y s t e m) von Untergrund-Schnellbahnen, um den Durchgangs-Schnellverkehr zwischen den vorhandenen Geschäfts- und Wohngegenden zu verbessern und auch weite Stadtgebiete hiermit zu bedienen, welche in den letzten Jahren der Bebauung aufgeschlossen worden sind und eines Durchgangs-Schnellverkehrs noch entbehren. Wie das „Dual-System" erstreckt sich auch das neue Unternehmen über Groß-New-York mit den Bezirken Manhattan, Brooklyn, Bronx, Queens, ohne Richmond. Gleichwohl ist auch ein Projekt aufgestellt worden, um diesen Bezirk unter den „Narrows" mit Brooklyn zu verbinden.

Die Lage und Ausdehnung der Linien des neuen Unternehmens sind aus der Abb. 1 zu entnehmen. Sie umfassen 96,9 km Strecke mit 298 km Einfachgleis. Auf dem Plan sind die Strecken, die sich im Bau befinden, in Doppelstrichen, diejenigen, für deren Bau Verträge abgeschlossen oder Angebote eingefordert sind, auf denen der Bau aber noch nicht begonnen hat, in vollen Strichen gekennzeichnet. Bis heute sind Verträge im Gesamtbetrage von ungefähr 250 Mill Dollar abgeschlossen. Diejenigen Strecken, für welche Zeichnungen und Ausschreibungen in Vorbereitung sind, sind in punktierten vollen Strichen kenntlich gemacht. Die Strecken in dünnen Vollstrichen sind diejenigen, bei denen man mit vorbereitenden Plänen noch nicht begonnen hat.

Das Unternehmen umfaßt folgende Linien:

1. Eine viergleisige Linie verläuft vom Süden nach dem Norden Manhattans unter der Church Street, 6. Avenue, Greenwich Avenue, 8. Avenue, Central Park West und St. Nicholas Avenue. Am nördlichen Ende der letzteren hat die Linie zwei Abzweigungen, eine durch den nördlichsten Teil von Manhattan (Washington Heights) unter Broadway und Fort Washington Avenue bis zur 211. Street, und eine durch den westlichen Teil des Bronx den Grand Boulevard and Concourse aufwärts bis zur 206. Street.

2. Im Geschäftsviertel von Manhattan besteht eine zweite Süd-Nord-Linie unter der 6. Avenue von der West 8. Street bis zur 53. Street.

3. Von dieser Strecke gehen drei Querlinien ab, eine durch die 53. Street, eine durch die Houston und Rutgers Street und eine durch die Fulton Street. Diese Querlinien gehen unter dem East River in die Bezirke Queens und Brooklyn, indem jede durch ein Paar eingleisiger Röhrentunnel geführt wird. Im Bezirk Queens verläuft die Linie der 53. Street in west-östlicher Richtung unter der Jackson Avenue, Broadway, Queens Boulevard und Hillside Avenue. Die Querlinien durch die Fulton Street und Rutgers Street vereinigen sich in Brooklyn in der Jay Street. Von hier verläuft eine Linie in südlicher Richtung unter der Jay Street, Smith Street, 9. Street und Prospekt Avenue; eine zweite Linie verbindet die Fulton-Street-Linie in Brooklyn mit der obigen Linie in Queens über die Lafayette-, Marcy-, Union-, Manhattan- und Jackson-Avenue.

[1] ETZ 1926, S. 882.



Am meisten vorgeschritten ist der Bau der Linie Church Street—6. Avenue—8. Avenue—Central Park West—Washington Heights vom südlichen Ende der Linie im Geschäftsviertel von Manhattan an der Chambers Street bis zum Endpunkt im nördlichen Teile von Manhattan an der 211. Street. Man hofft diese Linie im Jahre 1930 in Betrieb nehmen zu können.



Abb. 2. Untergrundbahnbau in der Fulton Str. in Brooklyn.

Der Bau des Tunnels der Untergrundbahnen wird in Eisenwerk und Beton ausgeführt. In Abständen von 1,5 m werden Rechteckrahmen aufgestellt, die aus den seitlichen und inneren Säulen, Deckenträgern und, wo es der Grundwasserdruck erforderlich macht, auch aus Bodenträgern bestehen. Zwischen die Rahmen werden Bogen aus Beton gezogen, so daß dieser die Eisenteile bedeckt und vor Rost schützt. In dieser Weise schreitet der Bau wesentlich schneller vorwärts, als wenn die Tunnelwände in Eisenbeton hergestellt werden, und in engen Straßen wird an Raum gewonnen. In der Church Street hat man durch den Abbruch alter Häuser in großzügiger Weise für den Einbau der Untergrundbahnen Platz geschaffen.

Mit dem Bau des Tunnels sind sofort wieder neue Hochgebäude aufgeführt worden, die sich mit ihrem Eisenfachwerk auf besondere Eisenstützen der Tunneleisenbauten aufsetzen. Diese Baudurchführung ist auch in der Abb. 2 zu erkennen, die eine Baustelle auf einer Strecke in Brooklyn wiedergibt. Hier ist auch die provisorische Abdeckung der Strecke mit hölzernen Bohlen auf eisernen Trägern ersichtlich, unter der die Tunnelarbeiten, ohne den Verkehr auf der Straße zu stören, ausgeführt werden. In der Baugrube wird die Ausschachtung mit auf Raupenbändern laufenden Löffelbaggern bewerkstelligt. Alle Materialförderungen erfolgen auf Schmalspurbahnen.

Für den Betrieb des neuen Unternehmens sind besondere Wagen in Eisenbau entworfen worden, die sich in ihrer Leistung besonders den zu erwartenden Verkehrsverhältnissen anpassen sollen. Die neuen Wagen (Abb. 3) sind 18,44 m lang, 3,05 m breit und 3,66 m hoch. Die Länge der Wagen wird somit um 2,79 m größer als die bei den Wagen der Interborough Rapid Transit Co. und um etwa 2,13 m kürzer als die der eisernen Wagen sein, die jetzt bei der Brooklyn Manhattan Transit Company (B.-M. T.) im Gebrauch sind. Mit den letzteren stimmen aber Breite und Höhe der neuen Wagen überein. Da die Bahnsteige eine Länge von 201,17 m haben, so können Züge mit 11 Wagen abgefertigt werden. Die Züge sind dann 30 % länger als der längste B.-M. T.-Zug und 55 % länger als die gegenwärtigen Interborough-Züge mit je 10 Wagen. In jeder Wagenlängswand sind vier Doppeltüren mit einer Türöffnung von je 1,17 m Breite vorgesehen. Außerdem sind in den Kopfwänden Schiebetüren vorhanden, um einen Übergang der Reisenden zwischen den Wagen auf der Fahrt zu ermöglichen. Die Anordnung der Sitze ähnelt der jetzigen bei den B.-M.-T.-Wagen, doch ist der Knieraum zwischen zwei gegenüberliegenden Sitzen um 5 cm größer gehalten und beträgt 28 cm. Der neue Wagen hat 60 Sitzplätze und kann, mit stehenden und sitzenden Personen voll besetzt, 282 Passagiere aufnehmen.

Im Büro des Verkehrsamts in New York ist das Modell eines halben Wagenoberteils in natürlicher Größe aufgestellt, um alle konstruktiven Einzelheiten und die Anordnung der Sitze, der Lüftung mit fünf Deckenventilatoren, der Beleuchtung, des selbsttätigen Türverschlusses u. a. zu zeigen und zu erproben. Letzterer wird von der National Pneumatic Co., Philadelphia, eingerichtet. Der Druckluftzylinder liegt unter einer in der Nähe der jeweiligen Tür befindlichen Bank und öffnet und schließt die Türhälften durch Hebelübertragung. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß Störungen leicht behoben werden können. Ferner kann der Türverschluß von verschiedenen Stellen am Wagen innen wie außen betätigt werden. Eine rote Lampe zeigt dem Führer in der Kabine an, ob alle Türen geschlossen sind. Für die stehenden Fahrgäste befinden sich in der Nähe der Türen senkrechte Haltestangen und vor den Sitzplätzen an der Decke angebrachte eiserne, weißemaillierte Handgriffe, die unbenutzt schräg nach der Wagenwand zurückschlagen, so daß Zu- und Abgang der Fahrgäste nicht gestört werden. Die Sitze und Rücklehnen sind gefedert und mit dauerhaftem Geflecht in Naturfarbe überzogen. Zu beiden Seiten des Wagens und an jedem Ende sind erleuchtete Streckenschilder angebracht, welche die Haltestellen angeben. Von diesen Wagen sollen jetzt 300 Stück in Auftrag gegeben werden. **Przygode.**

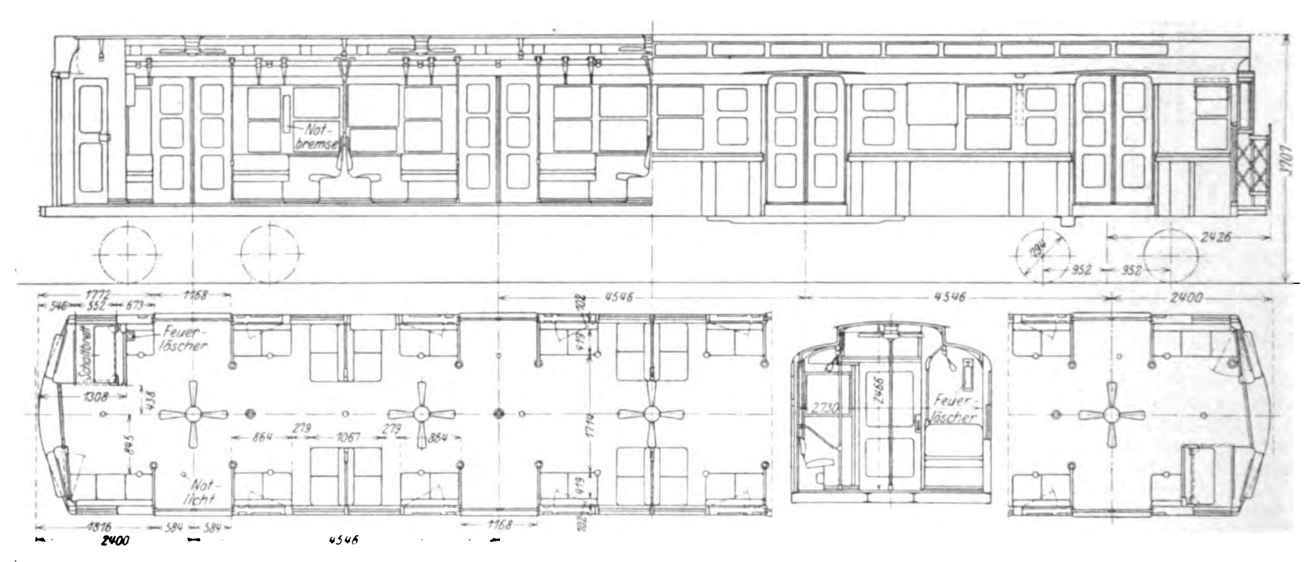


Abb. 3. Neuer Untergrundbahnwagen auf den Linien des „Independent System“ in Groß-New-York mit einem Fassungsraum für 282 Fahrgäste.

Über die Messung von Erdströmen.

Von **Georg Rosén,** Beratendem Ingenieur, Stockholm.

Übersicht. Nachdem die wichtigsten der schon bekannten Methoden für die Messung von Erdströmen kurz erwähnt worden sind, werden einer neue, vom Verfasser vorgeschlagene Methode und ein dafür geeignetes Instrument beschrieben. Diese Methode gestattet es, ohne Grabung Messungen auszuführen, u. zw. unter Benutzung des vom Erdstrom erzeugten Magnetfeldes. Schließlich wird über nach dieser Methode ausgeführte Messungen ein kurzer Bericht erstattet.

Für die Messung von Erdströmen (Schleichströmen), welche oft bei Straßen- und Eisenbahnanlagen für Gleichstrom zu Unannehmlichkeiten führen, sind mehrere Methoden vorgeschlagen und versucht worden. Im El. Railway Journ.[1] sind drei dieser Methoden beschrieben und diskutiert worden, nämlich:

1. Stromstärkemessungen in hintereinander liegenden Teilen eines in der Erde befindlichen Leiters, z. B. eines Eisenrohres. Wenn man den Spannungsabfall in einer Rohrstrecke gewisser Länge mißt und die Abmessungen des Rohres kennt, kann man begreiflicherweise die im Rohre vorhandene Stromstärke annähernd berechnen. Vergleicht man die in dieser Weise gemessene Stromstärke mit der durch eine gleichartige Messung an einer anderen Stelle des Rohres gefundenen und ist ein Unterschied zwischen den beiden Werten nachweisbar, so ist offenbar zwischen den beiden Meßstellen ein Teil des Stromes aus dem Rohre zur Erde bzw. umgekehrt geflossen.

2. Methode zum Auffangen der Erdströme mittels in die Erde vergrabener Metallplatten. Von der einen Platte zur andern wird der Strom durch ein Meßinstrument geführt (Abb. 1). Zur Vermeidung von Polarisationserscheinungen müssen besondere Vorsichtsmaßregeln an den Platten getroffen werden.

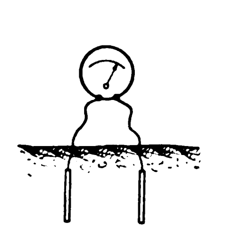


Abb. 1. Auffangen der Erdströme mittels vergrabener Elektroden.

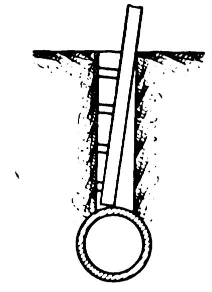


Abb. 2. McCollums Methode.

3. M c C o l l u m s Methode. Nach dieser Methode verfährt man in folgender Weise, um den Strom zu messen, welcher aus einem in der Erde liegenden Rohr sickert (Abb. 2). Es wird angenommen, daß der Stromaustritt aus dem Rohr gleichmäßig nach allen Richtungen stattfindet. Deshalb werden Messungen nur oberhalb des Rohres ausgeführt, aus denen auf den Gesamtaustritt geschlossen wird. Ein vertikaler Brunnen wird von oben bis an das Rohr gegraben und in ihn eine Stange gesenkt, die vier Kontaktstücke aus Metall trägt. Diese Kontaktstücke werden gegen die Brunnenwand gepreßt. Von den Kontaktstücken führen Leitungen zu dem Meßapparat, der hauptsächlich eine Stromquelle (Batterie) und ein Ableseinstrument umfaßt. Sendet man durch die beiden äußersten Kontaktstücke Strom, so erhält man einen Begriff vom spezifischen Widerstand der Erde; wird gleichzeitig der Spannungsabfall zwischen den beiden mittleren Kontakten gemessen, so kann man aus den Werten von Widerstand und Spannungsabfall auf die Stromstärke schließen.

Im folgenden wird eine vom Verfasser vorgeschlagene Methode zur Messung von Erdströmen beschrieben. Das für diesen Zweck konstruierte Instrument kann als T o r s i o n s b u s s o l e bezeichnet werden. Nach dieser Methode benutzt man das von einem elektrischen Strom erzeugte Magnetfeld und schließt von der Größe dieses Feldes auf die Stromstärke. Die Methode ist also als F e r n m e t h o d e ausgebildet.

Eine Messung dieser Art muß natürlich bei Strömen gemacht werden können, welche in jede beliebige Himmelsrichtung fließen. Die Meßmethode muß deshalb von dem erdmagnetischen Felde sowie von anderen etwa vorhandenen Magnetfeldern unabhängig gemacht werden. Eine Magnetnadel a (Abb. 3) hängt an einem elastischen Bande b aus Phosphorbronze o. dgl. Das Band ist oben in einem drehbaren Knopf c befestigt, mit dem ein Zeiger d fest verbunden ist. Beim Drehen des Knopfes c bewegt sich der Zeiger d über eine feste Skala e. Zwei feste Marken f und f_1 geben eine gewisse Stellung der Nadel a an, die im folgenden als „Nullage" bezeichnet wird. An Stelle des elastischen Bandes b kann — vielleicht auch mit Vorteil — eine Spiralfeder benutzt werden. Das Instrument kann selbstverständlich mit mehreren bekannten Vorrichtungen versehen werden, um die Handhabung zu erleichtern, wie z. B. mit Öldämpfung, Stellschrauben, Ableselupe u. dgl.

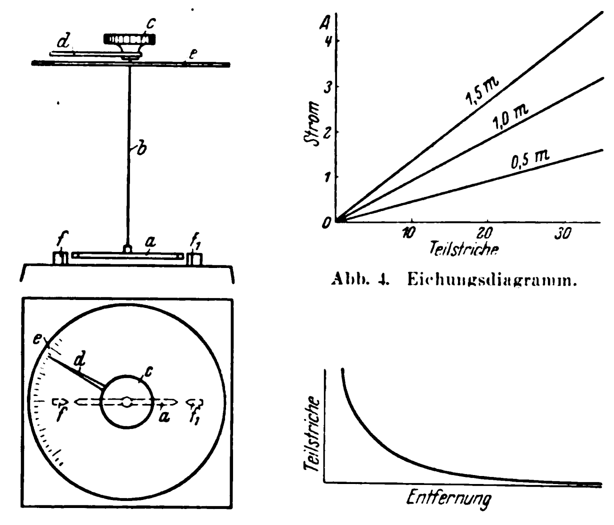


Abb. 3. Schema der Torsionsbussole.

Abb. 4. Eichungsdiagramm.

Abb. 5. Störungsdiagramm.

Bei der Messung verfährt man in folgender Weise. Der Strom im Fahrdraht und den Schienen wird zuerst ausgeschaltet, wobei auch alle Erdströme verschwinden. Der Apparat wird derart aufgestellt, daß seine Hauptrichtung, d. h. die Richtung f-f_1 mit der Richtung des zu messenden Stromes zusammenfällt. Die Nadel wird freigemacht. Sie wird jetzt nur von dem erdmagnetischen Felde und von anderen etwaigen Magnetfeldern, wie z. B. von magnetisierten Schienen, Eisenrohren o. dgl. beeinflußt. Die Horizontalkomponente der Resultante dieser Magnetfelder wird im folgenden der Einfachheit wegen „das erdmagnetische Feld" genannt. Da das erdmagnetische Feld in seiner Richtung mit der Hauptrichtung des Instrumentes (der Stromrichtung) im allgemeinen nicht übereinstimmt, hat die Nadel eine Abweichung von der Nullage. Durch Drehung des Knopfes c wird das Band in geeigneter Richtung tordiert, so daß die Nadel in die Nullage zurückgezwungen wird. Die Größe dieser Drehung interessiert nicht.

Jetzt wird der Strom eingeschaltet; das vom Erdstrom erzeugte Magnetfeld bewirkt eine Ablenkung der Nadel, die durch eine neue Drehung des Knopfes c rückgängig gemacht wird. Die auf der Skala e abgelesene Größe dieses Drehwinkels gibt ein Maß für die Stärke des Erdstromes. Durch Eichung wird ein für allemal festgelegt, welcher Stromstärke ein gewisser Drehungswinkel bei verschiedenen Abständen zwischen Nadel und Strombahn entspricht. Ein Beispiel eines solchen Eichungsdiagrammes zeigt Abb. 4.

Bis jetzt wurde auf die Solenoidwirkung von Oberleitung und Schienen keine Rücksicht genommen. Wenn es sich um eine Anlage mit obenhängendem Kontaktdraht handelt, wirkt ja dieser zusammen mit der Rückleitung durch die Schienen wie ein großes Solenoid, das das Resultat fälschen kann. Deshalb muß untersucht werden, inwieweit eine Korrektur für diese Störung eingeführt werden muß, was folgendermaßen geschehen kann. Man wählt eine Strecke der Bahn aus, auf der man sicher ist,

[1] P. McCollum, El. Railway Journ. Bd. 58, S. 809.

daß keine Erdströme entstehen können. Zu diesem Zweck soll man sich überzeugen, daß keine Rohre o. dgl. im Boden liegen und ferner soll auch die Beschaffenheit des Erdbodens die Möglichkeit der Entstehung von Erdströmen ausschließen. Kann man eine solche Stelle nicht finden, so wird man zweckmäßig ein Modell der Bahn herstellen, indem man an einem in magnetischer Hinsicht ruhigen Platz in der Höhe der Fahrleitung einen Draht spannt und auf dem Boden eine Rückleitung anordnet. Dann macht man an verschiedenen Punkten senkrecht zu dieser Linie Messungen. In jedem Punkt stellt man das Instrument mit der Hauptrichtung parallel zur Leitung auf. Der Strom sei zuerst ausgeschaltet. Die Nadel wird in die Nullage gedreht. Der Strom wird eingeschaltet, die Nadel macht einen Ausschlag und dieser wird durch Drehung des Knopfes *c* wieder aufgehoben. Durch eine Reihe solcher Messungen erhält man ein „Störungsdiagramm" von einer Form ähnlich Abb. 5. Dieses Diagramm gibt die Störung an unter der Voraussetzung, daß die Meßrichtung mit der Leitung parallel ist. Wenn nachher in der Praxis die Meßrichtung von der Linienrichtung abweicht, werden die Störungswerte des Diagramms mit dem Kosinus des Abweichungswinkels multipliziert. Bei Messung in einer Richtung senkrecht zur Bahn verschwindet die Störung vollständig.

Die Störungseichung kann bei einem Instrument ein für allemal ausgeführt werden. Mißt man nachher in der Praxis mit anderen Stromstärken als bei der Eichung, so wird ja die Störung immer der jeweiligen Stromstärke proportional. Die Störung kann positiv oder negativ sein, worauf in jedem einzelnen Falle achtgegeben werden muß.

Bei praktischer Messung nach dieser Methode muß man an einer Bahnstrecke arbeiten, die beliebig stromlos oder stromführend gemacht werden kann. Es liegt im Wesen der Sache, daß die Arbeit deshalb vorzugsweise zur Nachtzeit ausgeführt werden muß. Dabei kann man zweckmäßig in folgender Weise verfahren. Ein Wagen mit einem geeigneten derart abgepaßten Belastungswiderstande, daß er die Stromstärke führen kann, bei welcher man die Messungen machen will (diese Stromstärke soll mit der normalen durchschnittlichen Stromstärke vergleichbar sein), wird an einer zweckmäßig gewählten Stelle der Bahn aufgestellt, so daß diejenige Gegend, für die Messungen ausgeführt werden sollen, zwischen dem Wagen und dem Elektrizitätswerk liegt. Die Messungen brauchen begreiflicherweise nicht bei normaler Betriebspannung vorgenommen werden sondern bei jeder beliebigen Spannung, welche zur Maschinenausrüstung des Werkes paßt.

Eine Person im Wagen oder im Werk schaltet dann zu bestimmten Zeiten den Strom ein und aus und eine andere Person geht inzwischen mit dem Instrument von der einen Meßstelle zur andern. Wenn die Meßstellen nicht zu weit voneinander liegen, pflegt eine Zeit der Stromlosigkeit von 6...7 min bei 3...4 min Strom genügend zu sein. Die Person, die die Messungen ausführt, muß selbstverständlich darauf achtgeben, daß sie nicht unabsichtlich zu Störungen Veranlassung gibt. Deshalb muß der Betreffende aus seinen Taschen alle größeren Gegenstände aus Eisen und Stahl, wie Messer, Schlüssel u. dgl. entfernen. Auch eine etwa mitgebrachte Taschenlampe muß beachtet werden.

Unter den die Genauigkeit der Meßmethode beschränkenden Umständen wird besonders die Schwierigkeit hervorgehoben, die Tiefe des zu messenden Stromes zu bestimmen. Wird der in einem in der Erde verlegten Rohre o. dgl. fließende Strom gemessen, so kann ja im allgemeinen die Tiefenlage leicht bestimmt werden. Das ist schwieriger, wenn ein im Erdreich selbst fließender Strom zu messen ist. Gewöhnlich handelt es sich indessen darum, die Stromverhältnisse in solchen Punkten zu untersuchen, die in der Nähe von Rohren, Leitungen u. dgl. liegen, und man darf nach Meinung des Verfassers in solchen Fällen für die Stromresultante mit einer Tiefenlage von etwas mehr als der des Rohres rechnen. Die Feuchtigkeit des Erdreichs nimmt ja im allgemeinen mit der Tiefe zu und im Hinblick darauf darf man wohl annehmen, daß ein elektrischer Strom im allgemeinen schräg nach unten in die Erde verschwindet.

Gleichfalls muß damit gerechnet werden, daß die Strombahn bisweilen als ausgebreitet gedacht werden kann, d. h. nicht auf eine Linie konzentriert (vgl. Abb. 6). *M* sei der Platz des Instrumentes, *a*, *b* und *c* seien Stellen von Stromelementen. Der Strom durchsetzt die Papierfläche senkrecht. Die Stromelemente seien alle von derselben Größe und gehen alle in derselben Richtung. Man findet dann, daß ein Stromelement *c* in einem Abstand $ac = 2\,aM$ eine Horizontalkomponente besitzt, die nicht größer als 8 % von *a* ist. Die beiden Stromelemente *c* haben also zusammen eine Horizontalkomponente von rd. 16 % von *a*.

Da keine der bekannten Methoden zur Messung von Erdströmen selbst näherungsweise auf eine Genauigkeit von 16 % Anspruch machen kann, braucht man bei Messung im Punkte *M* die Einwirkung von Stromelementen außerhalb *c* auf das Instrument nicht in Betracht zu ziehen. Ein auf diese Weise verteilt fließender Strom hat eine Horizontaleinwirkung auf die Instrumentennadel von ungefähr ⅕ derjenigen, die er haben würde, wenn er auf die Stelle *a* konzentriert wäre. Die Gewißheit über die Größe des Erdstromes kann also als ziemlich gering erscheinen. Aber wenn man bedenkt, daß ein Strom geringer Stromdichte weniger gefährlich als ein konzentrierter Strom ist, so scheint doch die Methode geeignet zu sein, Antwort auf die Frage zu geben: Ist hier Gefahr vorhanden oder nicht?

Handelt es sich darum, fehlende Strommengen zu suchen, wenn man sich z. B. überzeugen will, welche Wege ein gewisser Teil des Stromes bei seinem Rückfluß nimmt, falls das Instrument in der ausgehenden Leitung eine höhere Stromstärke anzeigt als in den Schienen, wenn also die wirkliche Größe des Erdstromes von Interesse ist, so kann man durch Messungen in dicht beieinander liegenden Punkten untersuchen, wie breit das Stromgebiet ist, und hieraus die wirkliche Stromstärke berechnen.

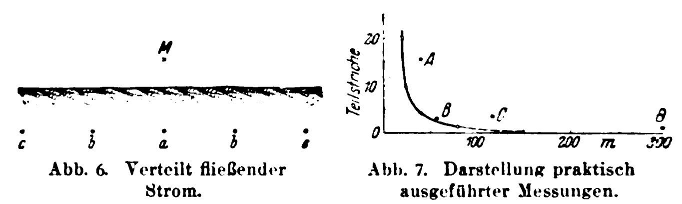


Abb. 6. Verteilt fließender Strom.

Abb. 7. Darstellung praktisch ausgeführter Messungen.

Die drei zuerst beschriebenen älteren Methoden haben alle den großen Nachteil, daß sie ein Aufgraben des Bodens an der Stelle der Messung voraussetzen. Jedem, der sich mit Messungen von Erdwiderständen beschäftigt hat, kann es nicht entgangen sein, in welch hohem Grade solche Erdwiderstände durch Verlagerung der Erdmasse und Änderung der Feuchtigkeitsgrade beeinflußt werden. Ist die Erdmasse um eine Elektrode mehr oder weniger hart gepackt oder mehr oder weniger feucht, kann der Widerstand in der Erdmasse zwischen sehr weiten Grenzen schwanken. Besonders die mit zwei Hilfselektroden arbeitende Methode muß aus diesem Grunde mit großer Vorsicht benutzt werden. Die ersterwähnte Methode — Messung des Spannungsabfalles in Rohren — hat außerdem den Nachteil, daß man niemals sicher ist, ob das Rohr in verschiedenen Längen auch den gleichen Querschnitt hat. Durch Abrosten wird, besonders dort beachtenswert, wo Elektrolyse vorkommt, der Querschnitt in einer völlig unkontrollierbaren Weise beeinflußt. Wenn es sich übrigens nur darum handelt, die Stromstärke in einem Rohr zu bestimmen, dessen Tiefe unter der Erdoberfläche bekannt ist, dürften die Fehler bei Verwendung der Torsionsbussole unbedeutend werden. Die dritte Methode stützt sich auf die Annahme, daß der Stromabfluß aus einem Rohre o. dgl. nach allen Richtungen gleichförmig stattfindet; diese Annahme erscheint indessen kaum genügend begründet.

Aus oben schon erwähnten Ursachen glaubt der Verfasser, daß ein Strom von einem in der Erde eingebetteten Leiter schräg nach unten verschwindet und daß die Stromableitung nach oben verhältnismäßig gering ist. Dazu kommt noch, daß der Boden oberhalb des Rohres einmal aufgegraben und wieder zugefüllt worden ist und deshalb andere Homogenität und Packungsgrad besitzt als die übrige Erdmasse. Die Leitungsverhältnisse werden deshalb vermutlich so unsicher und ungleichartig sein, daß man kaum von einem Falle auf den anderen schließen darf. Überdies kann man beim Andrücken des Kontaktsystemes gegen die Brunnenwand zufälligerweise ein Kontaktstück gegen einen Stein o. dgl. ansetzen; was wird dann aus dem Meßresultat?

Die angeführten Gründe sprechen dafür, daß keine der bekannten Methoden die Größe von Erdströmen einwandfrei anzugeben vermag, auch nicht die vom Verfasser vorgeschlagene. Aber diese letztere scheint doch in mehreren Punkten gegenüber den anderen Methoden beachtenswerte Vorteile zu bieten, besonders darin, daß sie das Ausführen von Messungen ohne Grabung gestattet.

Nach dieser Methode sind schon vielversprechende Versuche ausgeführt worden. Die Leitung der Stock-

holmer Straßenbahnen stellte seinerzeit dem Verfasser einen Wagen mit einem Belastungswiderstand zur Verfügung, der bei normaler Betriebspannung rd. 240 A aufnahm. Die Messungen wurden dann vom Verfasser zusammen mit dem Maschineningenieur der Straßenbahnen ausgeführt, u. zw. bei einer Vorortbahn, deren Verkehr während jeder Nacht einige Stunden ruht. Aus dem Diagramm Abb. 7 ist das Resultat einer Reihe solcher Messungen ersichtlich.

Zuerst wurde die „Störungskurve" aufgenommen. Dann wurden an gewissen Punkten, wo man Schleichströme oder Ströme in Rohren befürchten konnte, neue Messungen ausgeführt. Die Messungen fanden alle bei ein und derselben Stromstärke statt, und die in gewissen Punkten (*A*, *C*, *D*) gefundenen Abweichungen von der „Störungskurve" kann man nur auf das Vorhandensein von Erdströmen zurückführen.

Dem Verfasser ist natürlich die darin liegende Beschränkung seiner Methode bewußt, daß die Arbeit nur an Strecken, die beliebig unter Strom gesetzt und ausgeschaltet werden können, durchführbar ist. Da aber diese Vorbedingung insbesondere bei kleineren Straßenbahnanlagen erfüllt ist, scheint ihm unter den anderen Meßmethoden auch die neue, oben beschriebene einen Platz zu verdienen. Das Verfahren erhebt nicht den Anspruch, bereits in allen denkbaren Einzelheiten fertig zu sein, und der Verfasser ladet jeden ein, die Methode zu benutzen und weiter zu vervollkommnen.

Beitrag zum Ölschalterproblem*.

Von C. Cippitelli und O. Schwenk, Frankfurt a. M.

Übersicht. **Die Prüfung von Ölschaltern in einer Hochleistungs-Prüfanlage läßt die Eignung eines Ölschalters erkennen. Ein einwandfreieres Bild der Prüfung der Kontakte eines Ölschalters ergibt jedoch die Untersuchung mit einem Hochstromtransformator, da sowohl in Öl als auch außer Öl das Verhalten der Kontakte beim Einschalten, in eingeschaltetem Zustande und beim Ausschalten beobachtet werden kann.**

In letzter Zeit kann man eine Häufung von Vorträgen und Abhandlungen beobachten, die sich mit dem Problem des Ölschalters beschäftigen. Das ist hauptsächlich dadurch erklärlich, daß man mehr als bisher gezwungen ist, die Ausschaltleistung eines Ölschalters mit seinem Preis in Einklang zu bringen.

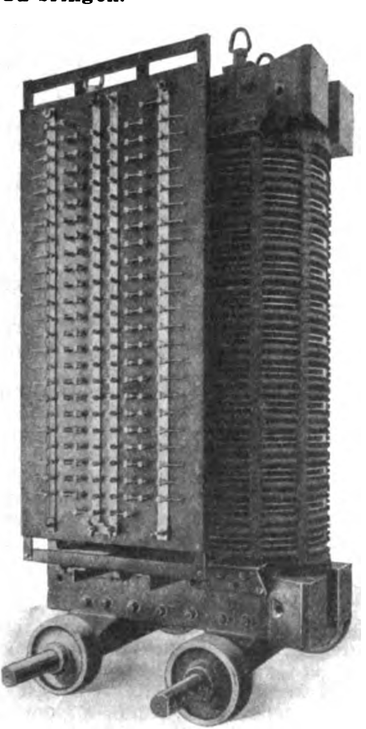


Abb. 1. Hochstromtransformator. Oberspannungsanschluß.

Sowohl in den Vorträgen K e s s e l r i n g s[1] als auch in den Abhandlungen von B i e r m a n n s[2] wird die Brauchbarkeit eines Ölschalters lediglich nach seinem Verhalten bei der Prüfung in der Kurzschlußversuchsanlage beurteilt. Das Stoßkurzschlußverfahren zu Ölschalterprüfungen gibt naturgemäß Aufschluß über die Eignung einer Ölschaltertype bei bestimmten Kurzschlußleistungen. Übersteht der Ölschalter die Proben, so ist er geeignet; geht er bei den Proben zu Bruch, so weiß der Konstrukteur nicht recht, welche Änderungen eigentlich am Ölschalter vorzunehmen sind. Das Verfahren der Stoßkurzschlußprüfung läßt also in nicht genügend einwandfreier Weise den eigentlichen Fehler der Schalterkonstruktion erkennen. Beispielsweise könnte mit einer Änderung der Kontakte des Ölschalters ein brauchbarer Schalter gewonnen werden. Ohne den Wert einer Stoßkurzschlußanlage als letzte Prüfung eines Ölschalters zu verkennen, sollte doch nicht auf einfachere und für manche Fälle zweckmäßigere Methoden verzichtet werden.

In seinem Aufsatz über die Hochleistungs-Prüfanlage der ACE in Delle[3] beschreibt H e u s s e r im letzten Abschnitt einen Hochstromtransformator, dem zu elektrodynamischen Versuchen 100 000 A für 20 s entnommen werden können. Die Firma V & H hat einen ähnlichen Hochstromtransformator seit Dezember 1928 in Betrieb, der in der verhältnismäßig kurzen Betriebszeit sehr wertvolle Richtlinien für den Bau von Ölschaltern ergeben hat. Der Hochstromtransformator, den die Abb. 1 und 2 zeigen, hat eine Dauerleistung von 1250 kVA. Auf der Oberspannungseite wird er mit 5000 V gespeist. Unterspannungsseitig lassen sich effektiv 100 000 A dauernd erzielen.

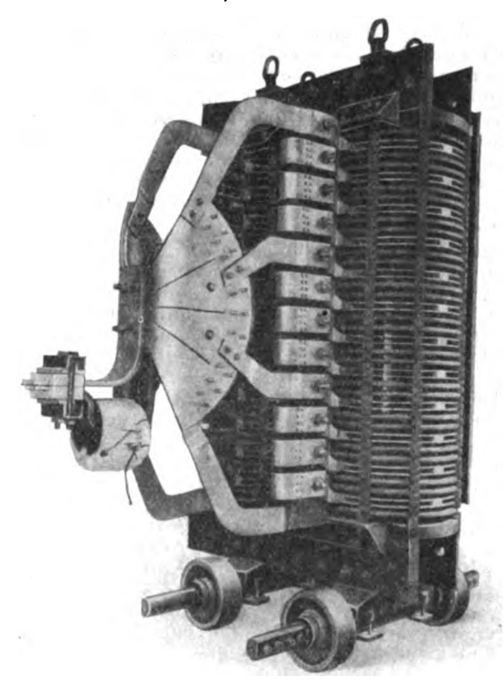


Abb. 2. Hochstromtransformator. Unterspannungsanschluß.

Bei der Bestimmung der Schaltarbeit wird von der Lichtbogenlänge und der Lichtbogendauer ausgegangen. Naturgemäß lassen sich diese beiden Größen und der Einfluß einzelner Faktoren auf die Lichtbogenlänge, wie Spannung, Schaltgeschwindigkeit u. dgl. nicht durch Schaltversuche mit einem Hochstromtransformator feststellen. Will man dagegen das Verhalten der Ölschalterkontakte bei höheren Stromstärken kennenlernen, so gibt der Versuch mit einem Hochstromtransformator ein wesentlich besseres Bild.

---

* Eingeg. am 24. VII. 1929.

[1] K e s s e l r i n g, VDE-Fachberichte-Heft 1928, S. 51. — Vortrag im Elektrotechnischen Verein am 18. XII. 1928, vgl. ETZ 1929, S. 1005 u. 1309.

[2] B i e r m a n n s, ETZ 1927, S. 1137, 1181 u. 1711. — S. a. ETZ 1929, S. 1073 u. 1114. (D. S.)

[3] H e u s s e r, Bull. SEV Bd. 20, S. 125. — Vgl. a. A. R o t h, ETZ 1929, S. 679.



Für die Kontakte eines Ölschalters tritt eine Beanspruchung nicht nur in dem Augenblick auf, in dem die Kontakte sich voneinander zu entfernen beginnen. Im Augenblick des Kurzschlusses, in dem die höchste Stromstärke auftritt und der Ölschalter noch völlig eingeschaltet ist, treten schon die kontaktabhebenden Kräfte auf, die zur Zerstörung des Ölschalters führen können, ehe er seine eigentliche Aufgabe begonnen hat. Ebenso können beim Einschalten eines Ölschalters auf bestehenden Kurzschluß die Kontaktabhebungskräfte zum Verschweißen einzelner Kontakte und nachfolgend zur Zerstörung des Schalters führen.

Die Kontaktabhebungskräfte können zwei Ursachen haben. Kopeliowitsch[4] führt sie hauptsächlich darauf zurück, daß infolge punktförmiger Berührung eine starke Stromkonzentration und eine große magnetische Feldstärke an der Stromübergangsstelle auftreten. Infolge des schleifenförmigen Stromverlaufs treten abstoßende Kräfte zwischen den beiden Schalterstücken auf. Der zweiten Ursache, dem elektrodynamischen Flüssigkeitsdruck thermischen Ursprungs, der beim Auftreten eines Lichtbogens durch die entwickelten Gase und Metalldämpfe hervorgerufen wird, mißt Kopeliowitsch geringeren Einfluß auf die Kontaktabhebungskräfte bei. Kesselring[5] glaubt auf Grund seiner Versuche die Ursache der Kontaktabhebung vorwiegend im elektrodynamischen Flüssigkeitsdruck suchen zu müssen. Wir möchten uns auf Grund unserer Versuche ebenfalls dieser Anschauung anschließen.

Um das Verhalten bestimmter Kontaktanordnungen bei höheren Strömen kennenzulernen, wird so verfahren, daß der Hochstromtransformator mit durch den Versuchsschalter kurzgeschlossener Sekundärwicklung zugeschaltet wird. Die Untersuchung wird vorgenommen sowohl mit Kontakten im Öl als auch außer Öl. Dabei wird die Stromstärke von Versuch zu Versuch gesteigert, bis diejenige Stromstärke festgestellt ist, die der Ölschalter gerade noch auszuhalten imstande ist, ohne daß durch die Kontaktabhebungskraft veranlaßtes Vibrieren seiner Kontakte einsetzt. Wichtig ist dabei noch die Zeit, in der eine Kontaktanordnung diesem Strom ausgesetzt ist. Bis zu einem bestimmten Strom läßt sich überhaupt kein Vibrieren beobachten. Ein über diesen Wert gesteigerter Strom wird noch eine gewisse Zeit ausgehalten. Mittels der bei Versuchen gewonnenen Strom- und Zeitwerte läßt sich unter Zugrundelegung bekannter Kurven für den Verlauf des plötzlichen Kurzschlußstromes ermessen, für welchen Stoßkurzschlußstrom die Kontaktanordnung zulässig ist.

Weiter wird der Ölschalter bei erregtem Hochstromtransformator eingeschaltet und wieder die Stromstärke gemessen, bei der der Schalter sich von Hand bzw. mit seinem Antrieb einschalten läßt, ohne festzuschweißen. Hierbei möge auf die von verschiedenen Seiten gestellte Forderung hingewiesen werden, Hochleistungsschalter nicht mit Handantrieb sondern nur mit selbsttätigem Antrieb auszurüsten[6].

Bei derartigen Versuchen wurde beispielsweise gefunden, daß Fingerkontakte normaler Ausführung und Kontaktpressung etwa 25 000 A aushalten können, ohne zu vibrieren. Bisher war es üblich, für eine Schaltertype eine gewisse Ausschaltleistung unabhängig von ihrer Nennstromstärke anzugeben. Außerdem war nicht Rücksicht darauf genommen, für welche Betriebsspannung ein Ölschalter einer bestimmten Reihe Verwendung findet. Betrachtet sei ein 350 A-Ölschalter der Reihe 10, dessen Ausschaltleistung mit 300 MVA angegeben ist, in seiner Verwendung bei 6 kV und 10 kV. Der Ölschalter besitze eine Kontaktanordnung, die imstande ist, 20 000 A zu vertragen ohne zu vibrieren. Wird der Schalter bei 6 kV eingebaut, so müßte mit Rücksicht auf die Kontakte seine Ausschaltleistung herabgesetzt werden. Es wäre daher neben der Angabe der Ausschaltleistung die Angabe desjenigen Stromes, den der Ölschalter verträgt, ohne daß seine Kontakte vibrieren, zweckmäßig.

Von den Elektrizitätswerken werden neuerdings die an die Ausschaltleistung der Ölschalter gestellten Forderungen teilweise übertrieben. Bei der noch herrschenden Unklarheit im Verhalten eines Ölschalters bei schweren Kurzschlüssen ist es ein leichtes, durch entsprechende Propaganda die Elektrizitätswerke nervös und unsicher zu machen.

Von einem außerdeutschen Elektrizitätswerk werden beispielsweise für eine 10 kV-Anlage Dreikesselölschalter für eine Nennspannung von 35 kV gefordert, mit einer Ausschaltleistung von 330 MVA je Pol nach den Richtlinien des Schweizer. Elektrot. Vereins (nach R.E.H. wird die geforderte Ausschaltleistung noch höher). Diese Ölschalter sollen mindestens viermal nacheinander auf bestehenden Kurzschluß mit 100 000 A Spitzenwert zugeschaltet werden und unmittelbar darauf den Kurzschluß abschalten können. Dabei soll der Schalter betriebsfähig bleiben, seine Kontakte sollen durch Befeilen wieder völlig gebrauchsfähig gemacht werden können. Weiter wird von den Ölschaltern gefordert, daß sie zehnmal nacheinander auf bestehenden Kurzschluß mit 100 000 A Spitzenwert zugeschaltet werden können und danach noch betriebsfähig bleiben. Der Ölkessel soll einem Überdruck von 20 at standhalten.

Die Zentralen-Stoßkurzschlußleistung kommt als Abschaltleistung für einen Ölschalter nie in Frage, da die Abschaltung eines Kurzschlusses stets mit Zeitverzögerung erfolgt. Der Stoßkurzschlußstrom klingt aber in 0,5 s auf etwa 50 % seines Wertes ab. Ferner werden in neueren Anlagen in den meisten Fällen Stromregler eingebaut sein, die ihrerseits den Dauerkurzschlußstrom auf den 1,4fachen Wert des Normalstromes der Maschine herunterregeln. Die schwerste Beanspruchung für einen Ölschalter ist zweifellos das Zuschalten des Ölschalters auf bestehenden Kurzschluß. Kesselring zeigte in seinem Vortrag die von den SSW gewählte Ausbildung des Drauf-Schalters in der Siemens-Kurzschlußversuchsanlage. Der Drauf-Schalter besteht aus einem Hochleistungsschalter mit Vorkontakten. Als Vorstufe dient ein Wasserwiderstand. Das Einschalten geht so vor sich, daß der Hochleistungsschalter auf den Vorkontakten so lange stehen bleibt, bis der Wasserwiderstand voll eingeschaltet ist. Die Widerstandsverringerung des Wasserwiderstandes erfolgt mit einer Geschwindigkeit, die wenig unter Ölschalter-Schaltgeschwindigkeit liegt. Ist der Wasserwiderstand kurzgeschlossen, so überbrückt der Hochleistungsschalter mit seinen Hauptkontakten den Widerstand. Der Einschaltvorgang auf Kurzschluß ist also weniger eine Frage der Ölschalter-Ausschaltleistung, hier ist weit mehr das Verhalten der Ölschalterkontakte maßgebend. Es liegt nahe, als Drauf-Schalter einen Luftschalter mit stabilen Kontakten zu verwenden, der mit großer Geschwindigkeit eingeschaltet wird. Verschiedentlich ist von dieser Ausführung Gebrauch gemacht. Zu Abschaltungen kann naturgemäß dieser Schalter nicht benutzt werden.

Interessant ist, daß man nicht normale Hochleistungsschalter als Drauf-Schalter verwendet. Daraus muß man folgern, daß die Beanspruchung in den Hochleistungsprüffeldern bedeutend schärfer als in der Praxis ist.

Bei einem Ölschalter mit unzulänglicher Kontaktanordnung werden die Kontakte den beim Schalten auf Kurzschluß auftretenden Strom nicht beherrschen können. Beim Berühren der Schaltstücke wird infolge der hohen Stromdichte, veranlaßt durch die geringe Berührungsfläche der Kontakte, das Metall schmelzen und die Schaltstücke verschweißen. Diese Verschweißung braucht nicht eine völlige Ölschalterzerstörung zur Folge haben. Verschweißen aus irgendeinem Grunde nicht alle vom Kurzschlußstrom durchflossenen Schaltstücke sondern bleibt an einem Pol ein Lichtbogen stehen, so wird der unter Öl brennende Lichtbogen eine Ölschalterexplosion im Gefolge haben. Hierbei ist es natürlich gleichgültig, ob sich die Kontaktanordnung in einer Löschkammer befindet oder nicht.

Selten wird der Fall eintreten, daß die Ausschaltfedern des Ölschalters imstande sind, ihn trotz Verschweißung der Kontakte zur Ausschaltung zu bringen, vorausgesetzt, daß die Verklinkung nicht voll zum Eingriff gekommen war. Der Schalter wird hier seine höchstmögliche Beanspruchung erfahren, da der Ausschaltvorgang mit äußerst geringer Ausschaltgeschwindigkeit vor sich geht, weil der Schalter nicht zum vollen Eingriff gekommen war und der Weg innerhalb der Kontakte fortfällt.

Bei der Wahl der Nennstromstärke eines Ölschalters sollte man sich daher nicht allzu sehr nach der Betriebsstromstärke des Abzweiges richten. Es ist nicht angängig, daß man einer Anlage mit hoher Kurzschlußstromstärke einen Schalter kleiner Nenstromstärke einordnet, der infolge zu schwacher Bemessung seiner Kontaktanordnung einfach nicht imstande ist, den auftretenden Strömen standzuhalten.

Beim Versuch mit einem Hochstromtransformator läßt sich das Verhalten der Kontakte in Luft ebensogut untersuchen wie in Öl. Bewältigt der Ölschalter das Einschalten einer bestimmten Stromstärke, so bietet er die Gewähr dafür, daß er auch im Ernstfall die gleiche Stromstärke beherrschen wird.

[4] Kopeliowitsch, Bull. SEV Bd. 19, S. 541.
[5] Wie Fußnote 1.
[6] Wie Fußnote 2.

Berechnung des Durchhanges und der Beanspruchung von Freileitungen.

Von **Edmond Regli,** Clyde b. Sydney (Australien).

Übersicht. Der vorliegende Aufsatz bildet eine Vervollständigung früherer Arbeiten des Verfassers. Es handelt sich um geometrische Eigenschaften der Kettenlinie und eine Methode zur Berechnung der Durchhänge und Züge mit genauen aber möglichst einfachen Ausdrücken. Diese Methode ist mit Vorteil nur bei extremen Fällen anzuwenden. Der Grundgedanke beruht auf der bekannten Eigenschaft der unter sich ähnlichen Kettenlinien.

Die nachstehenden Ausführungen schließen sich an den in der ETZ 1929, S. 702, veröffentlichten „Brief an die Schriftleitung" an und bilden die Erweiterung eines früher erschienenen Aufsatzes[1], über den in der ETZ ausführlich berichtet wurde. Auf diese früheren Arbeiten muß auch bezuglich der benutzten Formelzeichen verwiesen werden, soweit sie nicht aus Abb. 1 hervorgehen.

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, daß die Probleme der Freileitungen ohne Annäherung gelöst werden können. Manche Ingenieure haben diesen guten Weg eingeschlagen und sich doch am Schlusse wieder ins alte Fahrwasser der Annäherungen zurückreißen lassen. Ich möchte hier der Kürze halber keine der früheren Theorien anfechten sondern nur meine eigenen Ziele zur Veröffentlichung bringen. — Die allgemeine Lösung des Freileitungsproblems ist eine vieldeutige, was vom Argument x/a herrührt. Mit Hilfe der Ähnlichkeit ist aber die vieldeutige Aufgabe auf die Eindeutigkeit zurückgeführt worden. Dazu ist das Gesetz der Zurückführung auf den symmetrischen Fall von großem Nutzen geworden. Von Wichtigkeit ist dabei die Kurve $l_0 = f(a_0)$ für $x_0 =$ konst., sie ist sogar unentbehrlich. Was den Einfluß der Abspannketten anbelangt, so sind meine Untersuchungen leider nicht so weit vorgedrungen, um meine Berechnungsart auch auf diesen Fall in Anwendung zu bringen.

Die Durchhangsformel.

Sie ist auf folgende Art entstanden: Läßt man eine Sekante derart an einer Kettenlinie entlanggleiten, daß die Abszissendifferenz der Schnittpunkte konstant bleibt, so umhüllen sämtliche Sekanten eine Kurve, die wir die Durchhangskurve nennen wollen. Ich unterlasse die mathematische Entwicklung und nenne nur die Schlußformel:

$$f = \frac{a}{\cos\alpha}\left[\mathfrak{Cof}\,\frac{d}{2\,a} - 1\right].$$

Um aus dem Gebiete der transzendenten Gleichungen zu kommen, habe ich den Wert x aus $\mathfrak{Cof}\,\frac{x}{a}$, welcher dem Berührungspunkt der Tangente an die Kettenlinie entspricht, durch die Werte

$$x_1 = \frac{2\,x - d}{2}\,, \qquad x_2 = \frac{2\,x + d}{2}$$

ersetzt. Dieser Eingriff hat mich aus dem Gebiete der transzendenten Gleichungen herausgebracht. Am Schluß habe ich die Vereinfachung $\frac{x_1 + x_2}{2}$ durch den zugehörigen Wert von x ersetzt. Ob dies nun streng mathematisch richtig ist, überlasse ich zur Beurteilung dem Mathematiker. Als Ingenieure sind wir oft genötigt, solche Maßnahmen zu ergreifen, um allzu komplizierte Gleichungen und Resultate zu vermeiden. Inwiefern die gemachte Annäherung berechtigt ist, zeigt nachstehende Zahlentafel 1 eines durchgerechneten Falles.

Zahlentafel 1.

a	d	h	x_1	x_2	$\frac{x_1 + x_2}{2}$	x	Fehler %
100	300	150	− 115,38	+ 184,62	34,62	48,11	28,100
250	300	150	− 36,17	263,83	113,83	120,58	4,98
500	300	150	+ 87,27	387,27	237,27	240,58	1,38
750	300	150	208,71	508,71	358,71	360,87	0,584
1000	300	150	329,61	629,61	479,61	481,17	0,288
1250	300	150	450,25	750,25	600,25	601,46	0,201

[1] E. Regli, Bull. SEV Bd. 15, S. 283; Referat in ETZ 1925, S. 1225.

Einfluß der Zustandsänderung auf die Koordinaten der Aufhängepunkte.

Betrachten wir einen allgemeinen Fall, in dem die Punkte auf ungleicher Höhe liegen (Abb. 1). Die Ursache einer Änderung des Parameters sind die Temperaturänderungen und Zusatzlasten. Wir wollen uns hier nicht darum kümmern, wie die Änderung erfolgt, sondern setzen voraus, daß eine Zustandsänderung irgendeiner Art eintritt. Für einen gegebenen Fall bleiben folgende Werte konstant: Abstand d, Überhöhung h und die Differenz der Züge. Für einen Zustand haben wir folgende Werte:

$$d,\; h,\; a_1,\; x_1,\; x_2,\; y_1,\; y_2,\; \overline{l_1},$$

für einen neuen Zustand haben wir

$$d,\; h,\; a_2,\; x_1',\; x_2',\; y_1'',\; y_2'',\; \overline{l_2}.$$

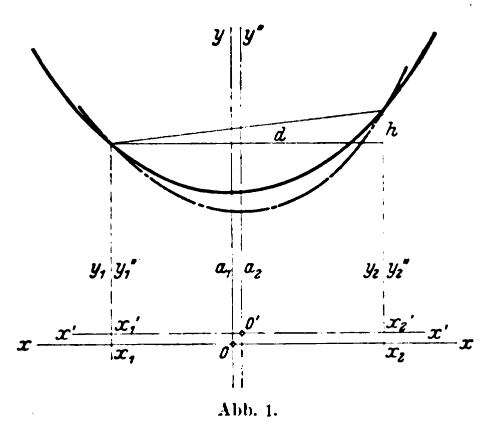


Abb. 1.

Für die Werte l und h setzen wir deren hyperbolische Funktionen ein. Wir erhalten damit zwei Gruppen von Gleichungen, welche sich durch einen neuen Parameter unterscheiden; die Gleichung der Bogenlänge des neuen Zustandes ist mit einem Faktor c multipliziert, dem Faktor der Verlängerung oder der Verkürzung, je nach der Änderung des Zustandes.

$$h = y_2 - y_1 = 2\,a_1\,\mathfrak{Sin}\,\frac{2\,x_1 + d}{2\,a_1}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a_1}$$

$$= y_2'' - y_1'' = 2\,a_2\,\mathfrak{Sin}\,\frac{2\,x_1' + d}{2\,a_2}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a_2}$$

$$\overline{l_1} = (l_2 - l_1) = 2\,a_1\,\mathfrak{Cof}\,\frac{2\,x_1 + d}{2\,a_1}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a_2}\,.$$

Die Bogenlänge des Zustandes 2 ist

$$\overline{l_2'} = (l_2' - l_1') = c\,(l_2 - l_1) = 2\,c\,a_2\,\mathfrak{Cof}\,\frac{2\,x_1' + d}{2\,a_2}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a_2}\,,$$

es ist somit

$$\overline{l_2'} = c\,\overline{l_1} = 2\,c\,a_2\,\mathfrak{Cof}\,\frac{2\,x_1' + d}{2\,a_2}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a_2}\,.$$

Stellen wir das Verhältnis $\frac{a_1}{a_2}$ sowohl für die Werte von h als auch für die Bogenlängen auf und setzen die erhaltenen Gleichungen einander gleich, so ergibt sich nach einigen Veränderungen

$$\mathfrak{Tg}\,\frac{2\,x_1' + d}{2\,a_2} = c\,\mathfrak{Tg}\,\frac{2\,x_1 + d}{2\,a_1}\,.$$

Dieses Resultat gibt uns Aufschluß über die Veränderungen der Koordinaten, d. h., daß der Tangens hyp. eines Zustandes gleich ist dem Tangens hyp. des andern, multipliziert mit dem Faktor der Zustandsänderung. Der Ausgangszustand multipliziert mit dem Faktor ergibt den neuen Zustand. Das Resultat ist aber auch hier vieldeutig, denn wir erhalten nur ein Verhältnis der Werte x_1' und a_2. Wir lesen aber aus der Formel ab, daß eine Lagenveränderung der Aufhängepunkte in bezug auf den Koordinatenursprung erfolgt.

Bei einer Temperaturerhöhung wird die Bogenlänge größer, der Parameter kleiner, somit der Fall günstiger, bei Erniedrigung ungünstiger. Im ersten Fall wird der Durchhang von entscheidender Natur sein, im zweiten Fall

der Zug im oberen Aufhängepunkt. Wenn mit Zusatzlasten gerechnet werden muß, so wird natürlich die Art der Belastung von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Reduktion des unsymmetrischen Falles auf einen symmetrischen.

Die Kettenlinie, die an und für sich eine komplizierte Kurve ist, hat aber äußerst wertvolle Eigenschaften, die das Rechnen erleichtern. Die Ähnlichkeit aller Kettenlinien unter sich überwindet manche Schwierigkeit, wie der Leser in meiner ersten Arbeit finden wird. Eine vollständige Lösung des Freileitungsproblems scheint bis jetzt ohne die Kurve $l_0 = f(a_0)$ für konstantes x_0 nicht möglich zu sein. Die Schwierigkeit der Lösung eines unsymmetrischen Falles würde groß sein, wäre die Reduktion auf einen symmetrischen Fall nicht möglich. Um zu diesem Ziele zu gelangen, müssen wir folgendermaßen vorgehen:

Es ist

$$h = y_2 - y_1 = 2\,a\,\mathfrak{Sin}\,\frac{2\,x_1 + d}{2\,a}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a}$$

und

$$\overline{l_1} = l_2 - l_1 = 2\,a\,\mathfrak{Cof}\,\frac{2\,x_1 + d}{2\,a}\,\mathfrak{Sin}\,\frac{d}{2\,a}\,.$$

Quadriert man beide Gleichungen und subtrahiert sie voneinander, so erhält man

$$\overline{l_1}^2 - h^2 = 4\,a^2\,\mathfrak{Sin}^2\,\frac{d}{2\,a}$$

$$\overline{l_1}^2 - h^2 = 4\,l_s^2\,.$$

l_s ist nichts anderes als die vom Scheitel gemessene Bogenlänge derselben Kettenlinie mit demselben Abstand d, wenn beide Aufhängepunkte gleich hoch liegen. Wir haben also den Fall auf einen leicht zu berechnenden zurückgeführt. Ich möchte die Leser auf einen wichtigen Punkt aufmerksam machen, der nicht übersehen werden darf. Die Berechnungen mit dem Rechenschieber sind unbrauchbar. Tafeln hyperbolischer Funktionen und Logarithmentafeln mit mindestens 5 Stellen sind hier zu gebrauchen. Der Grund liegt in der großen Änderung des Parameters bei nur kleinen Änderungen der Bogenlänge.

Um die Rechnungen weiter zu erleichtern, können wir folgendes schreiben:

Für den Ausgangszustand ist

$$h = \overline{l_1}\sin\beta_1\,,$$

für den neuen Zustand ist

$$h = \overline{l_2}\sin\beta_2\,;$$

da aber

$$\overline{l_2} = c\,\overline{l_1}\,,$$

wird

$$c = \frac{\sin\beta_1}{\sin\beta_2}\,.$$

Ferner ist

$$h = 2\,l_{s_1}\operatorname{tg}\beta_1 = 2\,l_{s_2}\operatorname{tg}\beta_2\,,$$

$$\frac{l_{s_1}}{l_{s_2}} = \frac{\operatorname{tg}\beta_2}{\operatorname{tg}\beta_1} = \frac{\sin\beta_2\cos\beta_1}{\sin\beta_1\cos\beta_2}\,.$$

Ersetzen wir den Quotienten der Sinusfunktionen durch $\frac{1}{c}$, so wird schließlich

$$l_{s_2} = l_{s_1}\,\frac{c\cos\beta_2}{\cos\beta_1} = l_{s_1}\,c_1.$$

Diese Resultate sind für die Bestimmung der neuen Parameter äußerst wichtig, sie sind geradezu die einzigen Auswege aus der Vieldeutigkeit der allgemeinen Lösungen. Man ist also nicht genötigt, alle Bogenlängen des zu berechnenden Falles zu ermitteln. Man ermittelt die Länge des Ausgangszustandes und reduziert auf den symmetrischen Fall. Mit den Werten c_1 findet man die zugehörigen Längen des symmetrischen Falles. Sind diese bestimmt, dann kann man mit dem Ähnlichkeitsprinzip mit Hilfe unserer Kurve $l_0 = f(a_0)$ für $x_0 =$ konst. die neuen Parameterwerte errechnen. Sind diese bestimmt, dann lassen sich alle andern Werte in ihrer Reihenfolge bestimmen.

In meiner ersten Arbeit im Bull. SEV[2] habe ich mit Hilfe des Ähnlichkeitssatzes die Parameterwerte direkt ermittelt. Diese Lösung muß aber etwas genauer definiert sein, was hier geschehen soll. — Wenn sich die Bogenlänge unter dem Einfluß von Temperatur und Zug um n % ändert, so ändert sich eine andere Bogenlänge [hier die Bogenlänge der Kurve $l_0 = f(a_0)$] unter gleichen Umständen ebenfalls um n %. Dieses Gesetz ist nur gültig für den symmetrischen Fall. Das Verhältnis der Bogenlängen bleibt ungestört, die Folge davon ist, daß auch das Verhältnis der entsprechenden Parameter unverändert bleibt. Sind die Werte von c_1 ermittelt und ist die Bogenlänge l_0 der Hilfskurve für den Ausgangszustand bestimmt, so hat man nur mit dem Wert von

$$c\,\frac{\cos\beta_2}{\cos\beta_1} = c_1$$

zu multiplizieren und kann alsdann die neuen Parameter a_0 ablesen und schließlich diese auf den gegebenen Fall reduzieren. Es ist also

$$l_{s_2} = l_{s_1}\,c_1 = l_{s_1}\,c\,\frac{\cos\beta_2}{\cos\beta_1}\,, \qquad \frac{l_{02}}{l_{01}} = \frac{l_{s_2}}{l_{s_1}}$$

$$\begin{array}{cc} \downarrow & \downarrow \\ a_{02} & a_{01} \\ \downarrow & \downarrow \\ l_{02} & l_{01} \\ \downarrow & \downarrow \\ a_2 & a_1 \end{array} \qquad \frac{a_{02}}{a_{01}} = \frac{a_2}{a_1}\,, \qquad a_2 = a_1\,\frac{a_{02}}{a_{01}}\,.$$

Der Faktor c.

Wir haben früher ausgeführt, daß der Faktor der Verkürzung oder Verlängerung von der Temperatur, dem Gewicht und der Zusatzlast abhängig ist. Wir haben ebenfalls betont, daß der Zug, hervorgerufen durch das Gewicht des Seiles, konstant bleibt. Dies ist dargestellt durch die bekannte Gleichung

$$c = \left(1 + \alpha\,(t_1 - t_0) + \frac{(p_2 - p_0) - (p_1 - p_0)}{E}\right).$$

Ohne Zusatzlast wird also dieser Teil des Faktors für alle Temperaturen mit dem gleichen Wert in Rechnung kommen. Er kann natürlich durch eine äquivalente Temperatur ersetzt werden:

$$\alpha\,\Delta\,T = \frac{(p_2 - p_0) - (p_1 - p_0)}{E}\,,$$

$$\Delta\,T = \frac{(p_2 - p_0) - (p_1 - p_0)}{\alpha\,E}\,.$$

Diese Temperatur wird immer positiv eingesetzt. Nehmen wir eine Temperatur von $-25°$, so wird der Faktor c nicht mit $-25°$ sondern mit einer kleineren Temperatur behaftet sein, nämlich

$$c = [1 + \alpha\,(-25° + \Delta\,T)]\,.$$

Die Anwendung dieser Methode auf die Leitung mit Hängisolatoren.

Man wird auf den ersten Blick einsehen können, daß die Lösung dieses Problems von komplizierter Natur ist. Ich möchte hier auf einen Artikel verweisen, der in der ETZ[3] ebenfalls auf das Ähnlichkeitsprinzip hinweist. Diese Arbeit ist besonders anzuführen, da sie wichtige Punkte in sich schließt. Die Berechnung der Auslenkung der Ketten für eine Leitung, welche nicht in gerader Linie liegt und deren Winkelmaste keine Abspannmaste sind, wird die Lösung noch weiter erschweren. Leider habe ich mich mit diesem Kapitel nicht mehr beschäftigen können. Die für die Berechnung notwendigen Kurven und Tafeln sind in meiner ersten Arbeit behandelt. Vor allem ist die Kurve der Funktion $l_0 = f(a_0)$ für $x_0 =$ konst. unvermeidlich. Die Kurve muß berechnet werden im Gebiete von $a_0 = 50$ bis $a_0 = 2000$ für $x_0 = 100$. Zur Berechnung dieser Kurve sind entweder Tafeln hyperbolischer Funktionen von mindestens 6 Stellen zu benutzen, oder man muß die unendlichen Reihen zu Hilfe nehmen. Die Tafeln hyperbolischer Funktionen, wie sie in der „Hütte" vorzufinden sind, können nicht verwendet werden. Zur schnellen und zweckmäßigen Annahme der Parameter für den Beginn der Berechnungen ist die Kettenlinienschar mit den Kurven gleicher Sicherheiten mit Vorteil anzuwenden[4].

---

[2] Wie Fußnote 1.

[3] O. Szilas, ETZ 1919, S. 466, 477, 493.

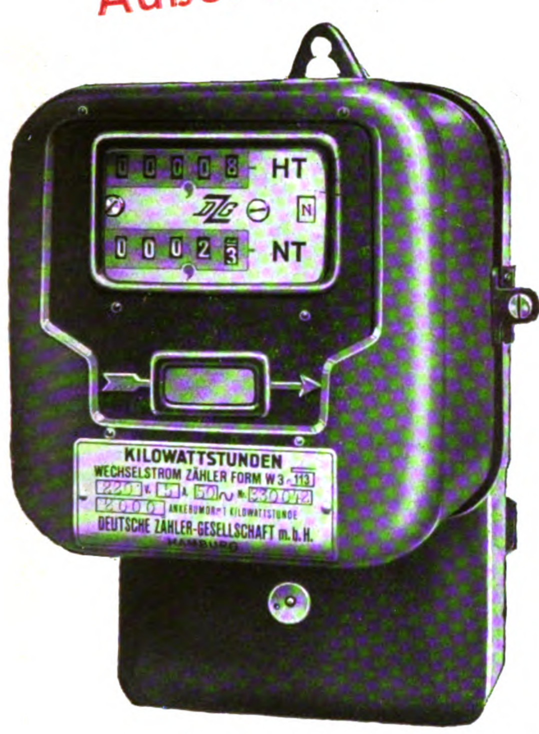
[4] Bull. SEV Bd. 15, S. 283. — Weitere Literatur: Bull. SEV Bd. 10, S. 159 u. 189; H. B. Dwight, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 45, S. 564.

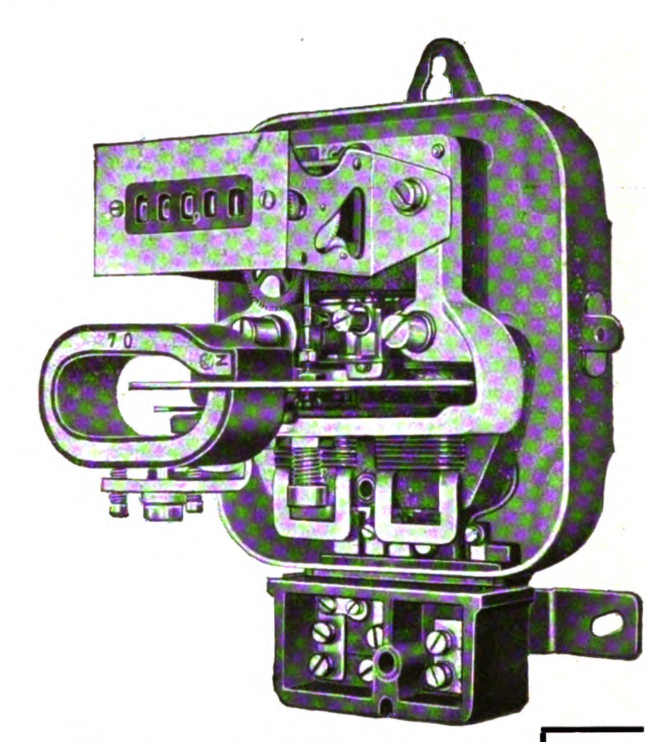
Deutsche Zähler-Gesellschaft m. b. H.



Hamburg 15
Spaldingstraße 210-212

Außer Kartell.





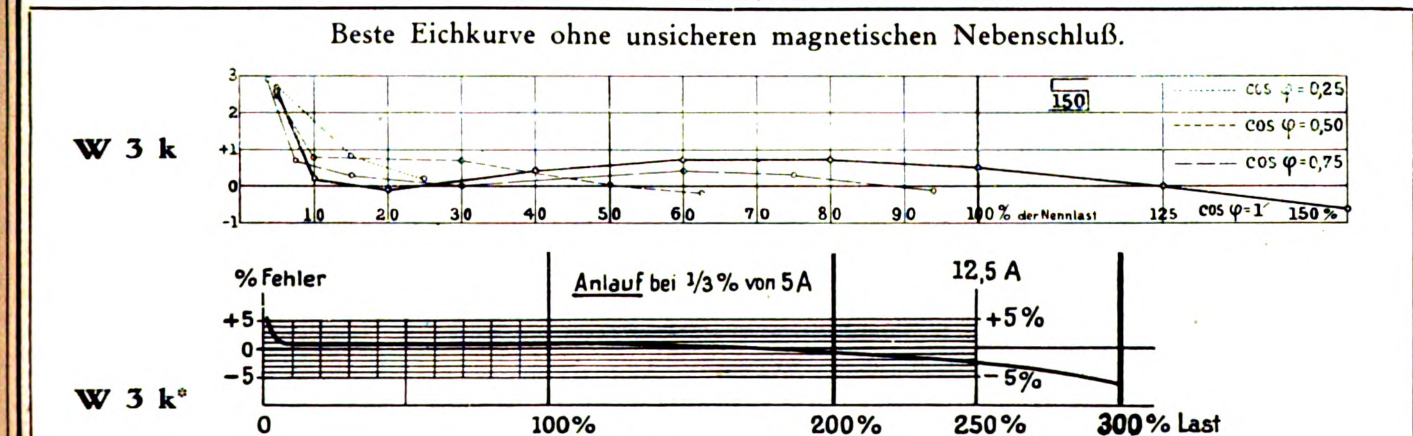
Einphasen-Wechselstromzähler

150

Form W 3 k, normale Ausführung, 3–20 A, 2 L, 100–250 V, 40–60 Per/sek
Form W 3 k*, mit höchstüberlastbaren Stromspulen, nur für 5 A.

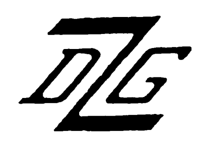
Die Vorzüge dieser Zähler sind kräftige Bauart, beste Eichkurve bei großer Überlastbarkeit und ihr selbständiges Rahmen-Motorsystem, das auf 3 Pfeilerträgern isoliert befestigt, und daher statisch unabhängig von der Grundplatte und zugleich blitzgeschützt ist. Innerhalb der praktischen Grenzen am unabhängigsten von schiefer Aufhängung.

Beste Eichkurve ohne unsicheren magnetischen Nebenschluß.

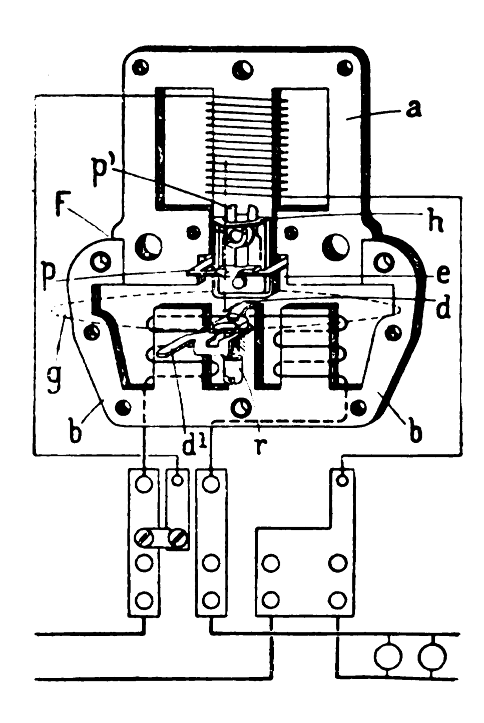


Kein den Aufbau und die Eichung komplizierender magnetischer Nebenschluss nötig!

HAMBURG 15
Spaldingstr. 210-212



Telefon: H 2 Elbe 3213, 4042
Telegr.-Adresse: Kilowatt



Die Reglerteile unseres an den Fugen **(F)** statisch und magnetisch geschlossenen, vorbildlichen Zählermotoreisens **(a, b)** sind äußerst einfach und unabhängig voneinander in ihrer klaren eindeutigen Wirkung:

d die eiserne Anlaufregler-Zunge,
d¹ ihr vorn handlicher Zeigerhebel,
r seine Feststellschraube,
h die auf das übliche Hemmfähnchen an der Achse des Ankers **(g)** magnetisch einwirkende Hemmfahne,
p das kontaktlose Phasenreglerblech an seinem Schieber **(p')** das im erweiterten Drosselluftspalt **(e)** des Spannungseisens verstellbar die 90° Verschiebung des Feldes regelnd oben erhöht, unten vermindert.

Technische Daten bei 50 Perioden

Drehmoment	ca. 5,0 cmg bei Nennlast
Anlauf	bei ca. 1/8 %
Drehzahl	ca. 32—36 pro Minute bei Nennlast
Spannungsspule Eigenverbrauch	W3k Draht 0,12 ⌀ für 220 Volt, ca. 1450 Ohm, Wk3* „ 0,13 ⌀ „ 220 Volt, „ 900 Ohm, W3k ca. 0,5 Watt; W3k* ca. 0,6 Watt
Eigenverbrauch in den Stromspulen Spannungsabfall	bei 5 Amp. W3k ca. 0,91 Watt; W3k* ca. 0,37 Watt bei 5 Amp. W3k ca. 0,24 Volt; W3k* ca. 0,065 Volt
maxim. Dauerlast	W3k ca. 10 Amp.; W3k* ca. 15 Amp.
Fehlergrenzen	± 1,5 % von 1/10 bis 150 % der Nennlast bei cos φ = 1 ± ca. 3 % .... bei cos φ = 0,3 Stillstand .... bei cos φ = 0 ± 1 % bei ± 10 % Spannungsschwankung ± 1,3 % bei ± 10 % Frequenzschwankung
Kein Leerlauf	bis 30% Überspannung
Ankergewicht	ca. 22 g
Nettogewicht	ca. 2 kg
Aufhängemaße	150x105 mm
Doppeltarif-Relais	ca. 15 Milliamp. Strom

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Drehstromgeneratoren ohne Querfelddämpfung als Elemente von Resonanzkreisen. — Arbeitet ein Synchrongenerator auf ein leerlaufendes Hochspannungsnetz, so bildet er das induktive Element eines Schwingungskreises. Man hat diesem Sachverhalt, der sich hinsichtlich der Grundwelle als sog. Selbsterregung auswirkt, die gebührende Beachtung geschenkt. Aber auch im Gebiete der Oberwellen können leicht Eigenschwingungen eines solchen Kreises auftreten. Schon im symmetrischen Ladebetrieb besteht die Möglichkeit, daß durch eine unreine Spannungskurve oder durch eingeprägte elektromotorische Kräfte (Feldoberwellen von Transformatoren) oder durch überschüssige bzw. fehlende Ladungen (Einschalt- und Entladevorgänge) bestimmte höhere Harmonische resonanzartig hervorgeholt werden. Bei Synchronmaschinen mit Dämpferwicklung ist dies für jene Harmonischen der Fall, auf welche die totale Streuinduktivität $L\tau$ der Maschine zusammen mit der Netzkapazität abgestimmt ist. Willheim macht darauf aufmerksam, daß für Synchronmaschinen ohne Querfelddämpfung die Verhältnisse nicht gleich einfach liegen. Hier sind vielmehr zwei Klassen von Oberwellen zu unterscheiden. Für die 5., 11., 17., 23. ... $(6n+5)$te Oberwelle, somit für alle jene ungeradzahligen, deren nächst niedere dreizahlig ist, bestehen resonanzartige Verhältnisse, wenn $L\frac{1+\tau}{2}$ mit der Netzkapazität auf eine solche Harmonische abgestimmt ist. Für die 7., 13., 19., 25 ... $(6n+7)$te Oberwelle gilt hingegen eine doppellösige Abstimmbedingung, bei deren Zutreffen überdies die nächst niedere ungeradzahlige Oberwelle mithervorgeholt wird. Nun sind außerdem noch Betriebsfälle möglich, bei welchen sich der kapazitiven Belieferung des Netzes Störungen überlagern. Die wichtigsten Vorkommnisse dieser Art sind der zweipolige Kurzschluß, die einpolige Leiterunterbrechung und der einpolige Erdschluß. Der Ladebetrieb wird hierbei unter unsymmetrischen Bedingungen fortgesetzt. Biermanns[1] hat bereits darauf hingewiesen, daß die offene Phase einer einachsig kurzgeschlossenen Drehstrommaschine ohne Dämpferwicklung zur Resonanz im Frequenzgebiet der höheren Harmonischen neigt, und Mandl[2] hat zur Behandlung dieses Problems kürzlich einen weiteren Beitrag geliefert; seine Betrachtungsweise gewährt einen unmittelbaren Einblick in den Aufbau der Ströme und Spannungen der kurzgeschlossenen Maschine aus Grund- und Oberwellen. Willheim zeigt nun, wie man in konsequenter Weiterentwicklung dieser Ideen der kurzgeschlossenen Maschine für die einzelnen Harmonischen Induktivitäten zuordnen kann, und entwickelt die für die Resonanzabstimmung maßgebenden Bedingungen. Verfügt die Maschine nicht über eine Querfelddämpfung und führt sie in der nicht kurzgeschlossenen Wicklungsachse einen Strom von vorgegebener Frequenz, stellt man sich ferner diesen Kreis für die übrigen Frequenzen gesperrt vor, so ergeben sich für die jeweils bevorzugte Frequenz $n\omega$ Werte der „reinen" Selbstinduktion, welche mit dem Koeffizienten τ der totalen Streuung unter Einführung eines Hilfswertes $\varkappa = \frac{1-\sqrt{\tau}}{1+\sqrt{\tau}}$ als $\frac{1-\varkappa}{1+\varkappa}(1 \pm \varkappa^n)$ fache Synchroninduktivität L gefunden werden. Es ergeben sich hierbei verschiedene Werte für verschiedene Ordnungszahlen n, ferner für Dauerkurzschluß (obere Vorzeichen) und Stoßkurzschluß (unteres Vorzeichen). Während die Synchronmaschine ohne Querfelddämpfung im einachsigen Kurzschluß elektromotorische Kräfte für sämtliche Oberwellen selbst beistellt, bedeutet das Vorhandensein einer Dämpferwicklung die Unterbindung einer derartigen Selbsterregung. Nur hinsichtlich der Grundwelle ist die Dämpferwicklung nicht gleich wirksam; immerhin verschiebt sie auch hier den Resonanzbereich vorteilhaft in das Gebiet großer Netzausdehnung. Die maßgebende Induktivität ist $L\frac{2\tau}{1+\tau}$ im Dauerkurzschluß, $L\tau$ im Stoßkurzschluß. Bei Vorhandensein eingeprägter elektromotorischer Kräfte werden naturgemäß auch Maschinen mit Dämpferwicklung an Schwingungskreisen höherer Frequenz teilnehmen, wobei dann die totale Streuinduktivität $L\tau$ maßgebend ist. Im Stoßkurzschluß kommt es insbesondere bei Maschinen ohne Querfelddämpfung auch auf die Phasenlage der in der offenen Wicklungsache arbeitenden äußeren EMK an.

Die Annahme der Sperrung des Kreises für andere Frequenzen beeinflußt das Resultat nicht unwesentlich. Eine kapazitiv belastete Wicklung paßt sich diesem Bild nur bei großer Streuinduktivität an. Die Aufgabe ist jedoch auch unter der allgemeineren Annahme eines kapazitiven Rückschlusses aller Frequenzen in der offenen Phase einer Lösung zugänglich. An die Stelle der durchsichtigen Resonanzbeziehungen treten die Lösungen einer Bedingungsgleichung in Kettenbruchform mit ververhältnismäßig einfachem Aufbau. Auch für den Fall des Leiterbruches bzw. für Einschaltvorgänge eines Drehstromnetzes mit ungleichzeitigem Kontaktschluß der Ölschalter werden gleichartige Ergebnisse erhalten. Schließlich wird noch aus einer späteren Arbeit eine allgemeine Formel von ähnlichem Aufbau mitgeteilt, welche insbesondere auf den Fall des Erdschlußbetriebes Anwendung finden kann, in welchem die Ausbildung von Oberwellen sich häufig im Fehlerstrom empfindlich bemerkbar macht. In allen diesen Fällen hängen sämtliche Frequenzen untereinander über die Läuferwicklung zusammen, so daß die zur Geltung kommende kombinierte Selbstinduktion in der Regel sehr wesentlich von der oben diskutierten „reinen" Selbstinduktion abweicht. Eine weitere Folge dieser Verknüpfung besteht darin, daß bei Anregung einer bestimmten Oberwelle ein ganzes Spektrum von benachbarten Frequenzen geweckt wird. (R. Willheim, Arch. El. Bd. 21, H. 6, S. 593.)

[1] Biermanns, Arch. El. Bd. 3, S. 357. (ETZ 1916, S. 319.)
[2] Mandl, Arch. El. Bd. 19, S. 485. (ETZ 1928, S. 1161.)

Zur Frage der Hystereseverluste in Dynamozähnen. — Zur Bestimmung der Hystereverluste stehen die Formel von Steinmetz

$$N_{h_s} = \sigma_h \frac{f}{100}\left(\frac{B}{10^3}\right)^{1,6} V \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

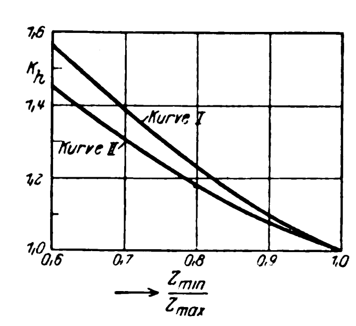
und die jüngere, genauere von Richter

$$N_{h_r} = \gamma \frac{f}{100}\left[a\,\frac{B}{10^4} + b\left(\frac{B}{10^4}\right)^2\right] V \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

zur Verfügung. Bei der Berechnung der Hystereseverluste in Dynamozähnen setzt man Trapezform der Zähne (Höhe h, kleine parallele Seite z_1, große z_2) und ferner konstanten Kraftfluß $\Phi = B\,z\,l$ im Zahn voraus, so daß sich für die Induktion in der Entfernung x von z_2

$$B_x = B_2 \frac{z_2}{z_2 - (z_2 - z_1)\frac{x}{h}}$$

schreiben läßt (B_2 kleinste Induktion).



Kurve $I = k_r$ für Richtersche Formel
„ $II = k_s$ „ Arnoldsche „

Abb. 1.

Die Verluste eines Zahnes ergeben sich durch Integration zu

$$N_{h_s} = \sigma_h \frac{f}{100}\, l \int_0^h \left(\frac{B_x}{10^3}\right)^{1,6} z\,\mathrm{d}x = k_s N'_{h_s} \quad \ldots \quad (3)$$

und

$$N_{h_r} = \gamma \frac{f}{100}\, l \int_0^h \left[a\,\frac{B_x}{10^4} + b\left(\frac{B_x}{10^4}\right)^2\right] z\,\mathrm{d}x = k_r N'_{h_r}. \quad (4)$$

Hierin sind N'_{h_s} und N'_{h_r} die Werte, die sich nach Gleichungen (1) und (2) für eine konstante Induktion B_2 errechnen, k_s und k_r Berichtigungszahlen. Die Beizahl

$$k_s = 5\,\frac{1-\lambda^{0,4}}{1-\lambda^2}, \text{ worin } \lambda = \frac{z_1}{z_2} = \frac{z_{min}}{z_{max}} \text{ ist,}$$

gibt bereits Arnold an (Wechselstromtechnik Bd. 1), die andere zur Richterschen Formel gehörige berechnet W. S. Dawidow aus den Gleichungen (2) und (4) zu

$$k_r = 2\,\frac{1-\lambda+\frac{b}{a}\,\frac{B_2}{10^4}\ln\frac{1}{\lambda}}{\left(1+\frac{b}{a}\,\frac{B_2}{10^4}\right)(1-\lambda^2)}\,.$$

Die Berichtigungszahlen sind in Abb. 1 für die gängigen Verhältnisse $\lambda = 0{,}6 \ldots 1$ gegenübergestellt. Ein merklicher Unterschied tritt erst bei kleinen λ auf, u. zw. ist $k_r > k_s$.

Nach Meinung des Berichters haben beide Berichtigungszahlen nur geringen praktischen Wert. Denn man erhält die Eisenverluste ebenso genau und unmittelbar, wenn man in den gebräuchlichen Berechnungsformeln (1) und (2) für B die Induktion $B_m = B_2\frac{2}{1+\lambda}$ in der Zahnmitte $x = \frac{h}{2}$ einsetzt. Das gilt vor allem auch für die praktisch noch wichtigeren Gesamt-Eisenverluste (Hysterese- und Wirbelstromverluste), die durch die Formel

$$N_{ei} = \varkappa\, l\, \gamma \left(\frac{B}{10^4}\right)^2 V$$

gegeben sind. (W. S. Dawidow, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 490.) *Zrn.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Meßeinrichtungen in unbemannten Unterwerken. — Erhebliche Ersparnisse an einmaligen Beschaffungen und laufenden Kosten hat die Northwestern Electric Co. in Portland dadurch erzielt, daß sie nahezu alle Meßgeräte aus den unbewachten Unterwerken entfernt hat. Diese bestehen meist aus einem Haupttransformator mit 3000, 1000 oder 600 kVA, der die Spannung von 11 000 auf 2400 V herabsetzt, zur Verteilung in der Stadt. Einige sind vollselbsttätig, andere haben selbsttätig arbeitende Regeltransformatoren, einen bis vier in jedem Werk. Die ganze Meßeinrichtung besteht aus einem anzeigenden Voltmeter für die Sammelschienenspannungen und einem Amperemeter für jede Speiseleitung, auf die drei Phasen umschaltbar. In jeder Leitung sind Strom- und Spannungswandler eingebaut und führen zu einer Prüftafel auf einem Stahlblechkasten, 75 cm × 75 cm × 30 cm groß. In diesem können tragbare Registrierapparate aufgestellt werden. An jeden Speisetransformator werden einen Tag im Monat drei tragbare schreibende Amperemeter angeschlossen, und diese geben hinreichenden Aufschluß für die Betriebsführung. Wirkungsgrad und Verlust werden aus den Ablesungen der Zähler auf der 11 kV-Seite in den Hauptwerken ermittelt. (E. E. Pearson, El. World Bd. 92, S. 891.) *Kth.*

Untersuchungen über Monotelephone. — Bei der Messung von Induktivitäten und Kapazitäten in der Wechselstrombrücke zeigt sich oft, daß ein absolutes Schweigen des Telephons nicht zu erreichen ist, wenn die benutzte Stromquelle in starkem Maße Oberschwingungen enthält. Es wurde daher untersucht, ob es gelingt, die Oberschwingungen durch geeignet konstruierte Monotelephone auszusieben. Im Hinblick auf eine möglichst einfache Konstruktion wurde die mechanische Abstimmung der Telephonmembran auf Resonanz versucht. Handelt es sich nicht um Steigerung der Empfindlichkeit durch genaue Abstimmung auf die Grundfrequenz sondern um möglichste Befreiung der Grundfrequenz von Partialtönen, so empfiehlt sich eine mechanische Versteifung der Knotenlinien der Grundfrequenz durch Ausdrücken von Rippen und Ausgießen derselben mit Lot. Soll dagegen die Empfindlichkeit eines Hörers für die Grundschwingung auf ein Maximum erhöht werden, wobei die Oberschwingungen nicht so stark gedämpft sein müssen, so wird mit Vorteil eine unbearbeitete glatte Membran an drei Punkten eingespannt. (R. Bauder u. A. Ebinger, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 65.) *Br.*

Ein registrierendes Magnetometer für technische Messungen an stark gestörten Orten. — Im Oppauwerk der I. G. Farbenindustrie sollte ein Magnetometer mit Registriereinrichtung aufgestellt werden, das rasch Hysteresisschleifen und magnetische Umwandlungspunktkurven aufzunehmen gestattete. Die von großen Gaskraftmaschinen herrührenden starken mechanischen Erschütterungen konnten durch Aufstellung des Instruments auf einer an mindestens 2 m langen Stahldrähten aufgehängten Platte weitgehend beseitigt werden. Die starken magnetischen Störungen durch in nächster Nähe rangierende Eisenbahnzüge wie durch Starkströme erforderten ein störungsfreies Magnetsystem wie beim Torsionsmagnetometer von Kohlrausch und Holborn, mit möglichst kleinem Abstand der Magnetchen und möglichst kleinem Trägheitsmoment zur Erzielung der für die photographischen Registrierungen nötigen kurzen Einstelldauer. Das System besteht aus einem 56 cm langen Glasfaden, an dem oben und unten je 4 Magnete von 1,4 mm Breite und 10 mm Länge in etwa 1 mm gegenseitigem Abstand angekittet sind derart, daß die Pole der oberen Magnetchen denen der unteren entgegengesetzt sind. Die Aufhängung erfolgt an einem 12 cm langen Quarzfaden von etwa 2 µ. Drei Spulen dienen zum raschen Ändern und zur Messung der Empfindlichkeit. Von den beiden Magnetisierungsspulen von 35 cm Länge und 22 mm l. W. mit Wasserkühlung enthält die eine einen elektrischen Ofen, der aus einem Marquart-Rohr von 12 mm l. W. besteht, das bifilar mit Platindraht bewickelt ist. Der Abstand der Asbestisolierung vom Kühlmantel beträgt nur etwa 2 mm. Unter dem Magnetometer befindet sich ein Drehspulinstrument mit horizontaler Drehachse. Der Lichtstrahl fällt zunächst auf einen Spiegel am Drehspulinstrument, dann auf einen Spiegel am Magnetsystem. Wird durch das Drehspulinstrument der Magnetisierungstrom geschickt und die Probe in die eine Magnetisierungspule gelegt, so zeichnet sich auf der photographischen Platte direkt die Hysteresisschleife auf. Wird ein Thermoelement des Ofens an das Drehspulinstrument angeschlossen, so ergeben sich die Magnetisierungs-Temperaturkurven. Eine Reihe von Beispielen zeigt die Brauchbarkeit des Apparats. (E. Lehrer, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 136.) *Br*

Installation.

Schalttafelklemme der Firma Elumag. — Die Firma Elumag, Berlin SO 36, hat eine neue sehr einfach konstruierte und patentierte Schalttafelklemme Type „D" bis

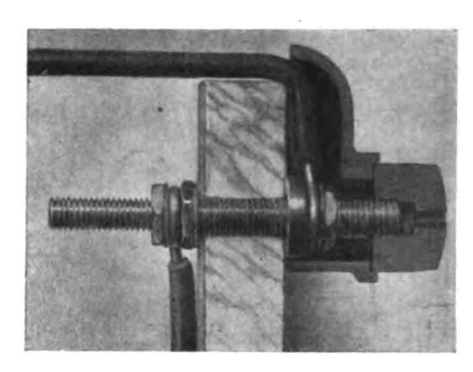


Abb. 2. Schnitt durch eine Schalttafelklemme.

25, 60 und 100 A auf den Markt gebracht, die aus einem einfachen durch die Tafel geführten Bolzen mit 5,5 bzw. 8 oder 10 mm metrischem Gewinde besteht und den vorderseitigen Anschluß der Leitung durch Mutter festhält. Über den Anschluß wird ein aus Isoliermaterial der Klasse I hergestelltes Formstück mit schuhförmigem Ansatz gestülpt (Abb. 2), das das Leitungsende bis zur oberen Kante der Tafel abdeckt. Das Formstück wird durch einen halbrunden Isolierkopf mit Schlitz festgehalten, der auf das Ende des Bolzens mit dem entsprechenden Bolzengewinde geschraubt wird. Der Knopf ist mittels eines Schraubenziehers lösbar. Abb. 3 zeigt eine mit derartigen Klemmen versehene Verteilungstafel für vier Dreileiterstromkreise mit Nulleiter. *fi*

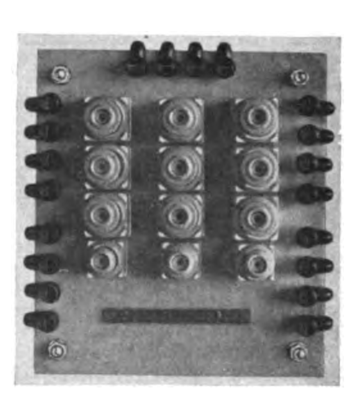


Abb. 3. Verteilungstafel mit Elumag-Klemmen.

Beleuchtung.

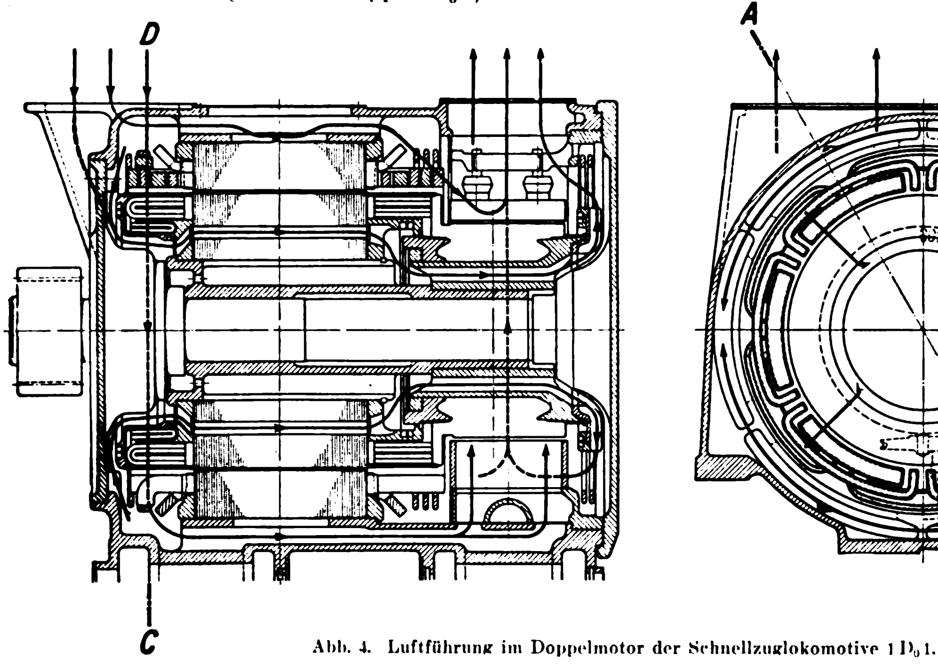
Ein neues Lichtinstitut. — Ende Mai des Jahres wurde in New York im Grand Central Palace ein von der Westinghouse Lamp Co. eingerichtetes „Lichthaus" ein-



geweiht. In diesem neuen in wahrhaft amerikanischem Ausmaß gehaltenen Institut werden auf rd. 3000 m² Fläche nicht nur alle Arten der Innenbeleuchtung, wie die Beleuchtung im Heim, in der Werkstatt, im Laden, im Kunstgewerbe, Theater usw. gezeigt, sondern es sind für die Außenbeleuchtung ganze Straßen und Plätze vorgesehen. Hierzu kommen Reklamebeleuchtung aller Art, die Beleuchtung von Fahrzeugen, endlich auch ein Raum für Pflanzenwuchs bei künstlichem Licht. Für Vorführungen und Vorträge ist ein Hörsaal mit einer Bühne von 18 × 7 m² vorhanden. (A. E. Allen, The Electric Journ. Bd. 26, S. 213.) *vge*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die neuen Schnellzugslokomotiven 1 D_0 1 der AEG und SSW für die Deutsche Reichsbahn. — Als Vorläufer dieser neuen Schnellzugslokomotivtype 1 D_0 1, die mit vier Doppelmotoren ausgerüstet ist, welche über Hohlwelle und Federn auf je eine Achse arbeiten, wird einleitend die Versuchschnellzugslokomotive der Achsanordnung 2 D_0 1 behandelt, die im Jahre 1926 von der AEG für die deutsche Reichsbahn geliefert wurde. An jener Lokomotive wurde zum ersten Male in Deutschland der Hohlwellenantrieb nach Westinghouse erprobt, u. zw. wurde dieser Antrieb von der AEG dadurch verbessert, daß die Federn des Radsatzes in Töpfe eingeschlossen wurden, wodurch nicht nur ein Schutz gegen Verschmutzung, sondern vor allem auch eine bessere Beanspruchung der Federn beim Auftreten seitlicher Stöße erreicht wird. Die Versuchslokomotive 2 D_0 1 hatte bei einem Gesamtgewicht von 122 t eine Dauerleistung von 1760 kW bei 66 km/h Geschwindigkeit und besaß eine Höchstgeschwindigkeit von 110 km/h. L. Monath hat in einem Fachbericht des VDE 1928 gezeigt, mit welchen Mitteln es erzielt wurde, das Gesamtgewicht der neuen Lokomotive 1 D_0 1 bei noch etwas gesteigerter Leistung und gleichen Geschwindigkeitsverhältnissen auf 107,5 t herabzudrücken und dadurch die Maschine kürzer, ferner einfacher in der Unterhaltung, vor allem aber billiger zu gestalten. Besonders eingehend wird hierbei die elektrische Ausrüstung behandelt, und es werden die Gesichtspunkte angegeben, die zu einem erheblichen Fortschritt in der Gewichtsausnutzung der Motoren im Vergleich zu den bisher bekannten führten. Ferner werden auch die erzielten Verbesserungen am Transformtaor und an der Steuerung besprochen. Kurz wird dann noch auf die Ausbildung des mechanischen Teiles eingegangen. Der entwickelte Motor ist in seiner Höchstdrehzahl im Verhältnis zu jenem der Versuchslokomotive 2 D_0 1, der bei 110 km/h mit 1460 U/min lief, auf 1920 U/min gebracht worden, wobei eine Dauerleistung des Doppelmotors von 440 kW bei 1150 U/min entsprechend 66 km/h gewährleistet wurde. Die tatsächlich im Prüffeld erreichte Dauerleistung (nach den Vorschriften der Deutschen Reichsbahn, d. h. R. E. M., jedoch Kommutator + 75 °), beträgt 470 kW. Der Motor ist sechs-



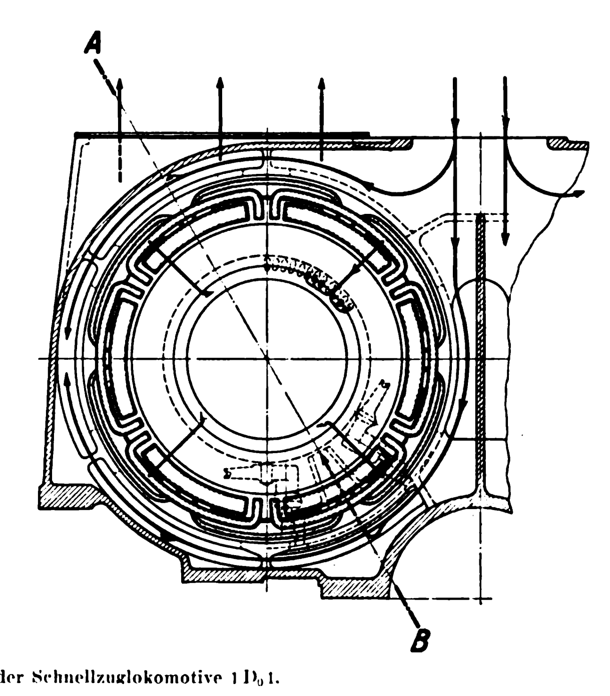


Abb. 4. Luftführung im Doppelmotor der Schnellzuglokomotive 1 D_0 1.

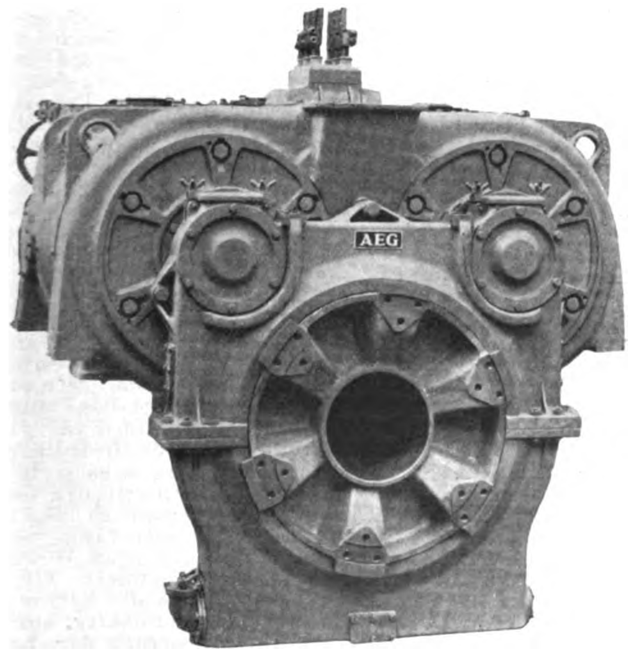


Abb. 5. Ansicht des Doppelmotors der Schnellzuglokomotive 1 D_0 1 von der Triebseite.

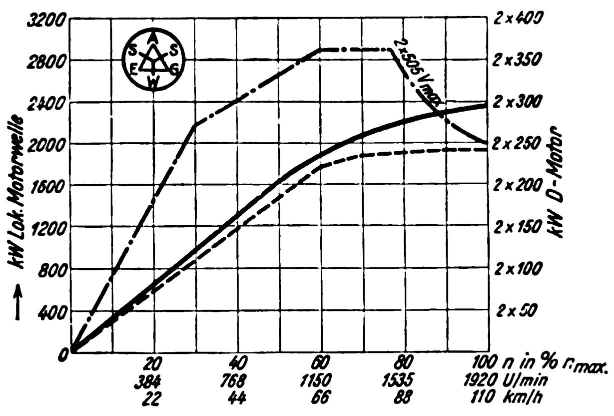


Abb. 6. Leistungsdiagramm der Schnellzuglokomotive 1 D_0 1 mit 4 Doppelmotoren.

polig ausgeführt, und es wird gezeigt, daß für diese Drehzahl und Leistung diese Polzahl die günstigste ist, und daß hierdurch besonders auch der Vorteil erreicht wird, daß die Kurve der Dauerleistung in Abhängigkeit von der Drehzahl im Bereich zwischen 1150 und 1920 U/min (110 km/h) noch um weitere 25 % ansteigt. Zur Erzielung dieses günstigen Ergebnisses sind einerseits Maßnahmen getroffen, durch welche die zusätzlichen Verluste im Ankerkupfer, die durch Wirbelströme und Stromverdrängung entstehen, erheblich herabgedrückt werden; anderseits ist die Anker- und Kommutatorkühlung besonders wirkungsvoll gestaltet worden. Ersteres geschah dadurch, daß in beiden Lagen der Ankerwicklung Stabunterteilung vorgenommen wurde, letzteres durch eine besonders sorgfältige Führung der Kühlluft im Motorinnern, bei der auch der Kommutator durch besondere Düsen angeblasen wird. Abb. 4 zeigt die Luftführung im Motorinnern, Abb. 5 gibt eine äußere Ansicht des Doppelmotors. In Abb. 6 ist das Leistungsdiagramm der Lokomotive aufgezeichnet, u. zw. stellt die gestrichelte Kurve die gewährleistete Dauerleistung in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit dar, die darüberliegende ausgezogene Kurve die im Prüffeld erreichte Dauerleistung und die strichpunktierte Leistungskurve die kurzzeitige Überlastleistung in dem ganzen Fahrbereich. Das reine Motorgewicht eines Doppelmotors beträgt 6 t. Die Nennleistungen des Doppelmotors und der Lokomotive sind unter Zugrundelegung der neuerdings vom Internationalen Lokomotivausschuß und der Deutschen Reichsbahn vorgeschriebenen Erwärmungsdauergrenzen nach JEC (mikanitisolierter Anker + 85° durch Widerstand und Motorklemmenspannung, entsprechend der vorletzten Fahrstufe) die folgenden:

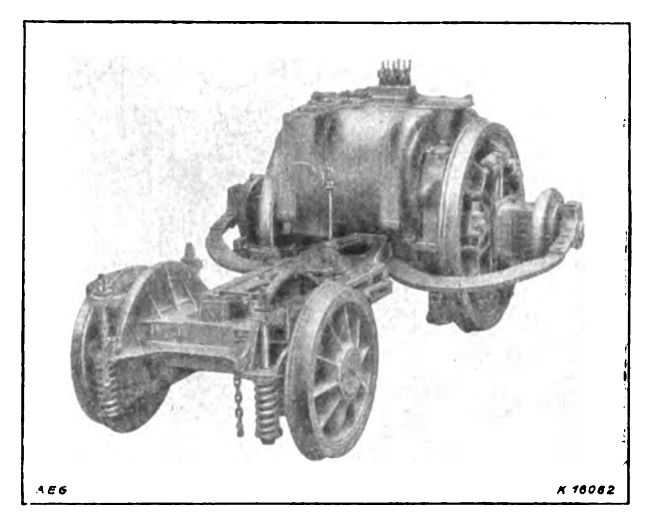


Abb. 7. Lenkgestell der Lokomotive $1\,D_0\,1$.

Für 1 Motor 575 kW, 1680 U/min, 96,5 km/h dauernd, also für die ganze Lokomotive 3130 PS dauernd.

Ferner: für jeden Motor 700 kW bei 1540 U/min, 88,5 km/h 1 h lang und entsprechende Lokomotiv-Stundenleistung 3800 PS.

Hieraus folgt:

$$\text{Lok.-Gew. für 1 PS Dauerleist.:}\ \frac{107\,500}{3130} = 34{,}4\ \text{kg, und}$$

$$\text{Lok.-Gew. für 1 PS Stundenleist.:}\ \frac{107\,500}{3800} = 28{,}4\ \text{kg.}$$

Das reine Motorgewicht für 1 kW Dauerleistung und 70 % der Höchstgeschwindigkeit ergibt sich zu 11,8 kg.

Im fahrtechnischen Teil der Lokomotive unterscheidet sich die $1\,D_0\,1$ von der Versuchslokomotive $2\,D_0\,1$, wie die Typenbezeichnung sagt, durch den Fortfall einer Laufachse, ferner dadurch, daß auf jedem Ende die Laufachse mit der benachbarten Treibachse durch ein neuartiges Lenkgestell der Bauart Kleinow (Abb. 7) verbunden ist. Da die Treibachsen der Lokomotive von den Hohlwellen umgeben sind und die Maschine mit Außenrahmen gebaut ist, so erfolgt die Verbindung des Lenkgestelles mit der Treibachse durch eine die Treibräder umfassende Gabel, welche auf Verlängerungen der Achslagerzapfen gelagert ist.

Der Transformator ist als luftgekühlte Manteltype ausgelegt und in seiner Leistung der Motorleistung angepaßt. Er wiegt einschließlich Schaltdrosselspule 11,6 t, ist also für die große Leistung der Lokomotive sehr leicht gebaut.

Das Starkstromschaltbild der Lokomotive ist in Abb. 8 dargestellt.

Alle vier Doppelmotoren sind dauernd parallelgeschaltet, und der Gesamtstrom wird mittels Stromteiler in vier gleiche Zweige geteilt.

Die Schützenschalter werden elektromagnetisch betätigt, u. zw. erfolgt die Steuerung in 19 Fahrstufen. Diese sehr einfache Schaltung vermeidet den bei der Versuchslokomotive $2\,D_0\,1$ benutzten Zusatztransformator, da die Schaltung jener Lokomotive den Nachteil besaß, bei Umschalten des Zusatztransformators und der Schaltdrosselspulen sehr erhebliche Spannungsabfälle und damit Zugkraftschwankungen und zusätzliche Beanspruchung der Schützen zu ergeben.

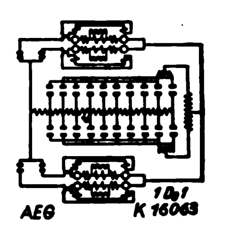


Abb. 8. Starkstromschaltung der Lokomotive $1\,D_0\,1$.

38 Lokomotiven der beschriebenen Type sind bei den Firmen AEG und SSW zur Zeit im Bau, u. zw. sind die ersten im Oktober 1928 abgeliefert worden. (L. Monath, VDE-Fachberichte 1928, S. 111.) *Sb.*

Verkehrszusammenschluß bei den Wuppertaler Bahnen. — Bekanntlich wurden die Städte Barmen und Elberfeld unter Einbeziehung von Vohwinkel, Cronenberg, Ronsdorf und Teilen einer größeren Anzahl kleinerer Nachbargemeinden am 1. VIII. d. J. durch Reichsgesetz zu der Großstadt Barmen-Elberfeld von 417 000 Einwohnern zusammengeschlossen, die nunmehr nach Volksziffer in Deutschland an 14. Stelle steht. — Die endgültige Verschweißung der trotz ihrer unmittelbaren Nachbarschaft bisher streng getrennten Verwaltungskörper kann natürlich erst im Verlauf einer längeren Zeitperiode vollzogen sein. — Den Anfang machen jetzt die Wuppertaler Bahnen, die zunächst am 20. X. zu einer Tarifgemeinschaft vereinigt werden, so daß ein Fahrgast von da an seine Fahrt ohne jedesmaliges Neulösen von Fahrscheinen auf Bahnen verschiedener Gesellschaften beginnen, fortsetzen und beenden kann. Bei Benutzung des innerstädtischen Umsteigeverkehrs werden im Durchschnitt 10 Pf gespart.

Der Umfang der Tarifgemeinschaft betrifft bei der Elberfelder Bahnverwaltung neben der Schwebebahn 13 Straßenbahn- und 3 Autobuslinien; die letzgenannten 16 Linien erhalten aus betriebstechnischen Gründen ungerade Nummern von 1 ... 31. Bei der Barmer Verwaltung sind es 11 Straßenbahn- und 4 Kraftwagenlinien, die geradzahlige Numerierung von 2 ... 30 erhalten. — Es ist darauf Bedacht genommen, daß die Kraftwagenlinien, für welche die Fahrpreise entsprechend herabgesetzt werden, sich in die Fahrpläne der Straßenbahn eingliedern, so daß z. B. auch Spätverbindungen unter Berücksichtigung der durch das Wachsen des Kommunalkörpers bedingten verlängerten Polizeistunde die notwendigen Anschlüsse sichern. — Dieser straffen Zusammenfassung verdankt die Bevölkerung weiter einige wichtige Linienänderungen und Erweiterungen, die bisher längst vergeblich gehegten Wünschen Erfüllung bringen. — Verbilligung von Wochen-, Schüler- und Monatskarten sind in diesem Zusammenhang als nächster Schritt in Aussicht genommen. *Arb.*

Landwirtschaft.

Elektrokultur. — Unter den Begriff „Elektrokultur" ist nicht zu rechnen die Anwendung der Elektrizität als Kraftquelle, wie sie heute eine so große Verbreitung in der Landwirtschaft durch den Elektromotor gefunden hat. Auch die Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch elektrisches Licht, die vielfach versucht worden ist, fällt nicht unter diesen Begriff, ebensowenig die Bodenbeheizung durch Heizkabel in Warmbeeten, wenn es sich in beiden Fällen auch um unmittelbare Kulturmethoden handelt. Diese Methoden haben aber nichts spezifisch Elektrisches, es bildet hier vielmehr die elektrische Licht- oder Wärmequelle nur die Möglichkeit, die natürlichen Wachstumbedingungen zu ersetzen oder zu unterstützen. Unter „Elektrokultur" sind im Gegensatz hierzu die Methoden zu verstehen, die durch unmittelbare Beeinflussung, sei es durch strömende Elektrizität oder Ionisierung der Luft auf elektrischem Wege, eine Förderung des Pflanzenwachstums herbeiführen sollen. Wenn auch die Versuche,

derartige Methoden ausfindig zu machen, schon weit zurückliegen (sie reichen bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts zurück), so sind dieselben bis heute über das Versuchstadium nicht hinausgediehen.

Man kann bei diesen Versuchen drei Wege unterscheiden, einmal die Untersuchung der Möglichkeiten, die Wachstumsteigerung von der Seite einer Beeinflussung der unterirdischen Pflanzenteile (der Wurzeln) anzuregen, zweitens eine Einwirkung auf die oberirdischen Teile der Pflanzen (Stengel, Blätter), drittens eine stimulierende elektrische Wirkung auf die Samen.

Der erste Weg, durch Verteilung von Strömen im Erdboden eine günstige Wirkung auf das Pflanzenwachstum zu erreichen, hat bisher negative Resultate ergeben, sei es, daß überhaupt eine Wirkung nicht festzustellen gewesen ist oder daß bei einer Steigerung der Stromdichte über ein gewisses Maß hinaus sich eine schädliche Wirkung ergab[1]. Bessere Aussichten scheinen die Versuche zu bieten, die Pflanzen oberirdisch zu beeinflussen. Die Pflanze lebt inmitten zahlreicher elektrischer Naturerscheinungen, die durch Ladung der Luft und des Bodens herbeigeführt werden. Daß derartige mehr oder weniger bekannte Naturfaktoren geeignet sind, pflanzliche Lebensvorgänge zu beeinflussen, haben Versuche gezeigt[2]. Auch daß sich innere elektrische Vorgänge in der Pflanze von Zelle zu Zelle abspielen, steht fest. Ob elektrische Faktoren der Umwelt diese inneren elektrischen Bedingungen beeinflussen, ist nicht geklärt. U. U. werden elektrische Ströme Maß und Geschwindigkeit des Wachstums, Intensität der Atmung und Assimilation, Stärke der Wasseraufnahme und Wasserabgabe steigern oder vermindern. Praktischen Wert haben dabei nur Verfahren, durch die das Gesamtleben der Pflanze günstig beeinflußt wird[2].

Nachstehend sei über einige neuere Versuche berichtet, die im botanischen Garten der Universität Tokio durch Dr. M. Shibusawa und Dr. K. Shibata angestellt worden sind und den Einfluß elektrischer Entladungen auf das Pflanzenwachstum dartun sollten. Der Beginn dieser Versuche datiert bereits aus dem Jahre 1921. Da andere Forscher mit Feldversuchen sehr widersprechende Resultate erzielt hatten, wurden die japanischen Versuche auf das Gewächshaus beschränkt, in welchem die elektrisch beeinflußten und die Kontrollpflanzen unter gleichen Bedingungen gehalten wurden. Die zur Einwirkung auf die Pflanzen kommenden schwachen Ströme wurden dadurch erzielt, daß über denselben, in 150 ... 300 mm Abstand, ein feindrähtiges Netz mit Hochspannung geladen wurde. Zur Verwendung kamen Gleichstrom, Wechselstrom von 50 Hz und solcher hoher Wechselzahl. Zum Vergleich wurde das Trockengewicht der möglichst weit ausgewachsenen Pflanzen festgestellt.

Die mit Wechselstrom von 50 Hz und 21 000 V behandelten Pflanzen zeigten meistens ein beschleunigtes Wachstum. So zeigte Buchweizen eine Ertragsteigerung von 8 ... 9,8 %. Die Hochfrequenzströme (130 000 Hz bei 13 000 V) wurden mittels drei hintereinander geschalteter Löschfunkenstrecken erzeugt. Sie ergaben zunächst ungleiche Resultate, doch wurde in einem der letzten Versuche eine Ertragsteigerung (wieder für Buchweizen) von 12,6 % erzielt. Für die Gleichstromversuche wurde der Wechselstrom mittels einer Hochvakuum-Entladungsröhre mit Glühkathode gleichgerichtet (Spannung 10 000 ... 15 000 V). Die ersten Versuche mit Gleichstrom waren nicht sehr ermutigend, dagegen war später die Wirkung auf Tabakpflanzen in die Augen springend. Die beigegebenen Bilder lassen, was auch andere Forscher bereits beobachtet haben, namentlich eine Verbreiterung der Blattflächen erkennen. Die Trockengewichtszunahme betrug 21,7 %. Interessant sind noch die Versuche mit der Beeinflussung von Hafersämlingen, die mit einer über dem Pflänzchen in 30 mm Höhe angebrachten Platinspitze angestellt wurden. Während die Wachstumzunahme (Messungen mittels Mikroskopes in Abständen von 5 zu 5 min) bei den Kontrollpflanzen durchaus gleichmäßig blieb, zeigte sich unmittelbar nach Beginn der Entladung bei den elektrisch behandelten Sämlingen eine Abnahme, dann aber unter Schwankungen eine Zunahme des Wachstums. Das Maximum scheint von der Höhe der Spannung bei einer gewissen Entfernung abzuhängen.

So interessant nun auch diese Untersuchungen der japanischen Forscher sind, so können doch erst weitere Versuche zeigen, ob sich hierauf eine Methode zunächst etwa für gärtnerische Zwecke aufbauen läßt, namentlich müßte auch geprüft werden, ob die erzielbaren Resultate die erforderlichen Aufwendungen lohnen. Zu einem abschließenden Urteil ist die Zahl der angestellten Versuche noch zu klein, wenn auch der Elektrokulturfrage eine gewisse Zukunft nicht abzusprechen ist. (M. Shibusawa u. K. Shibata, J. Inst. El. Engs. of Japan Nr. 473, S. 1259.) *Rfl.*

[1] Dr. E. Thamm, Botan. Arch. Bd. 21, 1928.
[2] W. Riede, Bonn, Z. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, H. 8, VIII. 1928. Teil B.

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Widerstandsänderung verschiedener Metalle in Magnetfeldern. — Von Vilbig wurde das Eintreten des Halleffektes[1] bei verschiedenen sich in Magnetfeldern befindenden Metallen (in Drahtform) untersucht. Der Durchmesser der Drähte war 0,05 ... 0,2 mm. Die Proben wurden im magnetischen Längs- und im Querfeld untersucht. Dadurch stellt sich der Halleffekt in der einfachen Form eines Longitudinaleffektes dar, d. h. die entstehenden Sekundärströme addieren bzw. subtrahieren sich einfach von den Primärströmen, wodurch der Eindruck einer Widerstandsänderung des untersuchten Metalls mit einer Änderung der magnetischen Feldstärke und -richtung hervorgerufen wird.

Besonderes Augenmerk wurde bei den Versuchen auf etwaige Unregelmäßigkeiten des Kurvenverlaufs gerichtet. Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen ergaben die Messungen nicht die bisher angenommene Unabhängigkeit von der Feldrichtung (quadratischer Effekt), es zeigte sich vielmehr unter bestimmten Bedingungen im Längsfeld eine Widerstandsabnahme statt der anzunehmenden Widerstandszunahme. Charakteristisch dabei ist das Auftreten stabiler und labiler Zustände. Besonders starke Effekte treten bei Nickel zutage, während sie bei Eisen und Stahl bedeutend geringer sind. Im Längsfeld zeigt Wismut keine Besonderheiten. Im Querfeld ergibt Nickel Widerstandsabnahme, Eisen und Stahl Widerstandszunahme, ohne daß irgendwelche Unregelmäßigkeiten des Kurvenverlaufs nachweisbar sind. Es konnte nachgewiesen werden, daß die in früheren Arbeiten bemerkte anfängliche Widerstandszunahme bei Nickel von nicht genauer Orientierung der Probedrähte im Querfeld herrührt. Wismut im Querfeld ergibt für auf- und absteigende Feldstärken keine eindeutigen Werte sondern schwache Schleifenbildung. Für Silber und Kupfer konnte bei den verwendeten schwachen Feldern keine Widerstandsänderung wahrgenommen werden. (F. Vilbig, Arch. El. Bd. 22, H. 2, S. 194.)

Energiewirtschaft.

Stromselbstkosten in großen Kraftwerken. — Während über den (niedrigen) Wärmeverbrauch neuerer amerikanischer Kraftwerke sehr oft und eingehend berichtet worden ist, fehlen solche ins einzelne gehenden Angaben über die Baukosten und die von ihnen doch wesentlich beeinflußten Erzeugungskosten fast vollständig. Bekannt ist nur (vgl. ETZ 1925, S. 1739 und 1926, S. 165), daß durch die Steigerung der Baukosten der Gewinn aus besserer Wärmewirschaft zum großen Teil wieder ausgeglichen, teilweise sogar überkompensiert wird; daher das — auch nach Europa übertragene — Bestreben, auf die Anwendung der äußersten thermodynamischen Verfeinerungen zu verzichten, lieber eine unbedingt betriebsichere Anlage mit gutem, aber nicht allerbestem thermodynamischem Wirkungsgrad zu schaffen, deren wirtschaftliche Ergebnisse doch sehr gut sein können. Als Baukosten eines modernen amerikanischen Kraftwerkes wird in Deutschland ein Satz von 105 ... 110 $ je inst. Kilowatt angenommen. Die Schriftleitung der El. World hat nun, wie Morrow mitteilt, eine eingehende Untersuchung über 16 der modernsten Kraftwerke mit einer Leistung von 50 000 ... 300 000 kW angestellt, deren Bau- und Betriebskosten sie in einer umfangreichen Zahlentafel bis in die Einzelheiten zerlegt aufzeigt. Es geht daraus hervor, wie wenig die in Deutschland als normal angenommenen Baukosten in Wirklichkeit zutreffen. Nur drei von diesen Kraftwerken fallen in den Spielraum von 100 ... 110 $, drei liegen erheblich unter diesem Werte, und die große Mehrzahl ist teurer, z. T. ganz wesentlich. Dabei sind diese Kraftwerke durchaus nicht auf höchste thermodynamische Wirkungsgrade gebaut, da sich unter ihnen nur drei mit einem Dampfdruck von 42,2 at und einer Dampftemperatur von 386 ° befinden, während alle übrigen mit Dampfdrücken von 21 ... 28 at arbeiten. Dementsprechend schwanken auch die erzielten thermodynamischen Wirkungsgrade (Mittelwert aus einem Betriebsjahre, nur in einem Falle aus einem halben Jahre) nicht unerheblich. Sie sind in der erwähnten Zahlentafel mit 12,25 % als Mindestwert und 18,45 % als Höchstwert angegeben, ohne daß indessen gesagt wird, wie diese Werte berechnet sind.

[1] Vgl. ETZ 1906, S. 71; 1911, S. 622; 1915, S. 597.

Aus den an der gleichen Stelle angegebenen Beträgen des Gesamtwärmeverbrauches und der Erzeugung berechnen sich wesentlich höhere thermodynamische Wirkungsgrade, nämlich von 16,3 % als Mindestwert bis 24,9 % als Höchstwert. Das würde auch dem entsprechen, was man von Anlagen dieser Bauart erwarten kann. Eine gewisse Verschiedenheit in den Baukosten ist ohne weiteres verständlich. Manche Grundstücke erfordern sehr kostspielige Gründungs- und Herrichtungsarbeiten, andere sind im Erwerb besonders teuer; die von der El. World festgestellten Schwankungen sind indessen weit größer, als sich aus solchen Voraussetzungen erklären läßt. Abb. 9

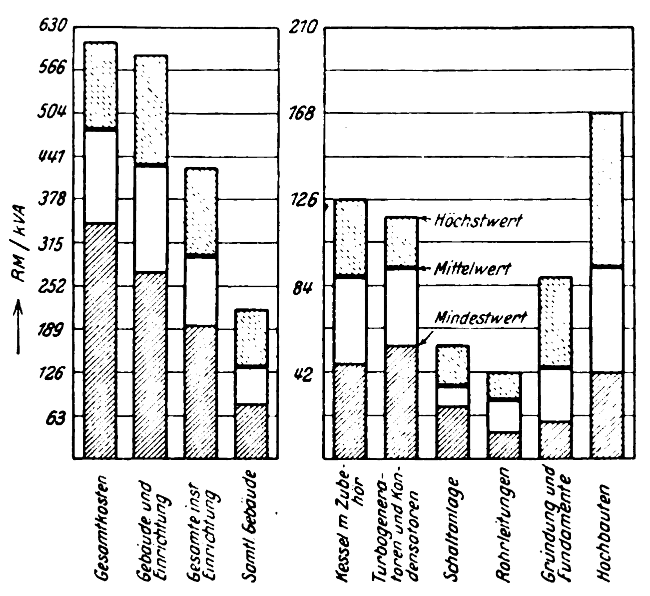


Abb. 9. Kraftwerks-Anlagekosten (links) und ihre Aufteilung (rechts).

stellt sie graphisch dar. Es ergibt sich aus diesen Ausführungen, daß beispielsweise die Hochbauten für ein Kraftwerk von 100 000 kVA zwischen 9,44 und 3,78 Mill RM kosten, was gar nicht zu verstehen ist, wenngleich man im ersten Falle eine gewisse Raumreserve als vorhanden annehmen muß. Aus den Angaben der Tabelle geht wenigstens hervor, daß beim Kraftwerk I der spezifische Rauminhalt für Kessel und Schalthaus um etwa 50 % größer ist als bei Kraftwerk II, während hingegen das Maschinenhaus wieder kleiner ist. Sehr merkwürdig sind auch die außerordentlichen Verschiedenheiten in den Kosten der Maschinenanlagen: 100 000 kVA einschl. der Kondensatoren kosten zwischen 6,72 und 13,4 Mill RM. (Der untere Grenzwert dürfte etwa deutschen Verhältnissen entsprechen.) Natürlich spielen Frachten eine außerordentlich große Rolle, wenn z. B. Maschinenteile aus dem Osten nach Kalifornien versandt werden müssen. Dadurch kann der Preis sehr fühlbar erhöht werden, indessen dürfte eine Verdopplung ausgeschlossen sein. Ähnlich steht es mit mehreren anderen Einzelpunkten.

Die Bauausführung selbst scheint indessen auch Schwankungen zu unterliegen, die nicht ohne weiteres verständlich sind. Das zeigt ein Vergleich der spezifischen Volumina (gesamter umbauter Raum, dividiert durch die Leistung). Es wurden verbraucht:

	Höchstwert m³	Mindestwert m³	Durchschnitt m³	Spiel
Kohlenaufbereitung und Transport	0,283	0,0623	0,13	4,5 : 1
Kesselhaus	1,415	0,396	0,595	3,5 : 1
Maschinenhaus	0,90	0,1275	0,425	7,8 : 1
Schalthaus	0,765	0,0354	0,13	21,6 : 1

Mögen auch in einem oder dem anderen Falle Maschinen- oder Kesselhäuser gleich für die Aufnahme weiterer Maschinen bzw. Kessel eingerichtet sein, so daß die spezifischen Volumina zu groß erscheinen, so kann das keinesfalls überall zutreffen. Vielmehr legt diese Feststellung die Vermutung nahe, daß die einzelnen Gesellschaften nicht nur sehr verschiedene Bauweisen haben, sondern daß ihnen auch die Lieferanten höchst verschiedene Preise machen. Für die Kosten der Maschinen- und Kesselanlagen ergeben sich z. B. aus der Tabelle folgende Schwankungen in Reichsmark je 1 kVA:

	Höchstwert	Mindestwert	Durchschnitt	Spiel
Kessel und Zubehör	126	42,60	88,20	2,7 : 1
Rohrleitungen	42	12,60	29,40	3,3 : 1
Turbogeneratoren und Kondensatoren	117,80	54,55	92,40	2,1 : 1

Eine solche Verschiedenheit der Preise wird erleichtert durch die Tatsache, daß der Bau von Kraftwerken in den Händen zahlreicher beratender Ingenieure liegt, wenngleich große Baufirmen wie Stone & Webster oder Day & Zimmermann einen sehr bedeutenden Teil dieses Geschäftes beherrschen. Im Gegensatz dazu liegt bei uns der Bau von Kraftwerken in den Händen weniger, großer Firmen, von denen sich auch die maßgebendsten Elektrizitätswerke beraten lassen. Dieses System scheint doch erhebliche Vorzüge zu haben. Ein Beweis für diese Annahme ist in einer Zuschrift zu finden, die der Schriftleitung der El. World auf Grund der hier besprochenen Veröffentlichungen zuging. Der Vizepräsident und Chefingenieur der Commonwealth Power Corp. of Michigan, William W. Teft, teilte seine eigenen Erfahrungen mit den Kosten der von seiner Gesellschaft erbauten Kraftwerke mit. Diese betrugen:

Kraftwerk	Leistung	Wärmeverbrauch je kWh (projektiert)	Belastungsfaktor	Kosten je inst. kW
1	20 000 kW	4025 WE	0,5	354 RM
2	20 000 „	4525 „	0,4	310 „
3	108 500 „	4050 „	0,5	374 „
4	46 400 „	4350 „	0,59	371 „
5	20 000 „	4375 „	0,338	364 „
6	20 000 „	4125 „	0,416	366 „

Alle Kraftwerke wurden so entworfen, daß sie unter Berücksichtigung von Gestehungs- und Brennstoffkosten, Wärmeverbrauch und Belastungsfaktor möglichst günstige Erzeugungskosten hatten. Sie liegen in vier Staaten des mittleren Westens, müssen also mit verhältnismäßig hohen Kohlenpreisen rechnen; dementsprechend sind sie für niedrigen Wärmeverbrauch entworfen und haben den vorgesehenen Verbrauch im Betriebe noch unterschritten. Ihre Herstellungskosten weisen aber bemerkenswert geringe Schwankungen auf und sind auch, absolut genommen, nicht sehr hoch, obgleich es sich zumeist um kleinere Werke handelt. Von den oben erwähnten 16 großen Kraftwerken sind nur drei je inst. Kilowatt billiger als diese sechs kleinen Werke, Nr. 2 ausgenommen, das billiger ist als eines der erstgenannten, von diesen sechs aber auch den höchsten Wärmeverbrauch aufweist. Diese kleine Aufstellung zeigt mehr als alles andere, wie vorteilhaft es ist, wenn an einer Stelle sich umfangreiche Bauerfahrungen sammeln.

Bei solchen Schwankungen der Herstellungskosten müssen natürlich auch die Stromselbstkosten recht verschieden ausfallen, wenn auch der Wärmeverbrauch sich i. a. um so günstiger stellte, je höher die Anlagekosten waren. Es ergeben sich daraus folgende Erzeugungskosten je 1 kWh:

	Höchstwert Pf	Mindestwert Pf	Durchschnitt Pf	Spiel
Gesamte Betriebskosten	2,06	0,795	1,355	2,6 : 1
Brennstoff	1,76	0,596	1,01	2.9 : 1
Löhne und Gehälter	0,483	0,13	0,282	3.7 : 1
Wasser, Schmieröl usw.	0,0672	0,0126	0,0378	5.3 : 1
Verschiedenes	0,176	0,042	0,0504	4.1 : 1
Gesamte Unterhaltungskosten	0,235	0,0755	0,1555	9.1 : 1
Gebäude	0,0378	0,0042	0,021	9.0 : 1
Kessel und Zubehör	0,172	0,0252	0,0924	6,8 : 1
Turbinen und Zubehör	0.0924	0,0042	0.026	2.2 : 1
Generatoren u. Schaltanlage	0,042	0,0042	0,0143	10 : 1
Gesamte Erzeugungskosten	2,29	0,87	1,51	2.7 : 1
Gesamte feste Kosten	3,76	0,614	2.1	6 : 1
Kosten der kWh ab Sammelschiene	6,05	1,484	3,61	4 : 1

Vergleichsweise sei erwähnt, daß die Schwankung der gesamten Erzeugungskosten eines auf oberschlesischer Kohle errichteten, mit 18 at, 375 ° Dampftemperatur und einem Verbrauche von 1 kg Staubkohle/kWh arbeitenden Kraftwerkes und eines in Süddeutschland neu gebauten mit 42 atü, 410 ° Dampftemperatur und Kohlenstaubfeuerung etwa 2,1 : 1 ist. Der Vorteil einheitlicher Bauweise geht daraus deutlich hervor. (El. World Bd. 92, 1928, S. 827.)

Hamm.

RECHTSPFLEGE.

Wer ist Stromabnehmer des Elektrizitätswerkes, wenn die Stromabgabe durch eine in Händen eines Dritten befindliche Blockstation erfolgt? — Diese Rechtsfrage war anläßlich eines vom OLG. Hamburg mit Urteil Bf I 321/28 entschiedenen Rechtsstreites zu beantworten, der auf folgendem Sachverhalt beruhte: Innerhalb eines bestimmten Bezirkes hatte eine Privatfirma, die bis 1913 selbst elektrischen Strom erzeugte und unmittelbar an die Verbraucher abgegeben hatte, nunmehr die Stromabgabe so geregelt, daß ihre Abnehmer den Strom aus ihrer in diesem Bezirke befindlichen Blockstation bezogen, die ihrerseits den erforderlichen Licht- und Kraftstrom einem Elektrizitätswerk entnahm. 1927 wollte dieses Werk dazu übergehen, an Stelle des bisher gelieferten Gleichstromes in Zukunft auch der Blockstation Drehstrom zu liefern. Es kam zu Unterhandlungen, die damit endeten, daß die Privatfirma die Stromlieferung an ihre Abnehmer einstellte und diese auf den Bezug von dem Elektrizitätswerk verwies. Für die Abtretung der Versorgung ihrer Stromabnehmer erhielt die Privatfirma eine Vergütung. Die Stromabnehmer wandten sich auf Aufforderung ihrer bisherigen Lieferfirma an das Elektrizitätswerk, das die Versorgung übernahm, aber diese Abnehmer bei der erforderlichen Betriebsumstellung als „Neuabnehmer" behandelte d. h. ihnen n i c h t wie den sog. Altabnehmern die Umänderungskosten an Leitungen, Beleuchtungskörpern, Motoren usw. ersetzte. Die Abnehmer behaupteten, die Tatsache, daß die Privatfirma zwischen ihnen und dem Werke gestanden habe, reiche nicht aus, um sie als „N e u abnehmer" zu kennzeichnen, sie seien immer schon Abnehmer des Werkes gewesen und wären folglich als Altabnehmer zu behandeln. Das Abkommen zwischen dem Werke und der Privatfirma bedeute einen Eingriff in das Vertragsverhältnis zwischen ihnen, den Abnehmern, und der Privatfirma, sei daher sittenwidrig und verpflichte zum Schadensersatze, der sich mindestens in der Übernahme der Umänderungskosten durch das Werk zeigen müsse.

In beiden Instanzen wurde die Klage abgewiesen. — Nach dem Konzessionsvertrage ist das Werk verpflichtet, jedem Strom zu liefern, der sich auf mindestens ein Jahr zur tarifmäßigen Abnahme verpflichtet und die übernommenen Zahlungsverbindlichkeiten pünktlich erfüllt. Die Lieferungsbedingungen des Werkes sehen dementsprechend eine Lieferung von Strom an jeden Abnehmer im Bereiche seines Leitungsnetzes vor, der die Bedingungen schriftlich anerkennt. Daraus geht hervor, daß die Stromabnehmer der Privatfirma k e i n e Abnehmer des Werkes im Sinne der eben genannten Bestimmungen sind. Sie haben weder die Bedingungen des Werkes schriftlich anerkannt noch haben sie durch das Leitungsnetz des Werkes Strom bezogen noch haben sie an dieses unmittelbar Zahlungen geleistet. — Die klagenden Abnehmer hielten dies alles für unerheblich, da der Konzessionsvertrag mit seiner Lieferverpflichtung an jedermann insoweit ein Vertrag zugunsten Dritter sei, sie, die Kläger, also zum Strombezug berechtige und der Vertrag zwischen der Privatfirma und dem Werke Lieferung von Strom an sie, die Kläger, zum Inhalte habe. — Das OLG. Hamburg hielt diese Auffassung für rechtlich n i c h t haltbar. Der Konzessionsvertrag enthalte sowohl öffentlichrechtliche wie privatrechtliche Bestandteile, letztere regelten die privatrechtlichen Beziehungen zwischen dem Werke und dem Konzessions v e r l e i h e r. Soweit sich aber der Vertrag mit den Rechten der Stromabnehmer gegen das Werk befasse und diesem innerhalb eines bestimmten Rahmens eine Lieferpflicht auferlege, handele es sich um eine aus einem ö f f e n t l i c h rechtlichen Rechtsinstitut entspringende Verpflichtung. Diese an sich bestehende Lieferpflicht hätten die Kläger jedoch gar nicht in Anspruch genommen, sie hätten keinen — dann nach privatrechtlichen Normen zu beurteilenden — Stromlieferungsvertrag mit dem Werke geschlossen, so daß keine vertraglichen Beziehungen zwischen den Klägern und dem Werke beständen.

„Abnehmer" des Werkes war demnach die Privatfirma. Sie leitete den ihr vom Werke gelieferten Strom weiter, hatte also die Rolle einer Vertriebstelle fremden Stromes für ein bestimmtes örtliches Verteilungsgebiet. Dies ist eine in der Elektrizitätswirtschaft durchaus gewöhnliche Erscheinung, und Vertragsgegner des Stromerzeugers ist in derartigen Fällen regelmäßig derjenige, der die Umformung und Weiterleitung oder die Weiterleitung des erzeugten Stromes schlechtweg zu den Verbrauchern unternimmt. Bei der Frage, wer als Unternehmer eines derartigen Stromvertriebes anzusehen ist, bleibt es gleichgültig, wem das Grundstück gehört, von dem aus der Vertrieb stattfindet, ebenso wenig vermag etwa das Eigentum an den Maschinen von ausschlaggebender Bedeutung zu sein. Entscheidend ist vielmehr, wer nach a u ß e n sowohl dem Stromproduzenten wie dem Verbraucher gegenüber im eigenen Namen tätig wird. Und dieses war ohne Zweifel im vorliegenden Fall die Privatfirma.

Endlich hatten die Kläger das Abkommen zwischen Werk und Privatfirma über die Neuordnung des Strombezuges als ein unberechtigtes Eingreifen in das zwischen ihnen, den Klägern, und der Privatfirma bestehende Vertragsverhältnis gekennzeichnet. Es liege unerlaubte Handlung des Werkes vor, die gemäß § 826 BGB. das Werk zum Schadensersatz verpflichte.

Das Abkommen zwischen Werk und Privatfirma wurde veranlaßt durch die bei dem Werk bevorstehende Betriebsumstellung von Gleichstrom auf Drehstrom. Die Privatfirma stand vor der Wahl, sich entweder einen Umformer anzuschaffen, falls sie ihren Abnehmern Gleichstrom weiterliefern wollte, oder Verhandlungen mit ihren Abnehmern wegen der Umänderungen und der Kostenübernahme einzuleiten, falls sie in Zukunft Drehstrom weiterleiten wollte. In beiden Fällen mußte sie mehr oder weniger erhebliche Aufwendungen machen, während das Abkommen mit dem Werke ihr eine Gegenleistung für die Abtretung des Kundenkreises gewährte. Daß das W e r k mit Rücksicht auf die Abnehmer der Privatfirma, mit denen es in einem Vertragsverhältnis nicht stand, dieses Abkommen ohne Verstoß gegen die guten Sitten nicht hätte treffen dürfen, ist nach Auffassung des OLG. n i c h t e r s i c h t l i c h, zumal das Werk noch darlegen konnte, daß wegen Überlastung des Gleichstromnetzes in der Gegend der Blockstation der Anschluß an das Drehstromniederspannungsnetz aus technischen Gründen geboten gewesen sei.

Keineswegs läßt sich aus diesem Vorgehen des Werkes — so führt das OLG. in den Gründen seines Urteils wörtlich aus — ein mit den guten Sitten des geschäftlichen Verkehrs im Widerspruch stehendes und daher zum Schadensersatz verpflichtendes Bestreben erblicken, dem Gegner unter Mißbrauch einer Monopolstellung unbillige und unverhältnismäßige Bedingungen aufzuerlegen. Es ist n i c h t dargetan, daß das Werk bei Eingehung des Abkommens sich bewußt war, daß die Kläger dadurch geschädigt würden, und daß das Werk trotz dieses Bewußtseins mit Eventualdolus das Abkommen getroffen hat.

Dr. jur. C. v. d e m B u s c h.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Jahresbeitrag der inländischen Mitglieder für 1930.

Der Mitgliedsbeitrag für das Jahr 1930 beträgt:

I. für p e r s ö n l i c h e i n l ä n d i s c h e Mitglieder . . . . 30 RM
für Jungmitglieder . . . . 15 „

II. für k o r p o r a t i v e i n l ä n d i s c h e Mitglieder:

1. Behörden, Schulen, wissenschaftliche Vereine usw. . . . . 36 RM
2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:
   a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . . . 50 „
   b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter 75 „
   c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter 120 „
   d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter 150 „
   e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter . . . . 300 „
   f) von 1001 bis 2500 Angestellte und Arbeiter . . . . 450 „

g) von 2501 bis 5000 Angestellte und Arbeiter . . . . 600 RM
h) von 5001 bis 10 000 Angestellte und Arbeiter . . . . 900 „
i) von 10 001 bis 20 000 Angestellte und Arbeiter . . . . 1500 „
k) über 20 000 Angestellte und Arbeiter . 2400 „

Die Beiträge werden bis spätestens 15. November 1929 auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02, erbeten, da sonst die ordnungsmäßige Zustellung der ETZ über den 1. Januar 1930 hinaus nicht gewährleistet werden kann. Unsere ausländischen Mitglieder erhalten besondere Mitteilung.

Vortragsreihe

des Elektrotechnischen Vereins in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin über „Funktionentheorie und ihre Anwendung in der Technik".

I. Hauptteil: Mathematischer, die Grundlagen der Theorie umfassender Teil.

28. Oktober bis einschl. 16. Dezember 1929.

Herr Professor Dr. R. Rothe (Technische Hochschule Berlin).

Komplexe Zahlen und Veränderliche, Wesen und Bedeutung. Analytische Funktionen. Cauchy—Riemannsche Differentialgleichungen. Zusammenhänge mit der Potentialtheorie und der Strömungslehre. Gaußsche und Greensche Integralformel. Poissonsches Integral. Integralsätze im Komplexen. Unendliche Reihen, im besonderen Potenzreihen. Taylorsche und Laurentsche Reihe. Singularitäten. Residuensatz. Anwendungen auf die Berechnung bestimmter Integrale. Fouriersches Integral. Besselsche und andere Funktionen. Anwendungen auf das Heavisidesche Operatorenverfahren und die Integration der Telegraphengleichung. Konforme Abbildung. Formel von Christoffel und Schwarz. Riemannsche Flächen. — Änderung vorbehalten.

II. Hauptteil: Technischer, die wichtigsten Anwendungen behandelnder Teil.

1. 13. I. 1930: Herr Professor Dr. Schottky (Siemens & Halske A. G.): „Aufbau elektrischer und magnetischer Felder aus Quellinien-Potentialen" (Verstärkerröhren, Elektrofilter; Transformatoren- und Generatoren-Probleme).
2. Am 20. I. 1930: Herr Dr. Pohlhausen (Oberingenieur der Siemens-Schuckertwerke A. G.): „Zweidimensionale Strömungsfelder" (Auftrieb und Zirkulation, Kutta-Joukowskyscher Satz. Strömung um den Zylinder, Tragflügelprofile, Vergleich der Theorie mit dem Experiment).
3. Am 27. I. 1930: Herr Dr. E. Weber (Ingenieur der Siemens-Schuckertwerke A. G.): „Feldausbildung an Kanten" (Elektrische und magnetische Felder, Temperaturfelder, elastische Spannungsfelder).
4. Am 3. II. 1930: Herr Dr. Ollendorff (Privatdozent der Technischen Hochschule Berlin): „Ausgleichsvorgänge in körperlichen Leitern" (Komplexe Darstellung von Stoßvorgängen, Erwärmung von elektrischen Maschinen, Kurzschluß-Erwärmung eines Kabels, Stoßströme in Maschinen mit Wirbelstrom-Läufern).
5. Am 10. II. 1930: Herr Professor Dr. Nöther (Technische Hochschule Breslau): „Wellenausbreitung in homogenen und geschichteten Medien" (Ausbreitung im Raum und längs der Erdoberfläche; die Maxwellschen Gleichungen im geschichteten Medium [Heaviside-Schicht]).
6. Am 17. II. 1930: Herr Professor Dr. Föttinger (Technische Hochschule Berlin): „Strahlbildung und günstigste Randformen" (Felder mit diskontinuierlicher oder vorgeschriebener Vektorverteilung).

Zeit: Montag abends pünktlich 6½ bis 8 Uhr.

Ort: Hörsaal Nr. 141 der Technischen Hochschule zu Berlin.

Teilnehmerkarten: Zu haben
a) in der Technischen Hochschule, Zimmer Nr. 138,
b) im Elektrotechnischen Verein Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, Postscheckkonto: Berlin Nr. 133 02.

Der Preis für sämtliche Vorträge beträgt:
a) für Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins 16 RM
b) „ deutsche Studenten . . . . 8 „
c) „ andere Teilnehmer . . . . 24 „

Karten für einzelne Vorträge werden nicht abgegeben.

„Fest der Technik".

Die nachstehenden technisch-wissenschaftlichen Vereine in Berlin veranstalten nach den guten Erfolgen der vorhergehenden Jahre erneut, u. zw.

am Freitag, dem 8. November 1929, 8½ Uhr abends, in sämtlichen Räumen des Zoologischen Gartens zu Berlin

das

„Fest der Technik"

und laden hierdurch zur Teilnahme ein.

Das Fest hat den Charakter eines repräsentativen Balles; bestimmungsgemäß wird sein Überschuß den Vereinen für Unterstützungen zugeführt.

Anzug: Herren: Gesellschaftsanzug, Frack;
Damen: Gesellschaftskleid.

Musik: Kapelle Kermbach.

Tombola: Reichhaltig mit wertvollen Gewinnen.

Eintrittskarten für Vereinsmitglieder, deren Angehörige und eingeführte Gäste kosten 10 RM, werden auf den Namen ausgestellt und können nur vor dem Fest durch die Geschäftsstellen der veranstaltenden Vereine bezogen werden.

Architekten- und Ingenieur-Verein zu Berlin. — Automobil- und Flugtechnische Gesellschaft Technisch-Wissenschaftliche Vereinigung e. V. — Berliner Bezirksverein Deutscher Ingenieure. — Bezirksverein Groß-Berlin und Mark des Vereins Deutscher Chemiker. — Bund Deutscher Architekten, Landesbezirk Brandenburg. — Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft e. V. — Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen. — Deutsche Gesellschaft für Metallkunde e. V. — Deutsche Gesellschaft für technische Physik e. V. — Deutsche Keramische Gesellschaft e. V. — Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft. — Deutscher Kälte-Verein. — Elektrotechnischer Verein e. V. — Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e. V. — Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens. — Märkischer Verein von Gas- und Wasserfachmännern. — Reichsbund der höheren technischen Beamten e. V. — Reichsbund Deutscher Technik e. V. — Schiffbautechnische Gesellschaft. — Verband der Zentralheizungs-Industrie e. V. — Verband Deutscher Patentanwälte. — Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband. — Verein Deutscher Gießereifachleute. — Verein Deutscher Heizungs-Ingenieure, Bezirk Berlin, e. V. — Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt e. V.

1. Da jedem der veranstaltenden Vereine nur eine beschränkte Zahl von Eintrittskarten zugeteilt wird, empfiehlt es sich, die Karten bei der Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins (Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II) umgehend zu besorgen.
2. Die Eintrittskarten werden gegen Barzahlung oder Einsendung des Betrages auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02 ausgehändigt.
3. Gastkarten werden bei Vermittelung von Mitgliedern des Elektrotechnischen Vereins ausgegeben.
4. Plätze können unter Vorzeigung der Eintrittskarten bei der Geschäftsstelle des „Fest der Technik" im Ingenieurhaus, Friedrich-Ebert-Straße 27, vorausbestellt werden.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Einladung

zur Fachsitzung für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken am Dienstag, dem 29. Oktober 1929, 8 Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. W. Tama, Direktor der Hirsch, Kupfer- und Messingwerke A. G. in Finow (Mark) über:

„Die Verwendung von Kondensatoren zum Zwecke der Verbesserung des Leistungsfaktors in Starkstromnetzen unter besonderer Berücksichtigung der praktischen Erfahrungen bei den Hirsch, Kupfer- und Messingwerken A. G., Finow (Mark)".

Inhaltsangabe:
Es wird die Bedeutung der Phasenverbesserung für die Tarifbildung der Elektrizitätswerke beleuchtet. Als neues Mittel zur Verbesserung des Leistungsfaktors im großen Maßstabe ist der elektrostatische Kondensator heute so weit entwickelt, daß seine Einführung empfohlen werden kann. In den Walzwerksanlagen der Hirsch, Kupfer- und Messingwerke A. G., Finow (Mark), sind in den letzten drei Jahren umfangreiche Versuche zur Einführung von Kondensatoren gemacht worden. Heute hat dieses Werk bereits über 2500 kVA an Kondensatoren der verschiedensten Größen und für Spannungen von 380 V bis 10 000 V praktisch erprobt. Die statischen Kon-

(*Normblattentwurf VDE 2939 Blatt 1 zu S. 1568.*)

Noch nicht endgültig

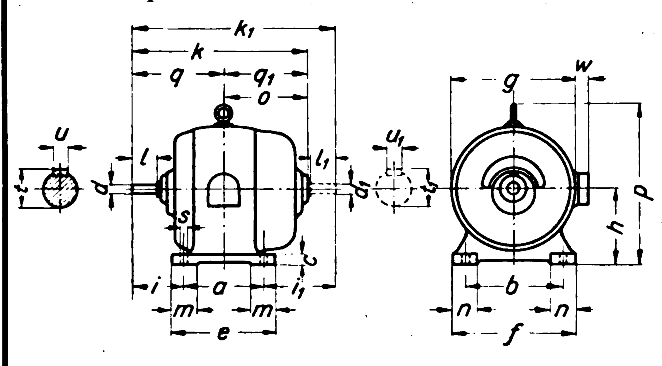
Elektrische Maschinen

Maßbezeichnungen

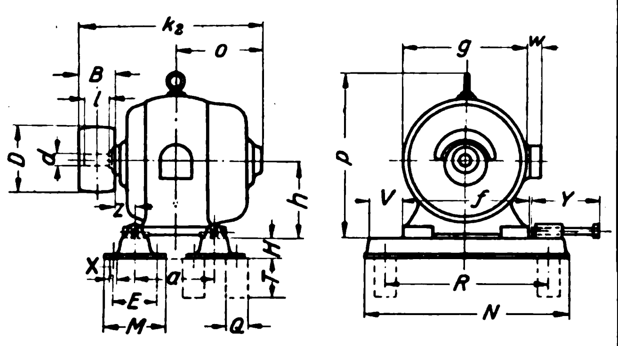
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 2
VDE 2939
Blatt 1

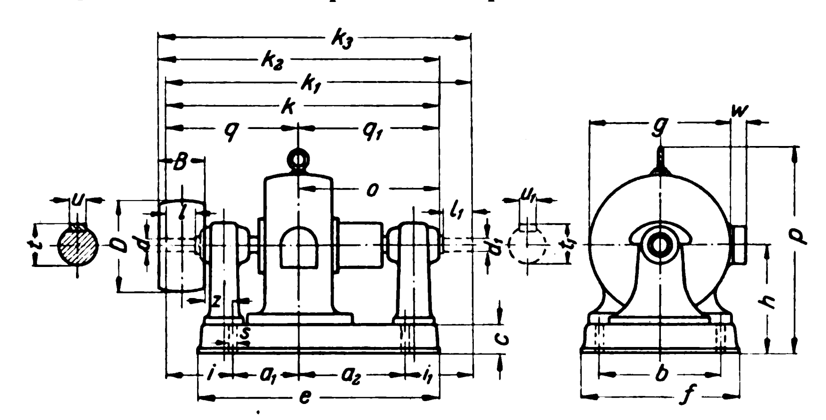
Maschine mit 2 Schildlagern und freiem Wellenstumpf Form B 3 DIN VDE 2950
Maschine mit 2 Schildlagern und 2 freien Wellenstümpfen



Maschine mit 2 Schildlagern Form B 3 DIN VDE 2950 mit Riemenscheibe auf Spannschienen



Maschine mit 2 Stehlagern, freiem Wellenstumpf und Grundplatte Form D 5 DIN VDE 2950 mit Riemenscheibe
Maschine mit 2 Stehlagern, 2 freien Wellenstümpfen und Grundplatte mit Riemenscheibe



- *a* Abstand der Befestigungslöcher des Gehäuses in Achsrichtung
- a_1 a_2 Abstand der Befestigungslöcher der Grundplatte von Mitte Maschine in Achsrichtung
- *b* Abstand der Befestigungslöcher des Gehäuses oder der Grundplatte quer zur Achsrichtung
- *c* Fußstärke oder Grundplattenhöhe
- *d* d_1 Durchmesser der Wellenstümpfe (*d* auf der Antriebseite, d_1 auf der Bürstenseite)
- *e* Länge des Fußes oder der Grundplatte in Achsrichtung
- *f* Breite des Fußes oder der Grundplatte quer zur Achsrichtung
- *g* Größter Durchmesser der Maschine
- *h* Achshöhe, d. h. Unterkante Fuß oder Unterkante Grundplatte bis Mitte Welle
- *i* i_1 Mitte Befestigungslöcher bis Wellenende
- *k* k_1 Gesamtlänge der Maschine mit 1 oder 2 Wellenstümpfen
- k_2 k_3 Gesamtlänge der Maschine mit Riemenscheibe und 1 oder 2 Wellenstümpfen
- *l* l_1 Länge der Wellenstümpfe (*l* auf der Antriebseite, l_1 auf der Bürstenseite)
- *m* Länge der Auflage des Fußes in Achsrichtung
- *n* Breite der Auflage des Fußes quer zur Achsrichtung
- *o* Mitte Maschine bis Außenkante Lager auf Bürstenseite
- *p* Gesamthöhe, d. h. Unterkante Fuß o. Unterkante Grundplatte bis höchsten Punkt der Maschine
- *q* q_1 Mitte Maschine bis Wellenenden
- *s* Durchmesser der Befestigungslöcher des Fußes oder der Grundplatte
- *t* t_1 Unterkante Welle bis Oberkante Paßfeder
- *u* u_1 Breite der Paßfeder
- *w* Ausladung des Anschlußkastens

- *B* Breite der Riemenscheibe
- *D* Durchmesser der Riemenscheibe
- *E* Abstand der Befestigungslöcher der Spannschienen in Achsrichtung der Maschine
- *H* Höhe der Spannschienen
- *M* Breite der Spannschienen
- *N* Länge der Spannschienen
- *Q* Durchmesser oder Seitenlänge des Fundamentloches
- *R* Abstand der Befestigungslöcher der Spannschienen quer zur Achsrichtung der Maschine
- *T* Tiefe des Fundamentloches
- *V* Größte Verschiebung der Maschine auf Spannschienen
- *X* Durchmesser der Befestigungslöcher der Spannschienen
- *Y* Länge der Spannschraube einschließlich Kopf
- *Z* Mitte Befestigungslöcher der Maschine bis Innenkante Riemenscheibe. (Bei Verbreiterung der Riemenscheibe bleibt *Z* unverändert, während k_2 und k_3 sich ändern.)



densatoren spielen ferner eine wichtige Rolle beim Bau und Betrieb von Hochfrequenz-Schmelzöfen.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Fachausschuß
für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken.
Der Vorsitzende:
Dr. Rehmer.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Maschinen und Transformatoren

Die Kommission gibt nachstehend eine durch das Komitee für mechanisch-technische Fragen bearbeitete Erweiterung des Normblattes

(*Normblattentwurf VDE 2939 Blatt 1 auf S. 1567.*)

Elektrische Maschinen

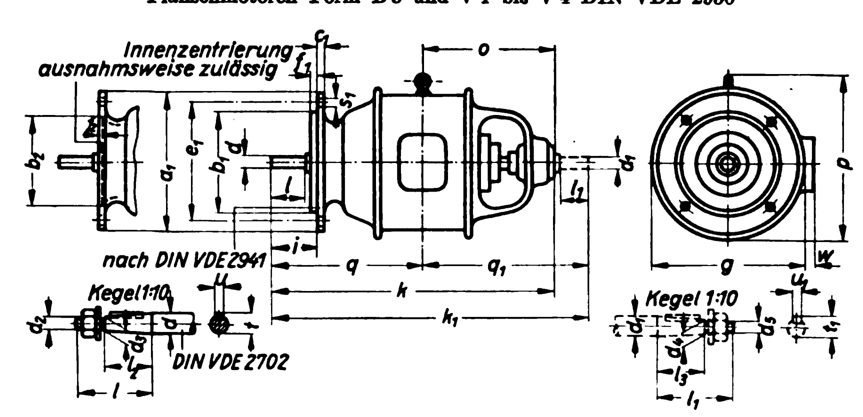
Maßbezeichnungen

Noch nicht endgültig

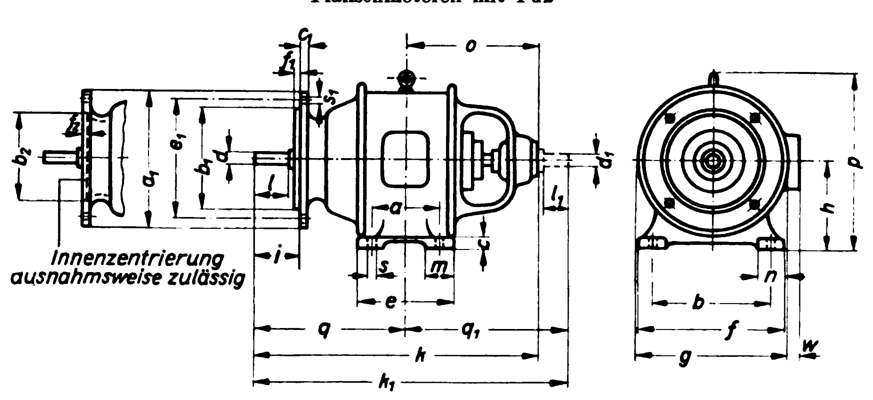
Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 2939
Blatt 2

Flanschmotoren Form B 5 und V 1 bis V 4 DIN VDE 2950



Flanschmotoren mit Fuß



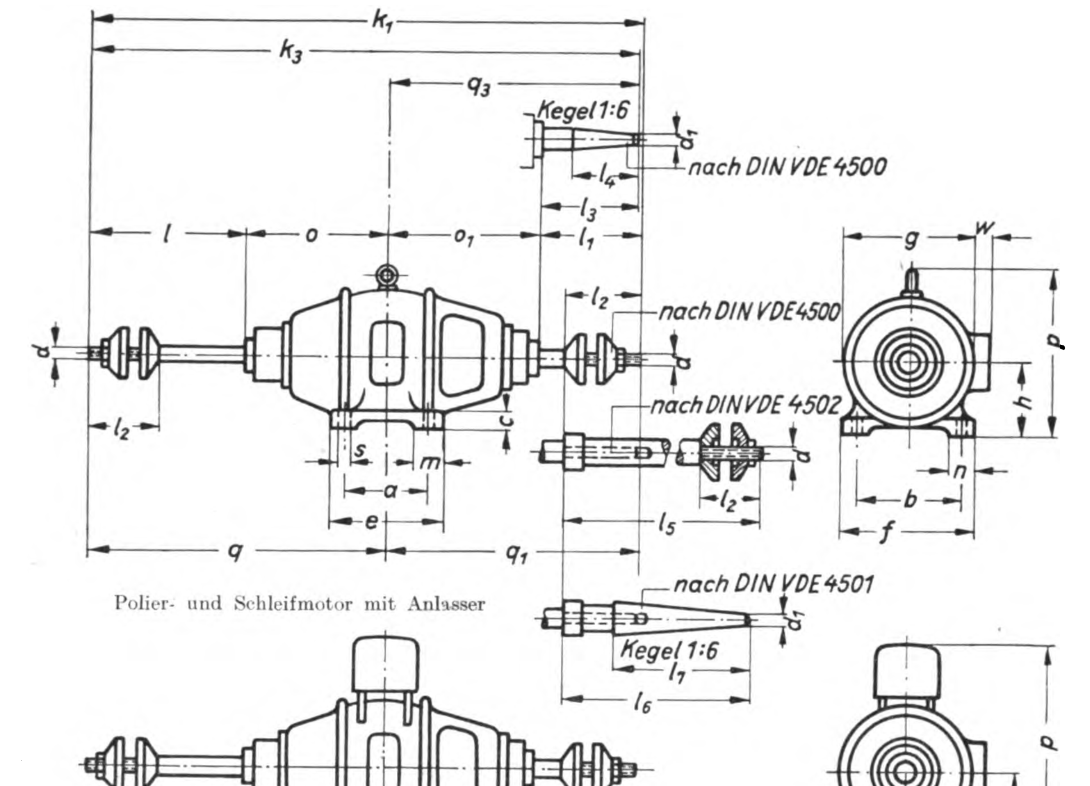
a Abstand der Befestigungslöcher des Gehäuses in Achsrichtung
a_1 Durchmesser des Befestigungsflansches
b Abstand der Befestigungslöcher des Gehäuses quer zur Achsrichtung
b_1 Durchmesser des Zentrierrandes des Befestigungsflansches
b_2 Durchmesser der Zentriereindrehung des Befestigungsflansches
c Fußstärke
c_1 Stärke des Befestigungsflansches
d d_1 Durchmesser der Wellenstümpfe (*d* auf der Antriebseite, d_1 auf der Bürstenseite)
d_3 d_4 Durchmesser der kegeligen Wellenstümpfe am dünnen Ende (d_3 auf der Antriebseite, d_4 auf der Bürstenseite)
d_2 d_5 Durchmesser der Gewindezapfen am kegeligen Wellenstumpf (d_2 auf der Antriebseite, d_5 auf der Bürstenseite)
e Länge des Gehäusefußes in Achsrichtung
e_1 Lochkreisdurchmesser des Befestigungsflansches
f Breite des Gehäusefußes quer zur Achsrichtung
f_1 Höhe des Zentrierrandes
f_2 Tiefe der Zentriereindrehung
g Größter Durchmesser der Maschine
h Achshöhe, d. h. Unterkante Fuß bis Mitte Welle
i Abstand von der bearbeiteten Fläche des Flansches bis Ende Wellenstumpf
k k_1 Gesamtlänge der Maschine mit 1 oder 2 Wellenstümpfen
l Länge des Wellenstumpfes auf der Antriebseite zylindrisch oder kegelig
l_1 Länge des Wellenstumpfes auf der Bürstenseite zylindrisch oder kegelig
l_2 l_3 Länge des kegeligen Wellenstumpfes (l_2 auf der Antriebseite, l_3 auf der Bürstenseite)
m Länge der Auflage des Fußes in Achsrichtung
n Breite der Auflage des Fußes quer zur Achsrichtung
o Mitte Maschine bis Außenkante Lager auf Bürstenseite
p Gesamthöhe, d. h. Unterkante Fuß oder Unterkante Gehäuse bis höchsten Punkt der Maschine
q q_1 Mitte Maschine bis Wellenenden
s Durchmesser der Befestigungslöcher des Fußes
s_1 Durchmesser der Befestigungslöcher des Flansches
t t_1 Unterkante Welle bis Oberkante Paßfeder zylindrisch oder kegelig
u u_1 Breite der Paßfeder zylindrisch oder kegelig
w Ausladung des Anschlußkastens

Oktober 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Forts. Blatt 3



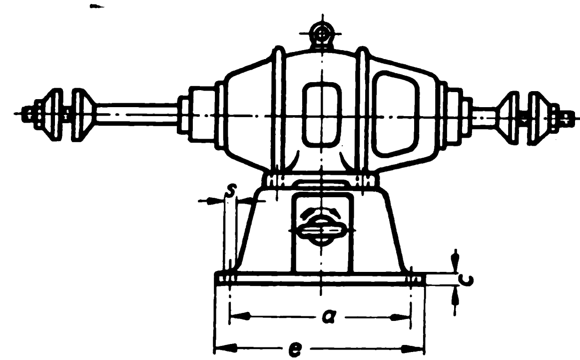
Elektrische Maschinen Maßbezeichnungen	Noch nicht endgültig Elektrotechnik	DIN Entwurf 1 VDE 2939 Blatt 3


Polier- und Schleifmotor ohne Anlasser



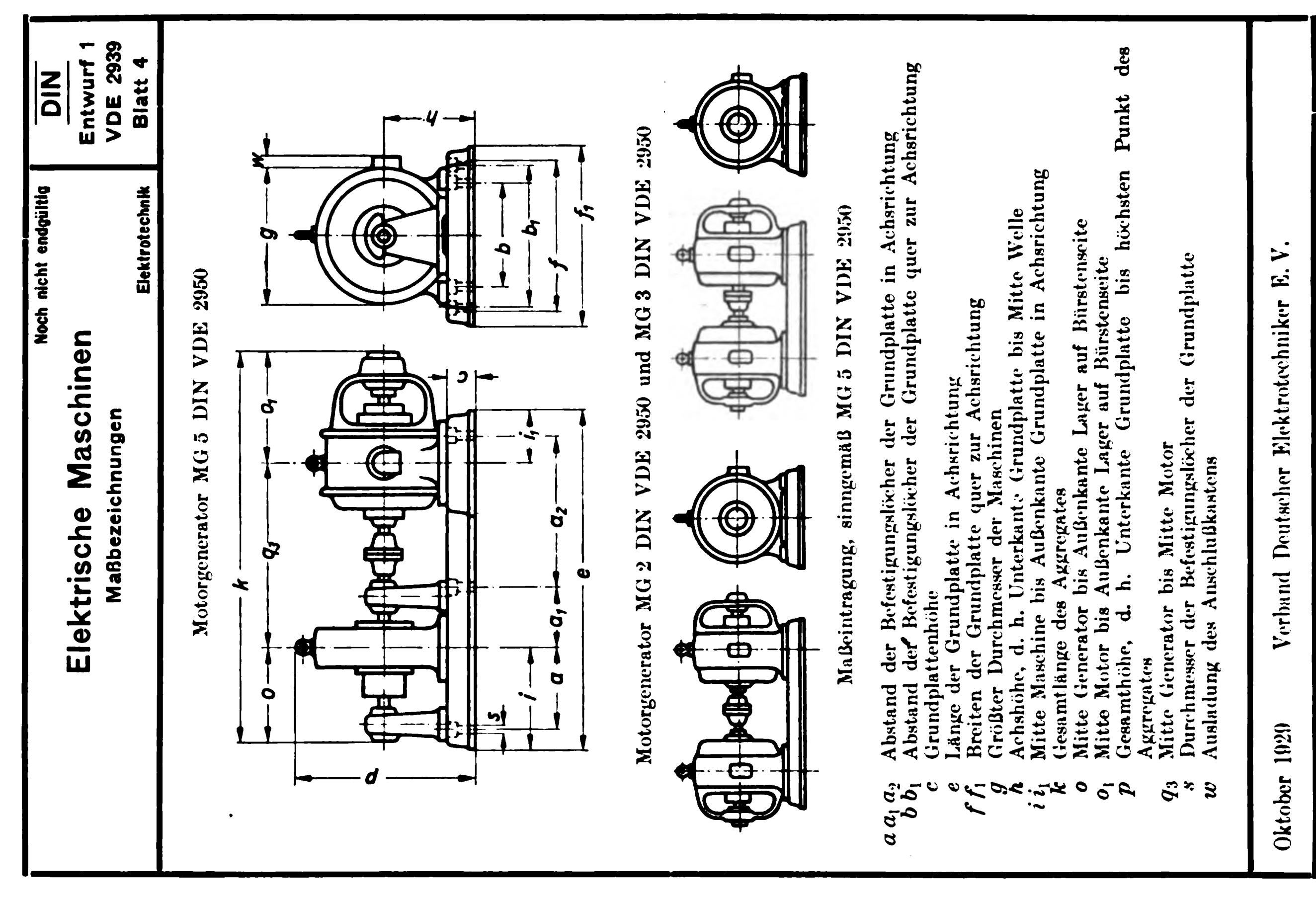
Polier- und Schleifmotor mit Anlasser

Polier- und Schleifmotor mit Anlasser im Sockel



- a Abstand der Befestigungslöcher des Gehäuses oder des Sockels in Achsrichtung
- b Abstand der Befestigungslöcher des Gehäuses oder des Sockels quer zur Achsrichtung
- c Fußstärke des Gehäuses oder Sockels
- d Durchmesser der Gewindezapfen
- d_1 Durchmesser der Kegel der festen und auswechselbaren Polierspitzen am dünnen Ende
- e Länge des Gehäusefußes bzw. des Sockels in Achsrichtung
- f Breite des Gehäusefußes bzw. des Sockels quer zur Achsrichtung
- g Größter Durchmesser der Maschine
- h Achshöhe, d. h. Unterkante Fuß oder Unterkante Sockel bis Mitte Welle
- k_1 Gesamtlänge der Maschine mit 2 Wellenstümpfen mit Gewindezapfen
- k_3 Gesamtlänge der Maschine mit 1 kegeligem Wellenstumpf und 1 Wellenstumpf mit Gewindezapfen
- k_1 k_3 k_5 k_6 siehe Bemerkung unter l_7

- l l_1 Länge der freien Wellenstümpfe
- l_2 Länge der Gewindezapfen an den freien Wellenstümpfen
- l_3 Länge des kegeligen, festen Wellenstumpfes
- l_4 Länge des Kegels
- l_5 Länge der auswechselbaren Polierspitze mit Gewindezapfen
- l_6 Länge der auswechselbaren Polierspitze mit Kegel
- l_7 Länge des Kegels an der auswechselbaren Polierspitze. Entsprechend den verschiedenen Maßen l_1 l_3 l_5 l_6 werden k_1 k_3 k_5 k_6 und q_1 q_3 q_5 und q_6 gebildet
- m Länge der Auflage des Fußes in Achsrichtung
- n Breite der Auflage des Fußes quer zur Achsrichtung
- o o_1 Mitte Maschine bis Außenkante Lager
- p Gesamthöhe, d. h. Unterkante Fuß oder Unterkante Sockel bis höchsten Punkt der Maschine
- q q_1 q_3 q_5 q_6 Mitte Maschine bis Wellenenden
- s Durchmesser der Befestigungslöcher des Motors oder des Sockels
- w Ausladung des Anschlußkastens



DIN VDE 2939 Elektrische Maschinen. Maßbezeichnungen bekannt.

Während das Blatt 1 im wesentlichen mit dem Inhalt des bisherigen Normblattes DIN VDE 2939 vom November 1924 übereinstimmt, stellen die Blätter 2, 3 und 4 eine völlig neue Erstveröffentlichung dar. Bezüglich der Formbezeichnung der Maschinen wird auf das Normblatt DIN VDE 2950 „Elektrische Maschinen. Formen" verwiesen.

Einsprüche gegen die vorliegenden Entwürfe sind bis längstens zum 1. Dezember 1929 in dreifacher Ausfertigung an die Geschäftsstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft, Hannover. 29. X. 1929, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildvortrag Ing. Loke, „Neuzeitl. Antriebe von Werkzeugmaschinen für Metall- und Holzbearbeitung".

Elektrotechn. Verein Leipzig. 29. X. 1929, abds. 8 h, Hotel Sachsenhof, Lichtbild- u. Filmvortrag Obering. Nullau, „El. Antriebsausrüstungen für Druckereimaschinen".

Elektrotechn. Verein München. 23. X. 1929, abds. 8 h, Hörsaal 848 der T. H.: Lichtbildvortrag Obering. Grünwald, „Die Tardo-Sicherung".

Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure, Berlin. — Vortragsreihe über Kontrollen der Betriebswirtschaft, abds. 7½ h, Saal EB 301 der T. H. Berlin:

31. X. 1929: E. Th. Bickel, „Lagerkontrolle".

14. XI. 1929: Dipl.-Ing. H. Gräßler, „Mengenkontrolle der Rohstoffe und in der Fertigung".

28. XI. 1929: Dr. F. H. Zschacke, „Kontrolle durch Wiegen".

12. XII. 1929: Prof. Dr.-Ing. G. Keinath, „Kontrolle der Energiemengen" a) Stromverbrauch im Betrieb, b) Wärmewirtschaft.

16. I. 1930: Prof. Dr.-Ing. E. H. Schulz, „Werkstoffkontrolle (Materialprüfung)".

13. II. 1930: Dr.-Ing. B. Buxbaum, „Kontrolle des Zustandes und der Ausnutzung von Maschinen und maschinellen Einrichtungen".

27. II. 1930: Kontrolle der Genauigkeit von Werkstücken in bezug auf Maße und Gewichte".

27. III. 1930: Dr.-Ing. K. H. Fraenckel, „Zeitkontrolle im Betrieb".

10. IV. 1930: Dr.-Ing. O. Kienzle, „Kontrolle der Wertumsätze durch Haushaltpläne". Zusammenfassung.

Teilnehmerkarten sind bei der Geschäftstelle der ADB. Berlin, Ingenieurhaus, oder am Saaleingang erhältlich. Preis der Karte für sämtliche Vorträge: für eingeschriebene Mitarbeiter 5 RM, für Gäste 10 RM, für einzelne Vorträge 1,50 RM.

LITERATUR.

Besprechungen.

Gleichstrom-Dynamomaschinen. Von Prof. Cl. Schenfer. 2. Aufl. Teil 1 mit 203 Abb. u. 188 S., Teil 2 mit 231 Abb., 2 Tab. u. 264 S. in 4°. Staatsverlag Moskau 1927/28. Preis geb. Teil 1 2,75 Rbl, Teil 2 4,35 Rbl.

Der durch seine zahlreichen Arbeiten auf dem Gebiete des Dynamobaues bekannte Verfasser legt ein Lehrbuch über Gleichstrommaschinen in zwei Teilen vor, das für Hochschulen bestimmt ist. Im ersten Teil auf 184 Seiten wird die Theorie der Gleichstrommaschine behandelt: ihre Ankerwicklungen, der magnetische Kreis, die Ankerrückwirkung, die charakteristischen Kurven und sehr ausführlich die Kommutierung. Im zweiten Teil auf 258 Seiten wird die Arbeitsweise, das Anlassen und die Drehzahlregelung der Gleichstrommotoren, Parallelarbeiten der Gleichstromgeneratoren, die Gleichstromspezialmaschinen u. a. beschrieben. Zum Schluß wird die Berechnung der Gleichstrommaschine auseinandergesetzt und an einem Berechnungsbeispiel sehr ausführlich der Berechnungsgang vorgeführt.

Der Verfasser hat es sich zur Aufgabe gemacht, den behandelten Stoff dem Studierenden leicht zugänglich zu machen, und hat die Aufgabe vortrefflich gelöst. Durch zahlreiche, sonst in den Lehrbüchern nicht übliche Abbildungen und einfache Überlegungen werden dem Studierenden die Schwierigkeiten aus dem Wege geräumt, über die er normalerweise stolpert. Es sei z. B. hingewiesen auf die Abb. 62, die den Verlauf und Größe der Streuung der Gleichstrommaschine erläutern soll, auf die Abb. 67 und die Oszillogramme 68 ... 70, die die Ankerrückwirkung klar machen sollen, auf die Abb. 108, die die Flüsse des Wendepolkreises behandelt u. dgl. In seiner ganzen Art stellt das Werk etwas Einzigartiges dar, indem es durch Vergleiche und Analogien gerade die schwierigsten Begriffe einfach und klar macht. Die Klarheit, welche dieses Werk vorteilhaft von vielen anderen, denselben Stoff behandelnden Werken unterscheidet, macht es zu einem sehr guten Hilfsmittel beim Studium der Gleichstrommaschine. Nicht nur dem Lernenden, sondern auch dem Lehrenden kann das Werk warm empfohlen werden. Dr. Liwschitz.

Discussion of the National Electrical Safety Code. (Handbook series of the Bureau of Standards, Nr. 4.) Mit 32 Fig. i. Text, VI u. 334 S. in 8°. Verlag United States Government Printing Office, Washington 1928. Preis geb. 1 $.

Das Buch vertritt ungefähr die Stelle der in Deutschland zu den Vorschriften des VDE herausgegebenen „Erläuterungen". Es ist vom Bureau of Standards herausgegeben, und nur das Vorwort trägt die Unterschrift des Direktors George K. Burgess. Die Vorschriften selbst sind nicht mit abgedruckt; aber die einzelnen Abschnitte sind gleichlautend mit denen der Vorschriften betitelt. Dementsprechend beziehen sich die fünf Teile auf: 1. Errichtung und Unterhaltung von Elektrizitätswerken, 2. Errichtung und Unterhaltung von oberirdischen und unterirdischen Speiseleitungen und Netzen, 3. Errichtung und Unterhaltung von Verbrauchsanlagen, 4. Betrieb von elektrischen Einrichtungen und Leitungen, 5. Radioanlagen.

Die einzelnen Erörterungen erklären den Zweck der jeweils erläuterten Vorschrift und gehen vielfach auf die physikalischen Vorgänge ein, die dabei ins Spiel treten. Zum Teil sind beispielsweise Maßbestimmungen als Anhaltspunkte für die Ausführung gegeben. Im allgemeinen ist aber vermieden, die Vorschriften selbst durch weitergehende Bestimmungen einzuengen oder auf bestimmte Ausführungsformen festzulegen. Vielmehr tritt vielfach die Absicht hervor, dem sachverständigen Ermessen einen wohlverstandenen Spielraum zu lassen. Anderseits heißt es auf S. 2: „Es können Fälle vorkommen, wo richtige Überlegung zu schärferen Maßnahmen führt, als sie in den Vorschriften gefordert sind, wenn ein angemessener Grad von Sicherheit gewährleistet werden soll."

In ähnlichem Geist ist auf S. 91 gesagt: „Man hat es für richtiger gehalten, vernünftige und mäßige Forderungen zu stellen, die allgemein erfüllbar sind, als ideale Anforderungen, die so streng sind, daß sie in vielen Fällen nicht erzwungen werden können."

Viele derartige äußerst richtige und wichtige Sätze finden sich in dem Buche neben mancherlei praktisch wertvollen Einzelheiten. Leider verbietet es der Raum, noch mehr Beispiele anzuführen. Das Buch zeigt deutlich, daß man in Amerika eifrig bestrebt ist, die Sicherheit der Anlagen nicht in erster Linie von einer gehäuften Zahl strenger Einzelvorschriften zu erwarten, sondern von vertiefter Unterweisung über ihren Zweck und von vertieftem Verständnis der in den Vorschriften enthaltenen Weisungen. C. L. Weber †.

Navigational wireless. Von S. H. Long. Mit 162 Textabb., XI u. 161 S. in 8°. Verlag von Chapman & Hall, Ltd., London 1927. Preis geb. 12,6 s.

Dies Buch ist offenbar durch das 1½ Jahr früher erschienene von Leib—Nitzsche, Funkpeilungen, Berlin 1926, 210 S., 195 Abb., angeregt worden, das ihm im wesentlichen als Vorlage gedient hat. Beide Bücher sind aus dem Bedürfnis entstanden, den Funktechnikern und den Nautikern, die beide an dem Gegenstand interessiert sind, die nötigen Erläuterungen auch über die jedem weniger geläufige Seite der Sache zu geben. So gliedern sich die Bücher in technische und nautische Abschnitte. Im englischen Buch behandeln die fünf ersten Kapitel Funktechnik, u. zw. Allgemeines aus der Elektrizitätslehre (Kap. 1): Gitterröhren (Kap. 2); Ausbreitung und Empfang der Funkwellen, Achter-Diagramm des Peilrahmens und Seitenbestimmung im Herz-Diagramm (Kap. 3); Richtsender (Telefunkenkompaß), Robinsonscher Sender, Marconis Strahlwerfer) und Richtempfänger (mit Doppelrahmen nach Robinson, mit einfachem Rahmen nach Koster und Dunmore, Bellini, Siemens-Brothers und Telefunken) (Kap. 4); Angaben über Einbau an Bord (Kap. 5). Die gleichen Systeme sind im Leib—Nitzsche beschrieben; nur fehlt hier die im Longschen Buche am ausführlichsten beschriebene Apparatur von Siemens, die aber der deutschen Telefunkenkonstruktion im wesentlichen gleicht.

Kap. 6 geht mit der Lehre über die durch das Schiff hervorgerufene Funkfehlweisung in das Grenzgebiet zwischen Funktechnik und Nautik, während dieser die letzten Kapitel gewidmet sind: Merkator- und gnomonische Karte (Kap. 7); nautische Verwendung der Funkpeilungen (Kreuzpeilung, Zielfahrt, Ortung) (Kap. 8); Eintragung der Peilungen in Seekarten (Kap. 9); Peilstörungen (Kap. 10). Ein Schlußkapitel spricht über Navigationshilfen im Nebel wie Funkbaken, Abstandsbestimmung durch Funk und Schall und Echolote. Das englische Buch ist etwas kürzer gehalten als das deutsche, das manche Abschnitte gründlicher behandelt. Der elektrische Teil der Aufgabe scheint dem englischen Verfasser besser gelegen zu haben als der nautische, in welchem man einzelne Entgleisungen findet, wie die Darstellung der Merkatorprojektion als eine perspektivische Abbildung der Kugel aus ihrem Zentrum auf den im Äquator berührenden Zylinder, die Angabe, die Loxodromen seien in der gnomonischen Karte Kreisbogen oder beim Maurerschen Diagramm zur Beschickung einer Funkpeilung auf Merkatorpeilung Einführung des Breitenunterschieds, wo ein Längenunterschied in Betracht kommt. Bezüglich der heute stark bezweifelten sogenannten Küstenbrechung der Funkstrahlen wird noch eine vollkommene Analogie zur Lichtbrechung angenommen. Interessant ist die Theorie des Nachteffekts nach Eckersley.

Im ganzen ist anzunehmen, daß das Buch seinen Zweck, den englischen Funktechnikern und Nautikern die Funkpeilung verständlich zu machen, erfüllt, ebenso wie es in Deutschland das Buch von Leib und Nitzsche tut. H. Maurer.

Preußische Wasserbenutzungsrechte, erworben durch unvordenkliche Verjährung, Ersitzung oder Verleihung staatlichen Regals. Von Rechtsanwalt Dr. L. Sternberg. (Mitt. d. Dt. Wasserwirtschafts- u. Wasserkraft-Verbandes E. V. 1928, H. 23.) Mit 42 S. in 8°. Zu bez. durch d. Verbandsgeschäftstelle: Bln.-Halensee, Joachim-Friedrich-Str. 50. Preis geh. 2 RM.

Die Schrift behandelt die Wasserbenutzungsrechte, erworben durch unvordenkliche Verjährung, Ersitzung oder Verleihung staatlichen Regals im Geltungsbereich des preußischen Wassergesetzes vom 7. IV. 1913. Es werden also die drei wichtigsten Arten der sog. titulierten Rechte erörtert, u. zw. in ihrer rechtshistorischen Entwicklung, ihrer gegenwärtigen Bedeutung und in ihrer Beurteilung durch die Rechtsprechung und das Schrifttum.

Wasserstreitsachen gehören anerkanntermaßen zu den Prozessen, die langwierig und kostspielig zu sein pflegen und insbesondere auch hinsichtlich der Beweisführung über die Berechtigung der geltend gemachten Ansprüche sehr genaue Kenntnisse der Eigentümlichkeiten des Wasserrechts verlangen. In dieser Beziehung gibt die Schrift wertvolle Aufklärungen und wird dem Leiter eines Wassertriebwerkes manche nutzbringenden Kenntnisse vermitteln. v. dem Busch.

Praktische Infinitesimalrechnung. Von F. F. P. Bisacre. Berecht. deutsche Ausg. unt. Mitwirkung v. Prof. Dr. E. Trefftz herausg. v. Dr. E. König. Mit 101 Abb. u. 5 Bildnistaf., XI u. 364 S. in 8°. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1929. Preis geb. 18 RM.

Das Buch führt in die Infinitesimalrechnung mit praktischen Zielen ein; es ist ganz elementar und anschaulich gehalten und erfordert nur geringe Vorkenntnisse. Die theoretischen Erörterungen, an Beispiele anknüpfend, legen den Hauptwert auf Einfachheit und Faßlichkeit. Auf die unendlichen Reihen wird in dem elementaren Buche nicht eingegangen. Die zahlreichen Anwendungen entstammen den Gebieten der Mechanik, der Elektrizität, der physikalischen Chemie, der Thermodynamik. Die Auswahl der Übungen unterliegt dem Gesichtspunkt der systematischen Vollständigkeit, wird aber anderseits nicht unnötig ausgedehnt. Von den sämtlichen Aufgaben sind im Interesse des Selbststudiums die Ergebnisse, von den schwierigen auch die Lösungsmethoden mitgeteilt. Aufnahme der Bilder und Lebensläufe berühmter Wissenschaftler soll menschliche Anteilnahme erwecken. Als erste Einführung kommt das Buch für die Studierenden der Natur- und Ingenieurwissenschaften sehr wohl in Frage. Fender.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Zusammenschluß in der deutschen Schwachstromindustrie. — Nach Mitteilung des Berl. Tagebl. ist beabsichtigt, die Aktienmajoritäten der Mix & Genest A. G., der Ferdinand Schuchhardt, Berliner Fernsprech- u. Telegraphen-Werk A. G. und der Süddeutschen Telefon-Apparate-, Kabel- und Drahtwerke A. G., Nürnberg, in einer Holdinggesellschaft zusammenzufassen. Die International Telephone & Telegraph Co., die bereits die Aktienmehrheit von Schuchhardt besitzt, wird den in dem neuen Unternehmen vereinigten Gesellschaften ihre gesamten Patente zur Verfügung stellen und für ausreichende Finanzierungsmöglichkeiten sorgen. Das Aktienkapital der Holdinggesellschaft soll 20 bis 30 Mill RM betragen, während das der Mix & Genest A. G. (AEG-Konzern) z. Z. 16 Mill RM, das der Süddeutschen Telefon-Apparate-, Kabel- und Drahtwerke 3 Mill RM und das der Schuchhardt A. G. 1,75 Mill. RM ausmacht. Die zum Felten & Guilleaume-Konzern gehörende Nürnberger Gesellschaft wird an dem Zusammenschluß nur mit ihrer soeben als Süddeutsche Apparatefabrik G. m. b. H. (SAF) abgezweigten Fernsprechabteilung teilnehmen, aber nicht mit der Kabelabteilung und Radio G. m. b. H. Die geplante Vereinigung soll ein enges Zusammenarbeiten der beteiligten Gesellschaften in organisatorischer und betrieblicher Hinsicht herbeiführen und vor allem den starken Wettbewerb mildern, der die Lage der deutschen Schwachstromindustrie bisher überaus ungünstig beeinflußt hat. Wie das Berl. Tagebl. schreibt, wird daran gedacht, auch eine Reihe weiterer Schwachstromunternehmungen in die Kombination einzubeziehen. Es handelt sich hier um eine im einzelnen noch nicht ganz feststehende Transaktion von großer Bedeutung, die sich bei dem Einfluß der AEG und vor allem des mächtigen amerikanischen Partners (rd. 143 Mill. $ Aktienkapital) auf die neue Holdinggesellschaft u. U. sehr weitgehend auswirken kann.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile hat im Mai 1929 mit 11 158 916 $ den Wert des vorjährigen Parallelmonats (9 857 543 $) um 1 301 373 $ oder 13 % übertroffen. Bemerkenswert höhere Werte ergaben sich für Teile und Zubehör von Motoren, Radiogerät, Telegraphen- und Fernsprechapparate, Zündsysteme, Innenbeleuchtungsmaterial und für nicht weiter spezifizierte elektrische Vorrichtungen, während u. a. Starkstromschalttafeln, Bahnmotoren, industrielle Lokomotiven und Staubsauger an Wert eingebüßt haben. Die Lieferungen der Union betrugen im Berichtsmonat nach Europa 1 981 586 $ (England: 568 947 $, Spanien: 251 223 $, Deutschland: 229 146 $), nach der westlichen Halbkugel 6 565 286 $ (Kanada: 3 449 509 $, Argentinien: 765 697 $, Mexiko: 600 753 $) und nach Asien, Afrika und Ozeanien 2 612 044 $ (Australien: 698 359 $, Japan: 457 008 $, China: 436 816 $).

Auf das mit Juni abgeschlossene erste Halbjahr 1929 entfällt ein Ausfuhrwert von 70 788 339 $, d. s. 33 % mehr als auf die gleiche Periode des Vorjahres (53 266 866 $). Die Zunahme verteilt sich weitgehend auf die verschiedenen Erzeugnisse und war besonders bemerkenswert bei Akkumulatoren und kleinen Batterien, Transformatoren mit Ausnahme der Krafttransformatoren über 500 kVA, Elektrizitätszählern, kleinsten und stationären Motoren unter 200 PS, Zubehörteilen zu solchen Triebwerken, Radio-, Telegraphen- und Fernsprechgerät, Zündsystemen, Beleuchtungsmaterial, nicht näher bezeichneten elektrischen Apparaten, Porzellan- und Glaswaren sowie bei isolierten Leitungen aus Kupfer. Der Export von Kühlvorrichtungen bewertete sich zu 6,256 Mill $. Gegen das 1. Halbjahr 1927 zurückgegangen ist u. a. die Ausfuhr von Krafttransformatoren, Umformern, Starkstromschalttafeln, Bahnmotoren und elektrischen Lokomotiven sowie von Staubsaugern, Ofenelektroden.

Vorgänge im Ausland. — Der Verwaltungsrat der A. G. Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz), hält es mit Rücksicht darauf, daß sich in der Elektroindustrie Deutschlands, Englands und Frankreichs das Eindringen fremden, besonders amerikanischen Kapitals bemerkbar mache und ausländische Einflüsse um die Herrschaft kämpfen, für seine Pflicht, rechtzeitig Sicherungen gegen eine Überfremdung zu treffen. Er hat infolgedessen beantragt, das Aktienkapital von 39,20 auf 47,04 Mill Fr durch Ausgabe von 112 000 Namensaktien B mit je 70 Fr Nennwert zu erhöhen, die dasselbe Stimmrecht besitzen wie die bisherigen 350 Fr-Aktien und restlos den alten Aktionären zum Bezug angeboten werden sollen. Der Verwaltungsrat verlangt aber für sich das Recht, die Übertragung dieser B-Aktien auf neue Besitzer ohne Angabe von Gründen zu verweigern und sie Ausländern gegenüber je Person oder Firma auf 500 Stück zu beschränken. — Eine ähnliche Schutzmaßnahme hat kürzlich die Verwaltung der Compagnie Française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, Paris, beschlossen, indem sie auch neue Aktien, u. zw. für 30 Mill Fr zu je 100 Fr mit gleichem Stimmrecht wie die bisherigen (je 500 Fr) auszugeben gedenkt, deren Zuteilung, Verkauf oder Abtretung aber von der Genehmigung des Aufsichtsrats abhängig macht. — Gemäß einer Vereinbarung zwischen der British Thomson-Houston Co. und der Edison Swan Electric Co. hat letztere das Installations-, Beleuchtungs- und Radiogeschäft (einschl. der Mazda-Röhren) sowie die Herstellung elektrischer Kühlvorrichtungen von Thomson-Houston übernommen, doch bleibt der Vertrieb von Mazda-Lampen nach wie vor in Händen der Thomson-Houston Co. — Die amerikanische Johns-Manville Corp., die Insulite Co. und die United States Gypsum Co. mit einem Gesamtvermögen von 250 Mill. $ und 75 Mill $, die sich aus der Verbindung mit fremden Gesellschaften ergeben, haben nach der El. Review eine Art Kartell gebildet. Es sind die größten Unternehmungen der V. S. Amerika auf dem Gebiet des Isoliermaterials, die auch eine Anzahl Papierfabriken, Wasserkraftwerke, chemische Anlagen usw. kontrollieren. — Die 14 Großhandelsgesellschaften der General Electric Co., Schenectady, sind mit Wirkung vom 1. X. nach der El. World in der General Electric Supply Corp. vereinigt worden, die besser als die einzelnen Unternehmungen in der Lage ist, die Kundschaft schnell und mit größerer Wirtschaftlichkeit zu bedienen. — Der Erwerb der Northeast Electric Co., Rochester, eine, wie El. World meldet, 13 Mill $-Transaktion, führt die General Motors Corp. nunmehr auch zur Herstellung elektrischer Ausrüstungen. Nach der Dt. Allg. Zg. bereitet sie außerdem mit der Radio Corporation of America die Gründung einer Empfangsapparate-Fabrik (10 Mill $ Kapital) und die Übernahme der Sonora Radio Co. sowie der Fada Radio Co. vor. — Die Telefon-A. B. L. M. Ericsson, Stockholm, hat ihre Interessen in Lateinamerika neuerdings beträchtlich erweitert und im Norden wie im Westen Mexikos große Fernsprechanlagen erworben. Im Nordwesten Argentiniens wird sie ein neues automatisches Telephonsystem einrichten.

Aus der Geschäftswelt. — Anfangs Oktober haben folgende zehn Kabel- und Drahtfabriken: die Deutschen Kabelwerke A. G., die C. J. Vogel, Draht- und Kabelwerke A. G., die Norddeutschen Kabelwerke A. G., Berlin, das Kabelwerk Rheydt A. G., die Hackethal-Draht- und Kabel-Werke A. G., Hannover, das Kabelwerk Duisburg, die Süddeutschen Kabelwerke, Mannheim, die Osnabrücker Kupfer- und Drahtwerke, Dr. Cassirer & Co. und Neumeyer, Nürnberg, zwecks Wahrung ihrer Interessen, besonders im Ausland, mit 0,5 Mill RM eine Gesellschaft m. b. H. gegründet, als deren Hauptgegenstand die gemeinschaftliche Organisation des Exports genannt wird.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Hannoversche Stromversorgungs-A. G., Hannover (6 Mill RM): Errichtung, Erwerb und Betrieb elektrowirtschaftlicher Anlagen. (Vgl. ETZ 1929, S. 725, 1381); Klein & Stadler G. m. b. H., Fabrik für Steatit-Isolationen, Nürnberg (50 000 RM): Errichtung und Betrieb einer Fabrik zur Herstellung von Bestandteilen und Zubehörteilen für die elektrotechnische Branche; Janke & Schmidt, Maschinenbau für Glühlampen und Glasindustrie G. m. b. H., Berlin (50 000 RM): Herstellung von Maschinen zur Fabrikation elektrischer Glühlampen, Radioröhren usw.; Tekade-Radio G. m. b. H. Vertriebsgesellschaft der Radio-Erzeugnisse der Süddeutschen Telefon-Apparate, Kabel- und Drahtwerke A. G. Nürnberg, Nürnberg (0,1 Mill RM); Teltower Kreiswerke G. m. b. H., Nowawes (6,4 Mill RM): Erzeugung, Lieferung und Ankauf von elektrischer Arbeit, Gas usw., Errichtung der hierzu erforderlichen Werke usw. Hauptgesellschafterin ist die Deutsche Continental-Gas-Gesellschaft, Dessau; „Elgeff" Elektrizitäts-Gesellschaft für Effektbeleuchtung m. b. H., Kretschmer & Co., Leipzig (20 000 RM): Fabrikation und Vertrieb von Effektbeleuchtungen, Vertrieb von Glühlampen usw.; Accumulatoren-Fabrik Oettl G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Fabrikation von und Handel mit allen in der Elektrobranche verwendeten Artikeln, insbesondere Akkumulatoren; Baerecke und Perthen G. m. b. H., Berlin (30 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Artikeln der elektrotechnischen Branche.

[1] El. World Bd. 94, 1929, S. 303, 497. Vgl. ETZ 1928, S. 1460; 1929, S. 1140.

Abschluß des Heftes: 19. Oktober 1929.


Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W
573—1612) 31. OKTOBER 192

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 31. Oktober 1929 | Heft 44

Das alte und das neue Fernamt in Berlin*.

Betriebsfragen und technische Lösungen für den Fernsprech-Weit- und -Massenverkehr.

Von **F. Helmdach,** Berlin.

Übersicht. Die technischen Einrichtungen des neuen Fernamts in Berlin werden beschrieben und mit den Einrichtungen des alten Fernamts verglichen.

Am 18. V. 1929 wurde in Berlin, Winterfeldtstr. 28/30, ein neues Fernamt in Betrieb genommen (Abb. 1). Da das neue Amt eines der größten derartigen Ämter ist und die neuesten technischen Einrichtungen enthält, dürfte es angebracht sein, durch Vergleich zwischen den Einrichtungen im alten und denen im neuen Amt darzulegen, welche Wege die Technik bei der Lösung der vielseitigen Aufgaben eingeschlagen hat und welche Entwicklung weiter nötig wird, um den Betrieb des großen Amtes für den Weit- und Massenverkehr sicherzustellen.



Abb. 1. Ansicht des neuen Fernamtgebäudes.

Die neue Einrichtung dient dem Fernverkehr, der ein Vorbereitungsverkehr ist. Die Ferngespräche werden nicht sofort bei ihrem Anfall ausgeführt, weil die langen kostspieligen Leitungen nicht in so großer Zahl vorhanden sein können, daß jede Verbindung sofort hergestellt werden kann. Die Ferngespräche werden daher erst aufgezeichnet und dann in der Reihenfolge ihrer Anmeldezeit ausgeführt. Zur Aufzeichnung der Anmeldungen dient das Meldeamt. Bei der Ausgestaltung des Meldeamtes kommt es darauf an, den Teilnehmer, der ein Ferngespräch anmelden will, möglichst ohne Verzug abzufertigen. Es müssen daher von den einzelnen Ortsämtern Leitungen in genügender Zahl nach dem Meldeamt vorhanden sein, so daß jede verlangte Verbindung, ohne daß „besetzt" gegeben zu werden braucht, ausgeführt werden kann. Im Meldeamt muß dann der Anruf des Teilnehmers ebenfalls ohne Verzögerung abgefragt und die Anmeldung aufgezeichnet werden. Der Anruf des Teilnehmers muß also im Meldeamt stets an eine freie, aufnahmebereite Beamtin gelangen. Dies ist im alten und neuen Amt dadurch erreicht, daß die Meldeleitungen im Fernamt auf Wählern enden, die über Mischwähler sich jeweils einen freien, arbeitsbereiten Arbeitsplatz auswählen. Der Platz muß also mit einer Beamtin besetzt sein, die zur Aufnahme der Anmeldung bereit ist. Die Mischwähler steuern einen Arbeitsplatz nur dann an, wenn die Abfragegarnitur der Beamtin in der Buchse steckt; arbeitsbereit ist jeder eingeschaltete Platz erst dann, wenn die Beamtin nach Abnahme der vorhergehenden Anmeldung sich freischaltet. Beim Anhängen des Teilnehmerapparates wird die Meldeleitung auf dem Ortsamt frei, so daß sie zu einer anderen Anmeldung wieder benutzt werden kann. Der Arbeitsplatz einer Meldebeamtin wird erst dann für das Auflaufen eines weiteren Wählers freigegeben, wenn die Beamtin die Freimeldetaste drückt; denn da die Meldebeamtin bei der gleichzeitigen Abgabe mehrerer Anmeldungen längere Zeit mit der Ausfertigung der Zettel beschäftigt ist, wäre es nicht wirtschaftlich, die Meldeleitung auch während dieser Zeit besetzt zu halten. Die Meldebeamtin sperrt also während der Zettelausfertigung ihren Arbeitsplatz für weitere Anrufe. Darin liegt eine gewisse Gefahr für den Betrieb; denn eine Beamtin, die Schonungsbedürftigkeit in sich fühlt, kann durch Verzögerung des Freigabezeichens verhüten, daß ein neuer Anruf auf ihren Arbeitsplatz aufläuft. Im alten Amt war daher vor die Meldeamtsanlage ein Überwachungsfeld vorgeschaltet, an dem jede Phase der Beamtentätigkeit durch Lampensignal kenntlich war. Eine gelbgrüne Lampe zeigte an, daß der Platz eingeschaltet und arbeitsbereit war, eine weiße Lampe zeigte den auflaufenden Anruf an. An ihrem Verlöschen war zu erkennen, in welcher Zeit der Anruf abgefragt wurde. Eine rote Lampe zeigte das Freiwerden der Leitung an, das Verschwinden der roten Lampe und das Wiedererscheinen der grünen Lampe zeigte an, wenn der Arbeitsplatz wieder abnahmebereit wurde. Im neuen Amt ist dieses Lampenfeld nicht wieder eingerichtet. Nach dem Schlußzeichen des Teilnehmers erscheint dafür am Arbeitsplatz der Meldebeamtin ein „Beschäftigungszeichen", eine flackernde Lampe, die bis zum Drücken der Freimeldetaste leuchtet.

Da für Ferngesprächanmeldungen keine Besetztfälle vorkommen sollen, muß das Ortsamt durch eine ausreichende Zahl von Meldeleitungen mit dem Fernamt verbunden sein; das Fernamt muß dafür sorgen, daß ein Anruf des Teilnehmers stets einen freien, arbeitsbereiten Platz vorfindet. Die Besetzung der Meldeplätze mit Personal kann jedoch nur nach dem durchschnittlichen Verkehrsanfall erfolgen. Da aber der Verkehr stark schwankt und sich innerhalb der verschiedenen Tagesstunden ändert, wäre es unwirtschaftlich, stets so viel Arbeitsplätze besetzt zu halten, als Anrufe im Höchstfalle aufkommen können. Daher ist eine Vorrichtung erforderlich, die angibt, ob und möglichst auch in welcher Zahl Anrufe eingehen, die keinen freien Arbeitsplatz erreichen können. Im alten Amt war dafür ein „Wartefeld" eingebaut, in dem durch Aufleuchten einer Lampe für jeden Anruf kenntlich gemacht war, daß dieser Anruf keinen freien, abnahmebereiten Platz fand. Im neuen Amt ist im „Wartefeld" gekennzeichnet, daß der erste Wähler keinen freien Ausgang findet. Von dem Wartefeld werden die auflaufenden Anrufe selbsttätig abgeschaltet. Im alten Amt zeigte eine grüne Lampe an, daß im Wartefeld mehr als 10 Anrufe lagen. Ihr längeres Brennen gab dem Ober-

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 23. IV. 1929.

aufsichtsbeamten ein Zeichen, daß mehr Arbeitsplätze eingeschaltet werden mußten. Schon vor Erscheinen der grünen Lampe hatte nach einer Betriebsvorschrift die Beamtin des Überwachungsplatzes durch Einschalten einer roten Lampe den Meldebeamtinnen ein Zeichen zu geben, sich in ihrer Arbeit etwas zu beeilen, da weitere Teilnehmer auf Beantwortung ihres Rufes warten. Im neuen Amt wird durch Stromzeiger (Amperemeter) angezeigt, wieviel Arbeitsplätze eingeschaltet sind und wieviel Anrufe keinen freien Ausgang finden. Der Unterschied beider Anzeigen ergibt die Zahl der zweckmäßig einzuschaltenden Arbeitsplätze.

Im alten Amt waren 96 Meldeplätze vorhanden, die den Betriebsanforderungen der letzten Zeit nicht mehr genügten; im neuen Amt sind 190 Meldeplätze aufgebaut, von denen 132 betriebsbereit sind und 58 durch Auftrennen der Gruppenwählerbeschaltung ohne weiteres in Betrieb gesetzt werden können.

Die im Meldeamt aufgenommenen Anmeldeblätter müssen möglichst schnell zu den Arbeitsplätzen der Fernleitungen gesandt werden, für die das Gespräch bestimmt ist. Hierzu dient in beiden Ämtern eine umfangreiche Band- und Zettelrohrpost. Die Zettel werden durch Bandpost von den Meldeplätzen zu einer Zettelverteilungstelle auf der Empore des Meldesaales befördert; hier werden sie verteilt und durch Saugluft-Rohrpost zu Verteilern auf den Fernsaalemporen geschickt. Von den Saalemporen zu den Fernplätzen erfolgt die Beförderung durch Druckluft-Rohrpost, u. zw. ist für je 4 Fernplätze ein Druckluftrohr vorgesehen.



Abb. 2. Meldeamt.

Abb. 2 zeigt den Meldesaal des neuen Amtes mit dem Blick auf die Empore, auf der die Zettelverteilungstelle und die Nachforschungstelle untergebracht sind.

Die im Fernamt betriebenen Fernleitungen sind zur Überleitung des Betriebes schon seit längerer Zeit in das neue Gebäude eingeführt; bei der Verlegung der Fernkabel war die Einführung in das neue Gebäude berücksichtigt. Die Verlängerung der Leitungen vom neuen zum alten Amt (Entfernung rd. 4 km) erfolgte, soweit nicht Fernkabel zur Verfügung standen, durch Teilnehmerkabel. Bei der Aufteilung der Kabel und bei ihrer Führung im Innern des Gebäudes wurden die Erfahrungen benutzt, die bei der Erweiterung des alten Amtes (1922) gemacht waren. Die Beschreibung der Führung im alten Amt dürfte sich danach erübrigen.

Im neuen Amt sind die eingeführten Fernkabel im Keller in 20teilige Kabel aufgeteilt und enden im Endverschlußraum auf sog. Trenn-Endverschlüssen, die für Berlin besonders entwickelt sind. Bei diesen Endverschlüssen enden die Kabelader und die Innenleitung in je einer Buchse. Beide Buchsen sind durch herausnehmbare Bügel miteinander verbunden, so daß ohne Klemmschrauben oder ohne Lötung eine sichere Verbindung und leichte Trennung ausführbar sind. Abb. 3 zeigt einen Teil eines Gestells für die Trenn-Endverschlüsse.

Bei der Führung und Verdrahtung der Leitungen im Amt ist darauf gehalten, daß die Stammleitungen und der daraus gebildete Vierer in Schaltdrähten mit Viererverseilung zusammengeführt werden, um Übersprechen zu vermeiden. Bei Vierdrahtleitungen ist dagegen jeder Stamm in einem anderen Innenkabel geführt, so daß Zu- und Ableitung in anderen Kabeln liegen. Die Kernvierer jeder Kabels sind durch je besondere Trenn-Endverschlüsse abgeschlossen und werden besonders geführt. Die Endverschlüsse sind an einem Gestell vereinigt, Hauptverteiler außen (Vha). Von dem Vha führen die Leitungen allgemein zum Ringübertragergestell in hochspannungssicherer Führung. Bei Leitungen, die mit Unterlagerungstelegraphie belegt sind, führt vor dem Ringübertrager

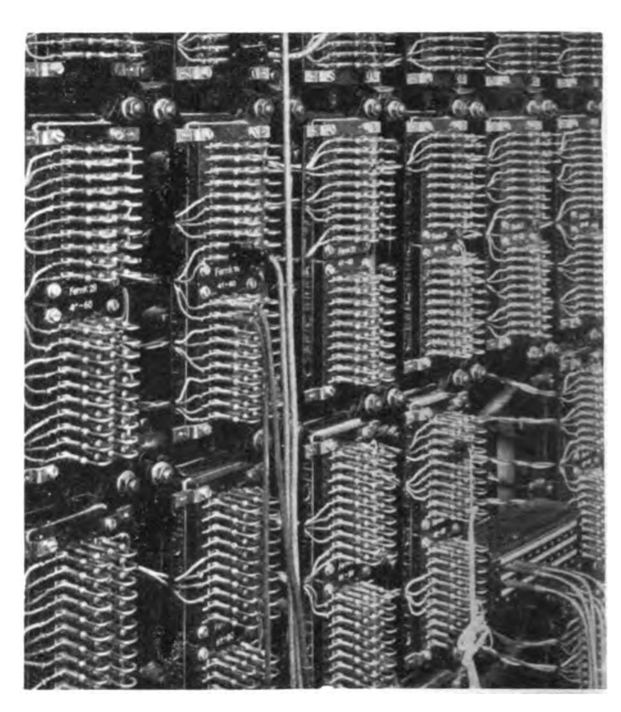


Abb. 3. Teil eines Trenn-Endverschluß-Gestells.

eine Abzweigung zum Unterlagerungstelegraphie-Gestell, wo die Sieb- und Drosselketten angeschaltet und die Verbindung nach dem Haupttelegraphenamt weitergeführt wird. Abb. 4 zeigt die Ringübertragergestelle.

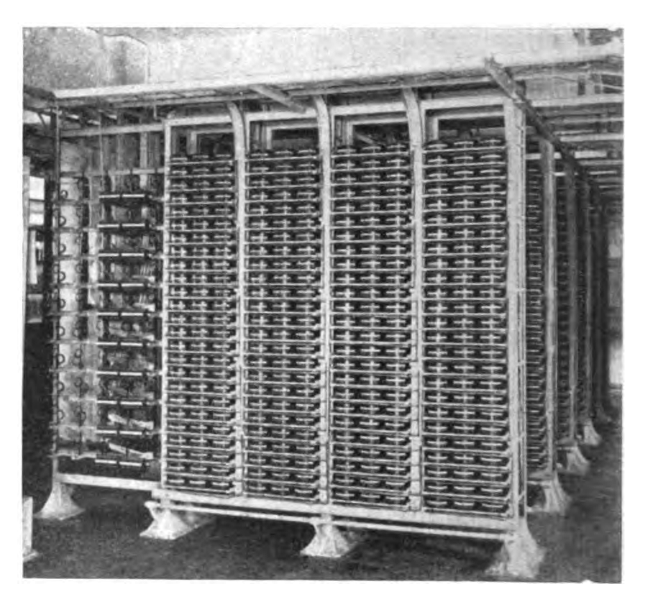


Abb. 4. Ringübertragergestelle.

Vom Ringübertragergestell führen die Leitungen über einen Zwischenverteiler, der die Zuschaltung des Rufübertragungsatzes gestattet, zum Fernprüfschrank und von dort zu einem Verteiler für die Innenführung (Vhi). Zweidrahtleitungen, die nicht im Durchgangsverkehr benutzt werden, gehen von Vhi zu einem Zwischenverteiler auf der Empore des Fernsaales über einen Saalklinkenumschalter zum Tages- oder Sammelplatz. Zweidrahtleitungen für den Durchgangsverkehr führen vom Vhi zu einem besonderen Zwischenverteiler im Durchgangsamt, wo sie ihre Leitungsverlängerung und Nachbildung erhalten und auf die Klinken des Durchgangsamtes rangiert



werden. Eine weitere Rangierung führt über die Kontakte des Abschaltrelais zu dem Verteiler auf der Saalempore und von dort über Saalklinkenumschalter zum Arbeitsplatz.

Vierdrahtleitungen werden vom Vhi zu einem Zwischenverteiler im Verstärkeramt geführt, u. zw. jeder Stamm getrennt. Im Verstärkeramt erhält die Vierdrahtleitung ihre Gabel, wird dann zu einem Vz im Durchgangsamt geführt, geht über die Kontakte des Umschaltrelais zur Nachbildungsleitung und entweder zu den Klinken des Durchgangschrankes oder als Gabelleitung zweidrähtig zum Vhi zurück und von dort über den Fernprüfschrank nochmals zum Vz des Durchgangsamtes, zum Vz der Empore, Saalklinkenumschalter, Arbeitsplatz. Bei den Vierdrahtleitungen ist also jeder Stamm der Leitung hinter dem Ringübertrager am Fernprüfschrank zu erfassen, dann auch noch die Gabelleitung; diese aber erst hinter den Kontakten des Umschaltrelais für den Durchgangschrank.

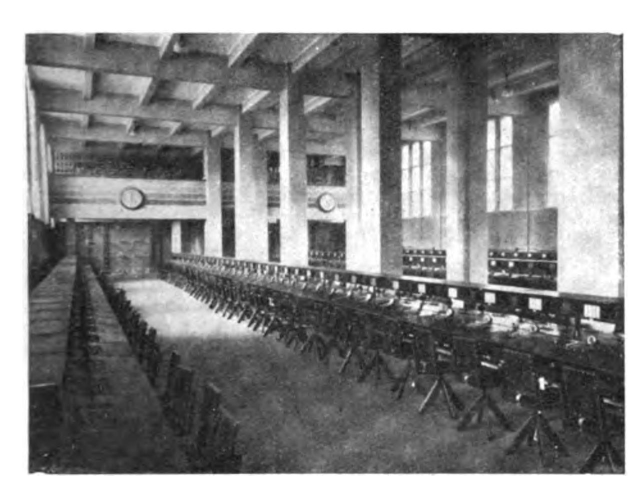


Abb. 5. Fernsaal im 3. Geschoß Ost.

In Fernleitungskabeln eingeführte Fernleitungen führen von der Kabelmuffe zu Sicherungsleisten am Vha und von dort über den Fernprüfschrank zum Vhi weiter, wie oben beschrieben. Oberirdisch eingeführte Leitungen werden vom Abspanngestänge erst in den Endverschlußraum heruntergeführt und dort über Sicherungsleisten ebenso geschaltet wie Fernkabelleitungen.

Die durchgehenden Zweidraht- und Vierdrahtleitungen führen vom Vhi zu einem Vz im Verstärkeramt, erhalten dort ihre Verstärker, werden zum Vhi zurückgeführt und dort mit der weitergehenden Ader verbunden. Die Viererleitungen werden von den Mittelpunkten der Ringübertrager über das Rufübertragergestell zum Fernprüfschrank und Vhi, dann weiter, wie oben beschrieben, geführt. Die Kernvierer, die nur für Rundfunkzwecke dienen, gehen von dem besonderen Endverschluß am Vha zum Rundfunkübertragergestell im Durchgangsaal und von dort zum Fernprüfschrank.

Neben diesen Grundführungen bestehen noch Sonderführungen für Ausnahme-Querverbindungen zum Teilnehmer oder als Durchgangsleitungen, für Simultanleitungen, je nachdem ob es Einfach-, Doppel- oder Vierfach-Simultane sind, usw.

Die Verbindungsleitungen VL sind über einen besonderen Hauptverteiler Vh VL, soweit es Schnellverkehrsleitungen sind, über den Vz im Durchgangsamt zum unverstärkten Durchgangsplatz, soweit es VL sind, über einen Vz im Wählersaal an die Gruppenwähler geführt. Meßleitungen, Überwachungsleitungen, Dienstanschlüsse usw. haben wieder besondere Führung. Trotzdem möglichst einheitliche Führung angestrebt und durchgeführt ist, ist bei dem Umfang der einzuführenden Leitungen eine vielgestaltige Führung herausgekommen.

Wir wenden uns nunmehr den F e r n s ä l e n zu. Im alten Amt waren 4 Fernsäle mit insgesamt 600 Arbeitsplätzen ausgestattet. Die ältesten Säle, von denen der eine auch das Meldeamt enthielt, hatten Fernschränke M. ZB 05, die neueren Säle Fernschränke M. ZB 10. In den älteren Sälen war die Führung der Kabel- und Rohrpostrohre unter einem Podium angeordnet; in den neueren Sälen, die 1922/23 eingerichtet waren, ist ein Podium vermieden. Die Führung der Kabel- und Rohrpostrohre erfolgte oberirdisch.

Im neuen Fernamt werden beim ersten Ausbau drei Fernsäle in Betrieb genommen, die Erweiterung um einen vierten Saal dürfte in zwei Jahren erforderlich werden. Die Fernsäle sind gleichmäßig ausgerüstet und enthalten 190 Tagesfernplätze, die in zwei Doppelreihen und einer Einzelreihe aufgestellt sind, sowie eine Einzelreihe mit 38 Sammelplätzen. Jeder Tagesplatz ist zur Aufnahme von vier Fernleitungen ausgebaut, der Sammelplatz kann 20 Leitungen aufnehmen. Wegen der Einzelheiten der technischen Einrichtungen verweise ich auf den Aufsatz von K r u c k o w[1], in dem die Einrichtung von Mannheim beschrieben ist, das als Muster für das neue Fernamt Berlin gebaut wurde.

Abb. 5 zeigt einen Fernsaal des neuen Amtes; es sind die Tagesfernplätze zu sehen und die neuartigen Drehstühle mit beweglicher Rückenlehne. Die Einrichtung der neuen Fernsäle besteht aus Ferntischen ohne ein Klinkenfeld für Fernklinkenleitungen oder Verbindungsleitungen. Die Fernleitung endet am Platz auf Schalter- und Tastenfedern. Jeder Arbeitsplatz hat zur Verbindung der Fernleitungen mit den Teilnehmerleitungen 6 Tasten, durch deren Druck bei Betätigung einer Fingerscheibe

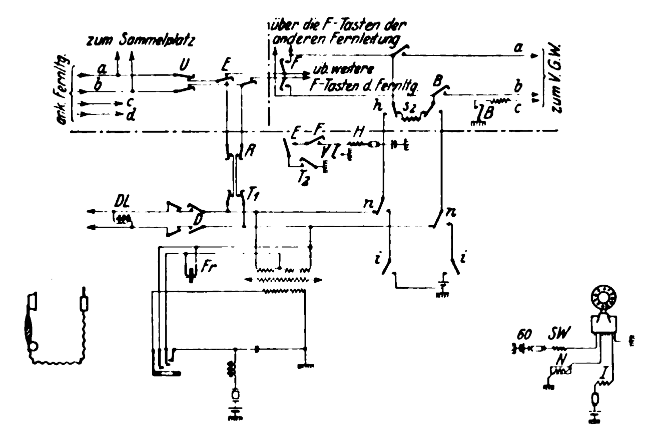


Abb. 6. Prinzipschaltung des Fernplatzes im neuen Fernamt Berlin.

über Wähler das gewünschte Amt und von da aus der Teilnehmer zu erreichen ist. Die Verbindung zwischen der gewählten VL und der Fernleitung erfolgt durch Niederdrücken einer entsprechenden Ferntaste. Abb. 6 zeigt die Prinzipschaltung des Fernplatzes. Diese Schaltung ist nach vielen Besprechungen und Planungen entstanden. Bei dem Umfang des geplanten Amtes, das im Endausbau 4000 Fernleitungen aufnehmen soll, ergab sich, daß ein Vielfachfeld für die VL nicht betriebsicher und wirtschaftlich herzustellen war. Da für den dienstlichen Verkehr der Arbeitsplätze untereinander, auf den nicht verzichtet werden konnte, ohnehin der Selbstanschlußbetrieb eingerichtet werden mußte und da auch die Ortsämter in Berlin auf diesen Betrieb umgestellt wurden, lag es nahe, auch die VL zu wählen. Die Platzbeamtin im Fernamt wählt demnach das Ortsamt durch Betätigung der Fingerscheibe mit Kennbuchstabe und Gruppenziffer. Dadurch wird eine freie Schnur an dem VL-Platz des betr. Ortsamtes angesteuert. Die Platzbeamtin des Ortsamtes fragt diesen Anruf ab. Es besteht demnach nicht wie bisher DL-Betrieb sondern Abfragebetrieb. Die Zahl der Wähler für die VL-Ausgänge für jeden Saal ist jedoch nicht so groß bemessen wie die Zahl der Ausgangstasten der Arbeitsplätze, so daß nicht alle Tasten an jedem Arbeitsplatz jederzeit verfügbar sind. Ob diese Einrichtung im Betriebe genügen wird, muß die Zukunft lehren, zumal bei Gebührenauskunft oder bei Vorbereitung einer neuen Gesprächsanmeldung ein Ausgang belegt wird, ohne daß er für die Gesprächsabwicklung nutzbar gemacht werden kann. Infolge Umgestaltung des Ortsnetzes in Groß-Berlin auf Selbstanschlußbetrieb können auch nicht alle Vermittlungsstellen unmittelbar erreicht werden, wie es im alten Amt möglich war. Das alte Amt mit den ZB-Schränken hatte ein Klinkenfeld für VL mit einem Fassungsvermögen von 2000 Leitungen und Dienstleitungsverkehr mit den meisten Ämtern; Anrufbetrieb bestand nur für die OB-Ämter der weiteren Umgegend.

Im neuen Fernamt sind die Tagesfernplätze, wie schon gesagt, mit vier Fernleitungen beschaltbar, wovon bei abgehendem und gemischtem Betrieb zwei mit Fernleitungen belegt werden, da allgemein eine Beamtin nicht mehr als zwei Leitungen bedienen kann.

[1] K r u c k o w, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 15, S. 301.

Bei dem schnurlosen System der Tagesfernplätze kann die Platzbeamtin, wenn ihre Nachbarin in einer Leitung beschäftigt ist, während in der zweiten Leitung ein Ruf ankommt, nicht ohne weiteres, wie üblich, Nachbaraushilfe leisten. Um diese Aushilfe zu ermöglichen, hat jeder Arbeitsplatz einen Drehschalter erhalten, durch den die erste, zweite oder dritte Leitung nach rechts oder nach links auf das vierte System des Nachbarplatzes geschaltet werden kann. Der Arbeitsplatz soll also eine Leitung an die Nachbarin abgeben. Praktisch ist damit der Platz nur für drei Fernleitungen beschaltbar, was im allgemeinen auch genügt. Bei gerichtetem Verkehr, wo vier Fernleitungen ankommend von einer Beamtin bedient werden, ergibt sich daraus jedoch eine gewisse Gebundenheit, weil gerade im gerichteten Verkehr die Nachbaraushilfe besonders wichtig ist. Der Betrieb hat sich damit geholfen, daß er auch bei gerichtetem Verkehr die Plätze gleichmäßig mit drei Leitungen beschaltet und zu einem Platz ankommend mit gerichtetem Verkehr (vier Leitungen) als Nachbarplatz einen Platz mit abgehendem Verkehr (zwei Leitungen) legt, so daß der Platz mit abgehendem Verkehr die dritte Leitung durch den Drehschalter ständig auf das vierte System des Platzes mit gerichtetem Verkehr abgibt. Abb. 7 zeigt im Schema die Beschaltung der Arbeitsplätze bei Verkehrsbeziehungen mit gerichtetem Verkehr.

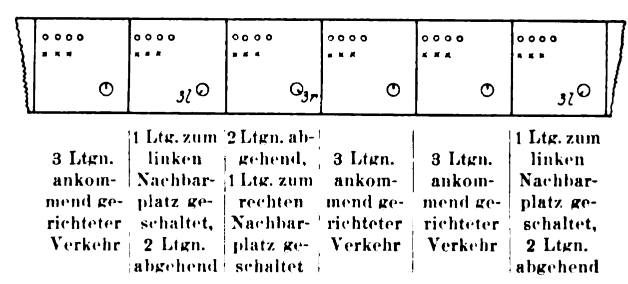


Abb. 7. Schema der Platzbeschaltung bei Verkehrsbeziehungen mit gerichtetem Verkehr.

Die Sammelplätze unterscheiden sich von den Tagesfernplätzen dadurch, daß die F-Leitungen auf Klinken enden, nicht, wie an den Tagesfernplätzen, an den Tastenfedern. An jedem Sammelplatz sind 20 Klinken für Fernleitungen vorhanden, außerdem 8 Tastensysteme, die in Stöpseln enden, so daß durch Stöpselung einer Fernklinke die Fernleitung auf das Tastensystem gebracht wird und dann wie am Tagesplatz gearbeitet werden kann. Die Sammelplätze im neuen Fernamt werden am Tage als Arbeitsplätze für Auslandsleitungen benutzt. Die übrigen, nicht mit Auslandsleitungen beschalteten Klinken sind als Aushilfs- und Nachtleitungen mit solchen Fernleitungen belegt, die als Zubringerleitungen für den Auslandsverkehr dienen. Falls eine derartige Leitung Auslandsverkehr vermittelt, wird sie vom Tagesplatz durch Umlegen eines Hebels auf den Sammelplatz geschaltet. Rückwärts ist die Zurückschaltung der Sammelleitung vom Tagesplatz zum Sammelplatz jedoch nicht ohne weiteres möglich. Die Platzbeamtin des Tagesplatzes hat aber bei Druck der Ferntaste dieser Leitung in der Besetztlampe ein Zeichen, daß in der Leitung noch am Sammelplatz gearbeitet wird.

Die Beschaltung der Sammelplätze im neuen Fernamt ist nur mit 8 ... 12 Leitungen erfolgt, weil von der Sammelschaltung nur in den schwächsten Verkehrsstunden Gebrauch gemacht werden kann.

Bei abflauendem Verkehr werden durch Platzkopplung zwei oder drei Arbeitsplätze zusammengeschaltet, so daß eine Beamtin in Stunden schwachen Verkehrs bis zu 6 Leitungen und mehr zu bedienen hat.

Da, wie schon gesagt, die Fernplätze allgemein für die Belegung mit 4 Fernleitungen eingerichtet sind, jedoch nur mit 2 Leitungen belegt werden, anderseits an den Sammelplätzen 20 Fernleitungen beschaltet werden können, die in Berlin nur zur Hälfte ausgenutzt werden, wäre es für den Betrieb ideal, wenn jeder Fernplatz mit jeder im Betriebe erforderlichen Zahl von Fernleitungen beschaltet und durch Einbau der dafür nötigen Betriebsorgane auch betrieben werden könnte, ohne daß die technische Einrichtung von vornherein mit betrieblich nicht immer ausnutzbaren Mitteln ausgerüstet zu werden brauchte.

Der Durchgangsverkehr wurde im alten Fernamt an besonderen Durchgangschränken abgewickelt. Der unverstärkte Durchgangschrank hatte von jedem Arbeitsplatz der Fernsäle aus zwei Verbindungen, die im Fernplatz und im Durchgangsschrank auf Klinken endeten. Die Nummern der Klinken im Vielfachfeld des Durchgangsschranks korrespondierten mit der Nummer des Fernplatzes. Vor der Herstellung einer Durchgangsverbindung mußte sich die Fernplatzbeamtin mit der Platzbeamtin der zweiten Leitung über das Hausamt in Verbindung setzen und sich über die Ausführungszeit usw. verständigen. Dann forderte sie in der Dienstleitung die Beamtin am Durchgangschrank auf, die Klinke ihres eigenen Platzes mit der Klinke des Platzes der anderen Leitung, die sie bei der Verabredung erfahren hatte, durch ein Schnurpaar zu verbinden. Beide Platzbeamtinnen schalteten am Fernplatz durch das Schnurpaar die Fernleitungen auf die Durchgangsklinken. Die überwachende Beamtin gab nach Trennung der Verbindung der Durchgangsbeamtin Schlußzeichen. Die Beamtin der 2. Leitung bekam vom Durchgangsplatz aus das Schlußzeichen. Diese Betriebsform war auch für den Durchgangschrank mit Verstärkung beibehalten. Da aber beim Verstärkerverkehr die Fernleitungen vom Arbeitsplatz abgeschaltet und über den Verstärker unmittelbar verbunden werden, mußte dafür gesorgt werden, daß die Fernplatzbeamtin die Überwachung der Durchgangsverbindung behielt, weil eine Überwachung am Schnurverstärker die Fernplatzbeamtin beschäftigungslos machte und Schwierigkeiten bei Verbindungen im Auslandsverkehr infolge der Abrechnung verursachte. Um diese Überwachung vom Fernplatz aus sicherzustellen, wurde die Rückleitung vom Trennrelais zum Arbeitsplatz als Überwachungsleitung benutzt. Bei einer Durchgangsverbindung über Verstärker waren im alten Amt 5 Klinken zu stöpseln, u. zw. die Klinke der natürlichen Leitung, die mit der zweiten Leitung zu verbinden war, die Klinken der dazugehörigen künstlichen Leitungen und die Rückführungsklinke zum Arbeitsplatz der überwachenden Fernleitung. Der Verstärkerschrank des alten Amtes hatte 400 Fernleitungen im Vielfachfeld und 40 Verstärkerschnüre. Die Beamtin des Verstärkerplatzes war nur verbindende Beamtin und trat nur auf Anfordern des überwachenden Platzes zum Regeln des Verstärkers in die Verbindung ein. Neben diesem Schnurverstärkerschrank, der nur für Zweidrahtleitungen benutzbar ist, war noch für den Durchgangsverkehr der Vierdrahtleitungen ein besonderer Schnurverstärkerschrank im Verstärkeramt des neuen Amtes aufgestellt, weil nach den früheren Grundsätzen des CCI Vierdrahtverbindungen unter Abschaltung der Gabel zu verbinden waren.

Bei der Planung für den Durchgangsverkehr des neuen Amtes galt es, die in dem alten Betriebsverfahren liegenden Umständlichkeiten zu vermeiden. Wenn im Durchgangschrank alle Fernleitungen, in denen Durchgangsverkehr gearbeitet wird, greifbar sind und wenn ihr Besetztsein oder Freisein kenntlich gemacht wird, so ist es möglich, eine Durchgangsverbindung ohne Verabredung der Platzbeamtinnen wie eine Verbindung mit einem Ortsamt herzustellen. Die praktische Erfüllung dieser idealen Forderungen stößt jedoch auf Schwierigkeiten, weil die Zahl der Fernleitungen, die dem Durchgangsverkehr dienen, nicht so groß ist, daß jederzeit eine freie Leitung vorhanden ist, und weil im Weitverkehr, für den vorzugsweise die Vierdrahtleitungen benutzt werden müssen, und im Auslandsverkehr wegen der Abrechnung die Benutzbarkeit der Leitungen beschränkt ist, so daß ohne Verabredung der beteiligten Platzbeamtinnen allgemein die Durchgangsverbindungen nicht hergestellt werden können.

Bei der Planung der technischen Ausgestaltung für den Durchgangsverkehr wurde daher angestrebt, Anforderung und Ausführung der Durchgangsverbindung einheitlich zu gestalten, ohne Rücksicht darauf, ob bei der Verbindung Verstärker benutzt werden oder nicht, ob Vierdrähte oder Zweidrähte zur Verwendung kommen. Weiter wurde angestrebt, die Regelung des Schnurverstärkers überflüssig zu machen oder sie wenigstens vom Arbeitsplatz der überwachenden Beamtin aus auszuführen.

Für das neue Fernamt Berlin ist ein Verstärkerdurchgangschrank entwickelt worden, der mit einer Einheitsschnur und mit Einheitsverstärkern die Herstellung von Zweidraht-Zweidraht-, Zweidraht-Vierdraht- und Vierdraht-Vierdraht-Leitungen ermöglicht. Das Schnurpaar in diesem Schrank hat abschaltbare Verlängerungsleitungen von $b = 1{,}4$ Neper und Schnurverstärker oder Übertrager mit vorgeschaltetem Verlängerungsglied $b = 0{,}8$, die wechselseitig einschaltbar sind. Bei Vierdraht-Vierdraht-Verbindungen wird die Verlängerungsleitung $b = 1{,}4$ abgeschaltet und die Verbindung über den Übertrager ohne Verstärker hergestellt. Bei Vierdraht-Zweidraht-Verbindungen wird an der Vierdrahtseite die Verlängerungsleitung eingeschaltet, an der Zweidrahtseite ausgeschaltet. Der Verstärker wird eingeschaltet. Bei Zweidraht-Zweidraht-Verbindungen wer-

den die Verlängerungsleitungen beiderseitig abgeschaltet und die Verstärker eingeschaltet. Die erforderlichen Umschaltungen der Verlängerungsleitungen und Einschaltung der Verstärker oder Übertrager erfolgen durch Relais, die in der d-Ader des vieradrigen Schnurpaares liegen und die von der d-Ader der Durchgangsklinke im Schrank gesteuert werden.

Jede über den Durchgangschrank geführte Fernleitung hat 2 Klinken und 1 Besetztzeichen. Das Besetztzeichen gibt an, ob die Leitung am Fernplatz durch ein Gespräch mit dem Teilnehmer oder an einem Durchgangsplatz besetzt ist. Das Freisein der Durchgangsklinken, von denen die eine zur Herstellung einer Durchgangsverbindung, die andere zur Vorbereitung dient, muß durch Ausprüfung ermittelt werden. Ein Summerton an beiden Klinken der Leitung im Durchgangschrank zeigt der Durchgangsbeamtin an, daß die geforderte Durchgangsverbindung z. Z. nicht hergestellt werden kann. Dieses Zeichen ertönt, wenn die Leitung im Ortsverkehr besetzt und eine Durchgangsverbindung in Vorbereitung liegt oder wenn eine Durchgangsverbindung besteht und eine zweite in Vorbereitung liegt. Zeigt eine der beiden Klinken keinen Summerton, so kann die Verbindung auf Vorbereitung gelegt werden. Ist kein Schauzeichen sichtbar, so ist die Leitung frei, die Verbindung kann ohne Kontrolle hergestellt werden. Die Anschaltung der Leitungsnachbildung erfolgt an den Kontakten des Umschalterelais bei der Durchschaltung der Verbindung.

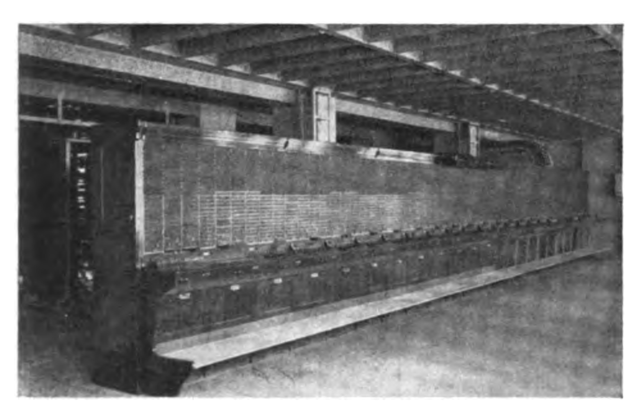


Abb. 8. Durchgangschränke.

Eine Verbindung am Durchgangsplatz wird von der überwachenden Platzbeamtin durch Wahl des Kennbuchstabens K und der Gruppenbezeichnung 2 angefordert, wodurch ein Ansteuern eines freien Schnurpaares am Durchgangschrank erfolgt. Am Durchgangsplatz besteht also Abfragebetrieb. Der am Fernplatz zum Ansteuern der Durchgangschnur benutzte Ausgang dient auch zur Überwachung der Verbindung. Die Überwachung liegt am Fernplatz der Fernleitung, die die wichtigere ist. Angefordert wird beim Durchgangsplatz die Klinkennummer der Vielfachklinke der eigenen Leitung und die der verlangten Leitung, die aus Platzverzeichnissen zu ersehen ist. Durchgangsbeamtinnen und Platzbeamtinnen erhalten optische Zeichen über den Zustand in der Fernleitung, u. zw. für den Vorbereitungszustand ein Flackerzeichen, beim Durchschalten der Leitung ein dauerndes Leuchten. Die Durchgangsbeamtin wird bei Verbindungen, in denen ein Verstärker eingeschaltet ist, bei Durchschaltung der Leitung durch das Flackerzeichen zum Regeln des Verstärkers aufgefordert. Nach dem Regeln erlischt die Überwachungslampe. Bei Verbindungen ohne Verstärkung — also Vierdraht-Vierdraht-Verbindungen — erlischt die flackernde Überwachungslampe bei Durchschaltung sogleich, weil eine Regelung des Verstärkers nicht erforderlich ist. Die Fernplatzbeamtin, der die Überwachung der Durchgangsverbindung obliegt, kann in dem Ausgang, in dem sie den Durchgangsplatz angewählt hat, mithören und nach beiden Richtungen hin sprechen. Sie kann ferner durch Drücken einer Flackertaste, durch die die Überwachungslampe des Schnurpaares am Durchgangschrank zum Flackern gebracht wird, die Durchgangsbeamtin zum Eintreten und Nachregeln auffordern; sie kann weiterhin in beide Fernleitungen durch Umlegen des Rufschalters rufen, wobei der Verstärker kurzgeschlossen wird. Eingehendes Rufzeichen und damit Schlußzeichen von beiden Fernleitungen her erscheinen an den Schlußzeichen des Ausgangs am Fernplatz. Abb. 8 zeigt die Schrankreihe der Durchgangschränke, im Hintergrunde (durch den Kabelschrank getrennt) den Schrank für unverstärkten Durchgangsverkehr.

Da in diesem neu entwickelten Durchgangschrank nur Durchgangsverbindungen mit Verstärkung hergestellt werden können, war es notwendig, für die wenigen Leitungen, die nicht über Verstärker verbunden werden, das sind Leitungen mit einer Dämpfung von 0,3 Neper und die Schnellverkehrsleitungen, einen besonderen Durchgangschrank für unverstärkten Verkehr vorzusehen. Dieser Schrank hat ein Feld für 200 Leitungen. Er wird angesteuert durch Wahl von K 3; am Durchgangsplatz ist Einschnurbetrieb, am Fernplatz wird die eigene Fernleitung wie bei Teilnehmerverbindungen durch Drücken der Ferntaste zugeschaltet.

Wenn auch die Durchgangschränke gegenüber dem bisherigen Zustand einen bedeutenden Fortschritt darstellen, so sind doch die oben genannten Forderungen nicht sämtlich erfüllt. Auch hier wird die Entwicklung dahin weiterzugehen haben, einen Einheitsschrank herzustellen, der verstärkten und unverstärkten Verkehr vermitteln kann. Zu vervollkommnen wären ferner die Regelung des Verstärkers und seine Ein- und Ausschaltung in die Verbindung; denn es erscheint technisch unnötig, einen Verstärker in dem Schnurpaar bereit zu halten, solange die Verbindung nur auf Vorbereitung liegt, oder bei Verbindungen, die zwischen Vierdrähten ausgeführt werden. Auch wäre es erwünscht, den Verstärker vom Platz aus zu regeln. Wenn die betrieblichen Forderungen erfüllt würden, könnten die Durchgangschrank-Beamtinnen mehr Verbindungen herstellen.

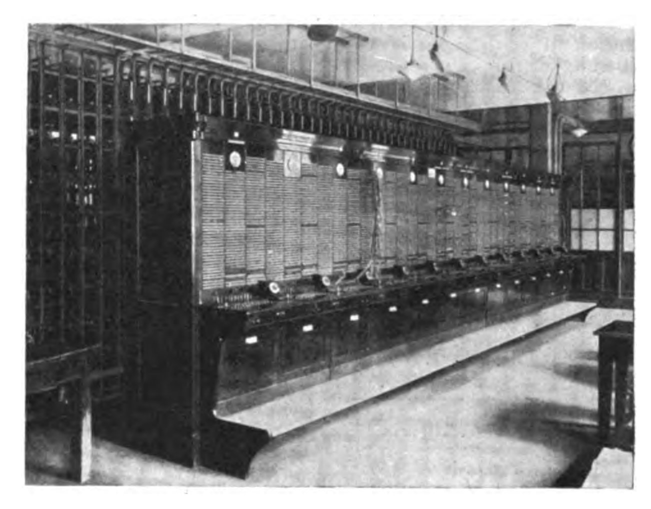


Abb. 9. Fernprüfschrank, dahinter liegend der Vhi.

Für den Verkehr der Dienststellen des Amtes untereinander (Störungs-, Untersuchungs-, Auslandstelle, Betriebsleitung) und für den Verkehr der Arbeitsplätze ist ein selbsttätiges Dienstamt eingerichtet, mit dem ein Hausamt vereinigt ist. Das Hausamt ist ein Handamt und vermittelt die von außen eingehenden Anrufe zu den Dienststellen, die mit dem Publikum oder Dienststellen anderer Ämter Verkehr haben. Es hat 500 Leitungen aufzunehmen. Der Verkehr der Dienststellen untereinander erfolgt über Wähler.

Leitungen, die über Berlin weitergehen und hier Verstärkung erhalten, sind über ein Verstärkeramt geführt, das 60 Zweidraht- und 160 Vierdrahtverstärker sowie Gabelsätze enthält. Da die bei der Deutschen Reichspost gebräuchlichen Einheitsverstärker verwendet sind, bestehen keine Besonderheiten.

Da die Fernleitungen, wie wir gesehen haben, immer über Ringübertrager geführt sind und dann erst an die Klinken des Fernprüfschranks, ist es nicht möglich, an diesem Schrank die reine Außenleitung zu fassen. Der Fernprüfschrank hat drei Klinken (Mithör-, Außen- und Innenklinke). Da nur über den Ringübertrager gemessen werden kann, sind hauptsächlich Wechselstrommessungen vorgesehen. Der Fernprüfschrank dient als Umschaltestelle für die Messungen und Prüfungen der Leitungen. An Meßstellen sind vorgesehen: eine Gleichstrommeßstelle mit 4 UMJ und Eichleitungen für Gleichgewichtsprüfungen und 8 Wechselstrommeßschränke für Restdämpfungen und Pegelmessungen. Die Wechselstrommeßschränke sind mit je 10 Klinken mit Meßstöpseln verbunden, die am Fern-

prüfschrank enden. Gleichstrommessungen, die sich auf die Außenleitungen erstrecken, werden in besonderen Leitungen, die am Vha enden, ausgeführt. Abb. 9 zeigt den Fernprüfschrank, dahinter den Vhi. Die Saalklinkenumschalter auf den Emporen in jedem Saal haben ebenfalls drei Klinken (Mithör-, Außen- und Innenklinke). Sie dienen hauptsächlich zum Umschalten der Leitungen auf andere Arbeitsplätze und zum Mithören in den Leitungen.

Da die Führung der Leitungen recht verwickelt ist und wegen der Wähler bei Störungsbeseitigung nicht immer der Weg wiederhergestellt werden kann, der zur Zeit der Störung benutzt wurde, muß der Betrieb sein Hauptaugenmerk nicht auf Störungs b e s e i t i g u n g sondern auf Störungs v e r h ü t u n g richten. Durch die genannten Meßstellen, zu denen noch eine Meßstelle für VL, ein Prüfschrank für VL und Hausamt, ein Prüfschrank für Durchgangsverbindungen am Verstärker kommen, und durch genau vorgeschriebene Prüfungen und Messungen aller Verbindungswege und Schnüre soll die dauernde Betriebsfähigkeit der Einrichtungen sichergestellt werden.

Die für den Betrieb erforderliche Ü b e r w a c h u n g s s t e l l e hat 24 Arbeitsplätze erhalten, die in einem besonderen Saal des 5. Geschosses zusammen mit der Beschwerde- und Untersuchungstelle untergebracht sind. Die Überwachungstelle steuert über Wähler e i n e f r e i e Ü b e r w a c h u n g s c h n u r am Fernprüfschrank an und läßt sich dort die zu überwachende Leitung in der Mithörklinke geben. Den Arbeitsplatz erreicht die Überwachungsstelle ebenfalls über Wähler, deren Kontakte mit den Mithörspulen der Arbeitsplätze verbunden sind. Da die Vierdrahtleitungen erst hinter den U-Kontakten des Durchgangschrankes zum Fernprüfschrank geführt werden, würde eine Überwachung einer Vierdrahtleitung bei Durchgangsgesprächen nicht möglich sein. Um diesen Mangel zu beseitigen, ist die Mithörklinke des Fernprüfschranks durch eine besondere Leitung vom Vz im Verstärkersaal parallel zur Gabelabzweigung zum Vz des Durchgangsaals verbunden, so daß die überwachende Beamtin bei Stöpselung der Mithörklinke am Fernprüfschrank vor den Trennklinken des Durchgangschrankes liegt.

Für die Beschwerdestelle, Auslandstelle, Fernamtsaufsicht und Oberaufsicht, Betriebsleitung usw. bestehen Sonderschaltungen, die zu beschreiben zu weit führen würde. Zu erwähnen wäre noch der Börsenverkehr, bei dem eine Verständigung des Börsenbeamten mit der Platzbeamtin erforderlich ist. Das Börsenamt hat 6 Vermittlungsschränke zu je 2 Plätzen; an jedem dieser Schränke liegen bestimmte Zellen über Schauzeichen und Mithörvorrichtung. An den einzelnen Schränken werden nur bestimmte Verkehrsrichtungen bearbeitet. Die Börsenzellen selbst sind als Teilnehmeranschlüsse an den V-Schrank der OVSt Kupfergraben geführt. Jeder Börsenschrank ist mit dem Hausamt des Fernamts verbunden und kann mit der Fernplatzbeamtin in Verkehr treten oder von ihr erreicht werden. Das Meldeamt ist von der Börse aus durch zweistellige Wahl unmittelbar zu erreichen.

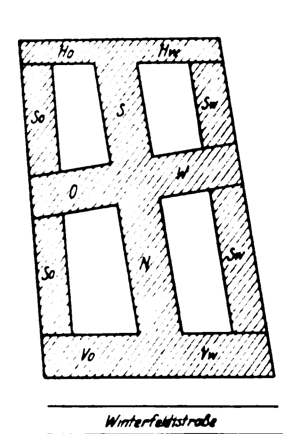


Abb. 10. Grundriß des Fernamtgebäudes.

Das G e b ä u d e , in dem die technische Einrichtung des Fernamts untergebracht ist, ist auf dem Grundstück Winterfeldtstr. 28/30 nach den Entwürfen des Postbaurats Dr. K u h l o w und unter seiner Leitung erbaut. Es hat als Grundform ein liegendes Kreuz, dem ein Vordergebäude vorgelagert und ein Hintergebäude angeschlossen ist. Kreuz-, Vorder- und Hintergebäude sind durch Seitenflügel verbunden. Abb. 1 zeigt die Ansicht, Abb. 10 den Grundriß des Gebäudes. Über die Belegung des Gebäudes gibt Tafel 1, die der Bauart des Gebäudes entspricht, Aufklärung.

T a f e l 1. Raumverteilung im neuen Fernamt.

	Vo	Vw	So	Sw	N	S	O	W	H
7. Geschoß	Dachgarten				Ruhe- und Erholungsräume		Dachgarten		
6. Geschoß					Krankenzimmmer, Turnsaal				
5. Geschoß	Küche und Wirtschaftsräume				Emporen		Emporen		
	Erfrischungsräume mit Terrassé	z. Z. Scheckamt			Fernsaal z. Z. P.-Scheckamt	Überwachungs- u. Beschwerdestelle	Fernsaal z. Z. P.-Scheckamt	Fernsaal z. Z. P.-Scheckamt	
4. Geschoß	Emporen				Empore	Empore	Empore	Empore	
	Fernsaal	Fernsaal			Meldeamt	Schnellverkehrsamt	Fernsaal z. Z. P.-Scheckamt	Fernsaal	
	z. Z. Postscheckamt								
3. Geschoß	Wähler f. Meldeamt	Unterlagergs.- u. Wechselstr. Telegr.			Wähler f. V-Ltgn.	Relais f. Schnellverkehrsamt	Empore	Empore	
	Stromversorgung Fernamt	Wähler f. SA-Amt Pallas			Durchgangsamt Fernamt	Amtsräume Fernamt	Fernsaal	Fernsaal	
2. Geschoß	Sammlerraum Fernamt	Hauptverteiler Prüfstelle VST Pallas	Werkstätten Fernamt u. Telegr.-Bauamt	Amtsräume Fernamt u. Scheckamt	Verstärkeramt	Amtsräume f. Fernamt	Amtsräume f. Fernamt		O. Amtsräume Fernamt W. Kesselhaus
1. Geschoß	Pförtner Auskunft Öffentliche Sprechstellen	Wohnung Uhrenzentrale	Lager und Amtsräume Telegr.-Bauamt	Kleiderablage Fernamt und Amtsräume SA-Amt Pallas	Verteiler Fernprüfschrank Meßstelle Fernamt	Kraftwerk Maschinen	Kleiderablage Fahrräder	Kleiderablage Fahrräder	O. Brausebad W. Kesselhaus
Keller	Kabeltunnel Fernkabel	Ortskabel	Baustoffe Telegr.-Bauamt	Kohlenkeller	Kabelmuffen Gestelle	Luftkessel f. Rohrpost Heizkessel	Keller- und Lagerräume		O. Aktenkeller W. Schlackenräume

In dem neuen Fernamt ist eine Unsumme von Betriebserfahrungen und Betriebsanforderungen in den technischen Einrichtungen verwirklicht. Der weiteren Entwicklung wird es vorbehalten sein, die Einrichtung den stets wachsenden Betriebsanforderungen anzupassen und sie zu vervollkommnen.

Elektrizitätsverbrauch und Elektrizitätspreise.

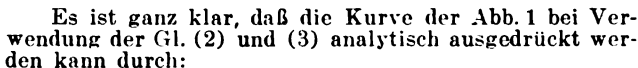
Von **Norberg Schulz**, Oslo.

Übersicht. Angaben über die Abhängigkeit des Jahresverbrauchs in Kilowattstunden je Einwohner vom Elektrizitätspreis bei englischen Elektrizitätswerken werden mit entsprechenden Ergebnissen aus anderen Ländern verglichen.

In The Electrician Bd. 96, 1926, S. 260, findet sich eine Kurve, die die Abhängigkeit des jährlichen Kilowattstundenverbrauchs je Einwohner von dem erzielten Durchschnittspreis je Kilowattstunde darstellt[1] (Abb. 1). Sie zeigt, daß der Elektrizitätsverbrauch je Einwohner und Jahr bei sinkenden Elektrizitätspreisen ziemlich regelmäßig steigt, was übrigens während einer Reihe von Jahren studiert wurde und im voraus bekannt war.

In derselben Zeitschrift Bd. 102, 1929, S. 522, hat J. Rutherford Blaikie die erwähnte Kurve wiedergegeben und eine Anzahl statistischer Angaben hinzugefügt. Nach dem „Weir Report", so sagt er, mache der Jahresverbrauch je Einwohner in England etwa 500 kWh aus bei einem Elektrizitätspreis von etwa 1 d (etwa 8 Pf) je kWh. Die Angaben der letzten Jahre hätten zu denselben Ergebnissen wie die von 1926 geführt, und die erwähnte Kurve sollte infolgedessen dauernd nahezu richtig sein.

Es ist ganz klar, daß die Kurve der Abb. 1 bei Verwendung der Gl. (2) und (3) analytisch ausgedrückt werden kann durch:



$$w = \frac{E_h\, k_m}{e_i} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (4)$$

Setzt man in die Gl. (4) die Werte von E_h und k_m nach den Gl. (2) und (3) ein, so erhält man:

$$w = a\, b\, e_i^{\alpha + \beta - 1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5)$$

Diese Gleichung (5) entspricht einer Kurve derselben Art wie die der Abb. 1.

In der ETZ 1929, S. 489 ff., habe ich eine Untersuchung veröffentlicht, in der die Konstanten der Gl. (2) und (3) für norwegische Werke im Jahr 1925/26 bzw. 1926 angegeben sind[2]. Bei Reichsmark als Münzfuß wurde gefunden:

$$a = 1450, \quad \alpha = 0{,}6, \quad b = 0{,}009, \quad \beta = -1.$$

Setzt man diese Werte in Gl. (5) ein, so wird

$$w = 13\, e_i^{-1{,}4} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (6)$$

Nach Abb. 1 und der Gl. (6) erhält man dann die in Zahlentafel 1 genannten Beträge:

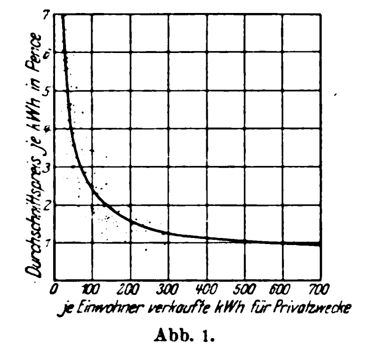


Abb. 1.

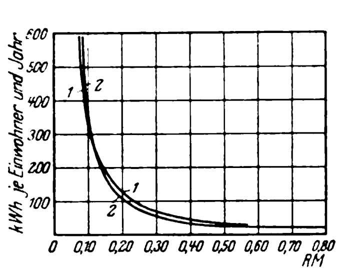


Abb. 2.

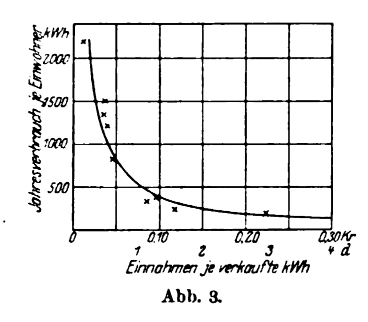


Abb. 3.

Dieses vorausgesetzt, gibt Blaikie folgende empirische Gleichung für die Abhängigkeit des Jahresverbrauchs je Einwohner (w) in Kilowattstunden vom durchschnittlichen Elektrizitätspreis je 1 kWh (e_i) in Pence (d):

$$e_i = \frac{147\,\mathrm{d} + w \,.\, 0{,}723\,\mathrm{d}}{w} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

Zehn städtische Elektrizitätswerke in England verkauften 1928 1302 Mill kWh, was etwa 206 kWh/Einwohner entspricht. Der Durchschnittspreis je 1 kWh war etwa 1,42 d (etwa 11 Pf). Bei fünf anderen städtischen Werken wurden 1928 insgesamt 346 Mill kWh bei einem Jahresverbrauch von 503 kWh/Einwohner und einem Durchschnittspreis von 1,03 d (etwa 8 Pf) abgesetzt. Die Kurve der Abb. 1 entspricht den englischen Verhältnissen und scheint ihnen ganz angemessen zu sein.

Die Frage entsteht jetzt: Ist die Kurve der Abb. 1 nur für England gültig oder kann man in anderen Ländern entsprechende Ergebnisse verzeichnen?

Ich habe die Frage jahrelang studiert und mehrmals entsprechende Angaben aus der Statistik Norwegens, Deutschlands und anderer Länder veröffentlicht. Wie stimmen diese Untersuchungen mit den englischen Erfahrungen überein?

In der ETZ 1916, S. 401, habe ich die Abhängigkeit der Jahreseinnahmen (E_h) je 1 kW der Höchstbelastung des Werkes vom Durchschnittspreis je gelieferte Kilowattstunde (e_i) behandelt und folgende empirische Gleichung aufgestellt:

$$E_h = a\, e_i^{\alpha}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

wo a und α Konstanten sind.

Weiter wurde dort für die Höchstbelastung in Kilowatt je Einwohner (k_m) die nachstehende empirische Gleichung gegeben:

$$k_m = b\, e_i^{\beta}, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (3)$$

wo b und β Konstanten sind.

Zahlentafel 1.

Durchschnittspreis je verkaufte kWh		Jahresverbrauch in kWh/Einwohner	
Pence (d)	Reichsmark	bei englischen Werken, vgl. Abb. 1	bei norwegischen Werken, vgl. Gl. (6)
1	0,085	560	410
2	0,17	130	155
3	0,25	70	86
4	0,34	43	60
6	0,51	26	33
10	0,85	17	16

Graphisch gibt Abb. 2 die Ergebnisse dieser Zahlentafel wieder. Die Kurven sind in ihrem Verlauf so ähnlich, daß man wohl sollte annehmen können, daß sie allgemein gültig sein müssen. Die Durchschnittskurve der norwegischen Werke (1) ergibt bei Verkaufspreisen der Kilowattstunde zwischen etwa 0,12 und 0,70 RM einen etwas höheren kWh-Verbrauch je Einwohner und Jahr als die englische Durchschnittskurve (2), was sich leicht dadurch erklären läßt, daß die Verbrauchskurve nach Gl. (3) mit der Zeit und mit der Sättigung des Stromversorgungsgebiets verschoben wird[3]. Es ist jedoch auffallend, daß die beiden Kurven in Abb. 2 so nahe zusammenfallen, trotzdem sie auf ganz verschiedenen Wegen hergestellt worden sind.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auch auf The Electrician Bd. 95, 1925, S. 240, hinweisen, wo sich einige Angaben über Elektrizitätspreise und Elektrizitätsverbrauch in verschiedenen Ländern finden und G. Brockner erwähnt, daß ein Vergleich zwischen Verbrauch und Preisen in den Ländern Europas zeige, daß Norwegen elektrische Arbeit zu wesentlich billigeren Preisen erzeuge und verteile als Frankreich, Bayern, Sachsen, Schweden usw. und infolgedessen der Verbrauch an Elektrizität je Einwohner und Jahr in Norwegen erheblich höher sei.

Da diese Frage allgemeineres Interesse beansprucht, will ich einiges dazu bemerken. Die in The Electrician

[1] Die Kurve ist von S. M. Kennedy konstruiert, u. zw. auf Grund der Ergebnisse einer großen Anzahl Werke in England und Schottland.

[2] S. 491 und 492.

[3] Vgl. Norberg Schulz, ETZ 1916, S. 401; 1917, S. 187.

genannten Zahlen sind in Abb. 3 wiedergegeben. Die Kurve entspricht der Gleichung

$$x\,y = 40, \quad \dots\dots\dots\dots \quad (7)$$

wenn man die Preise in skandinavischen Kronen angibt, und lautet

$$x\,y = 530, \quad \dots\dots\dots \quad (8)$$

wenn der Penny (d) als Einheit dient. Da das Produkt $x\,y$ die jährlichen Einnahmen des Werkes je Einwohner darstellt, sollte sich aus Abb. 3 schließen lassen, daß in Skandinavien eine Tendenz bestehe, je Einwohner und Jahr einen gewissen durchschnittlichen Betrag für den Ankauf elektrischer Arbeit zu verwenden. Ist der Elektrizitätspreis hoch, so sollte nach dieser Kurve entsprechend wenig Elektrizität benutzt werden, bei Verringerung der Preise sollte der Verbrauch entsprechend steigen. In Skandinavien braucht man also — insofern die Abb. 3 richtig wäre — im Durchschnitt etwa 40 Kr (etwa 45 RM) je Einwohner und Jahr.

Wenn hier „in Skandinavien" gesagt wird, so muß man genau beachten, daß die Abb. 3 sich nur auf eine kleine Anzahl Werke bezieht. Genaue Zahlen sind schwierig zu erhalten, man darf trotzdem wohl annehmen, daß die Ergebnisse der Abb. 3 in den Hauptlinien der jetzigen Lage der Elektrizitätsversorgung Norwegens schätzungsweise entsprechen, aber in jedem Fall nur schätzungsweise.

Die Einnahmen eines Werkes je Einwohner und Jahr können nämlich auch in folgender Weise annähernd beurteilt werden. Nach Gl. (2) sind die Einnahmen eines Werkes je 1 kW der Höchstbelastung (E_h) schätzungsweise angegeben durch

$$E_h = a\,e_i^{\alpha},$$

und nach Gl. (3) ist die Höchstbelastung (k_m) je Einwohner:

$$k_m = b\,e_i^{\beta}.$$

Infolgedessen sollten die jährlichen Einnahmen eines Werkes je Einwohner annähernd ausmachen:

$$E_h\,k_m = a\,b\,e_i^{\alpha+\beta} \quad \dots\dots\dots \quad (9)$$

Ich habe 1926 folgende Werte für die Konstanten a, b, α und β gefunden, wenn man mit skandinavischen Kronen rechnet:

Zahlentafel 2.

Untersuchungen über	a	b	α	β	Werte von $a\,b$
Norwegische Werke . . .	1750	0,012	0,7	—1	21
13 englische Großstädte[1] .	1070	0,01	0,7	—1	10,7
13 „ mittlere Städte	1170	0,01	0,7	—1	11,7
15 „ kleinere „	1060	0,012	0,7	—1	12,7

[1] Die Zahlen sind aus dem „Supplement to the Electrical Times" vom 3. VII. 1924 entnommen.

Nach der Zahlentafel 2 erhält man also:

$$E_h\,k_m = a\,b\,e_i^{-0,3}, \quad \dots\dots\dots \quad (10)$$

wo in den in der Zahlentafel genannten Fällen $a\,b$ der Wert zwischen 10,7 und 21 gegeben werden kann. Die Einnahmen eines Werkes in skandinavischen Kronen je Einwohner und Jahr waren also 1925 bzw. 1926 etwa zweimal so hoch in den norwegischen Werken als bei den erwähnten englischen. Die Jahreseinnahmen je Einwohner können jedoch bei sämtlichen Strompreisen nicht konstant bleiben [vgl. Gl. (10)].

Aus der Zahlentafel 2 und Gl. (10) lassen sich die Einnahmen je Einwohner und Jahr in skandinavischen Kronen bei verschiedenen Durchschnittspreisen berechnen. Das Ergebnis zeigt Zahlentafel 3.

Zahlentafel 3.

Durchschnittspreis je verkaufte kWh in Kr	Einnahmen je Einwohner und Jahr in Kr			
	Norwegische Werke	Englische Großstädte	Englische mittlere Städte	Englische kleinere Städte
0,02	67	34,5	37	41
0,05	51	26	28	31
0,10	41,5	21	23	25
0,15	37,5	19	21	22
0,20	34	17	19	20
0,40	28	14	16	17

Eine von mir 1925 durchgeführte Untersuchung über 17 norwegische Werke ergab als Resultat eine Durchschnittseinnahme von 0,057 Kr/kWh und eine Jahreseinnahme je Einwohner von durchschnittlich etwa 54 Kr. Eine gleichzeitig vorgenommene Untersuchung von 41 englischen Werken, die im Supplement to the Electrical Times vom 3. VII. 1924 angegeben waren, ergab die in Zahlentafel 4 zusammengestellten Werte.

Zahlentafel 4.

Zahl der Werke	Einwohnerzahl	Gesamte Höchstbelastung kW	Höchstbelastung je Einwohner kW	Verhaufte kWh je Einwohner u. Jahr	Jährliche Einnahme in Kr	
					je verkaufte kWh	je Einwohner
13	3 658 500	255 533	0,07	135	0,143	19
13	620 000	31 648	0,05	97	0,203	19,6
15	198 800	8 478	0,042	64	0,30	19,4

Diese Zahlen stimmen ganz gut sowohl mit denen der Zahlentafel 3 als auch mit den in Zahlentafel 1 genannten überein.

Über die Verwendungsmöglichkeiten von Kupferpanzerstahl in der Elektrotechnik.

Von Prof. Dr.-Ing. E. h. **G. Dettmar**, Hannover.

Übersicht. Der Kupferpanzerstahl, der mit dem früher hin und wieder benutzten Bimetall nicht verwechselt werden darf, besitzt Eigenschaften, die ihn für manche Anwendungsgebiete sehr zweckmäßig erscheinen lassen. Diese werden nachstehend besprochen und es wird gezeigt, welche Vorteile sich in geeigneten Fällen aus der Verwendung dieses Materials ergeben können.

Das schon seit Jahrzehnten für Leitungszwecke verwendete Kupfer ist hinsichtlich seiner Eigenschaften auf das eingehendste untersucht worden und es besteht eine umfangreiche Literatur darüber. Wesentlich geringer sind schon die Kenntnisse über die in der Fernmeldetechnik teilweise verwendete Bronze und das erst seit etwa 10 ... 15 Jahren in der Starkstromtechnik mehr angewandte Aluminium. Aber auch über diese beiden Stoffe sind einige Aufsätze vorhanden und die für die praktische Verwendung ausschlaggebenden Eigenschaften sind hinreichend bekannt. Die sonst noch in Frage kommenden Leitungsmaterialien sind in der Literatur wenig behandelt worden, so daß die meisten Elektrotechniker über die Eigenschaften derselben nicht unterrichtet sind. In diese Gruppe fällt auch der Kupferpanzerstahl, der in Amerika vielfach, bei uns aber nur wenig verwendet wird. Dieses Material besitzt jedoch für manche Verwendungszwecke bemerkenswerte Eigenschaften, so daß es wichtig erscheint, auf diese hinzuweisen und zu zeigen, wo die Möglichkeit der Anwendung besteht und welche Vorteile teils technischer, teils wirtschaftlicher Art erzielt werden können.

Wenn die Eigenschaften eines Baustoffes nicht genügend bekannt sind, wird in den allermeisten Fällen einfach von seiner Verwendung abgesehen werden. Es kann aber auch vorkommen, daß man bei Verwendung eines solchen Baustoffes infolge Unkenntnis seiner Eigenschaften schlechte Erfahrungen macht, was natürlich nicht ermutigend wirkt. Dadurch gehen oft Vorteile verloren, die bei richtiger Verwendung ausgenutzt werden können.

Kupferpanzerstahl stellt eine innige Vereinigung von Kupfer und Stahl dar. Um den SM.-Stahlkern ist nach einem besonderen Herstellungsverfahren ein Kupfermantel gelegt, u. zw. so, daß beide ein Ganzes bilden. Die Herstellung ist dadurch gekennzeichnet, daß sie bei auf Rotglut erhitztem Stahlblock unter Ausschluß von Luft erfolgt. Dadurch wird ein vollkommener Übergang zwischen Stahl und Kupfer erreicht; lokale Lufteinschlüsse oder Hohlräume sind unmöglich. Die so erzielte Verschweißung bewirkt, daß ein Abblättern der Kupferhülle selbst bei den stärksten Formänderungen, Tordierungen, Knickungen usw. nicht eintreten kann. Dieses Material darf nicht mit einem ähnlichen verwechselt werden, das früher unter dem Namen „Bimetall" im Handel war. Da

bei ihm die Kupferhaut um einen kalten Stahlstab herumgegossen wurde, konnte bei der Weiterverarbeitung keine gleichmäßige Verteilung des Kupfermantels um den Stahlkern erzielt werden. Dies und der fehlende innige Zusammenhang beider Metalle führten oft zu Korrosionen.

Mit Rücksicht auf den langen Namen dieses Materials empfiehlt es sich, eine Abkürzung dafür zu verwenden, wie sie im Handel schon seit längerer Zeit üblich ist. Es soll daher nachstehend als KPS bezeichnet werden.

Die Festigkeit des KPS ist außerordentlich hoch und beträgt bei Drähten über 3 mm Dmr. mindestens 65 kg/mm², bei dünneren Drähten mindestens 70 kg/mm². Dazu kommt noch, daß der Stahl bei zunehmender Temperatur in seiner Festigkeit nur sehr wenig nachläßt, wodurch auch bei hoher Erwärmung die Eigenschaften des KPS günstig sind und seine Festigkeit bis zu 300° nicht merklich leidet.

Wie Prof. Matthias in seinem Vortrage[1] „Die Werkstoffe in der Elektrotechnik" gezeigt hat, sinkt die Zerreißfestigkeit des Hartkupfers bei Erwärmung von Zimmertemperatur auf 200° von 40 auf 25 kg/mm². Auch Weichkupfer verliert durch Erwärmung sehr erheblich an Festigkeit; sie geht von etwa 23 kg/mm² bei Zimmertemperatur auf etwa 15 kg/mm² bei 250° und auf etwa 6 kg/mm² bei etwa 500° herunter. Wenn also eine Leitung durch einen Kurzschluß stark erwärmt worden ist, wird durch die dabei auftretenden elektromagnetischen Anziehungskräfte eine Deformation unausbleiblich sein, wie sich das ja in der Praxis in vielen Fällen gezeigt hat. Der KPS hingegen bringt bei der Verwendung in Schaltanlagen, Hochspannungsapparaten usw. manche Vorteile, zumal es bei dieser Anwendung auf eine besonders hohe Leitfähigkeit nicht ankommt.

KPS wird von der Heddernheimer Kupferwerk und Süddeutsche Kabelwerke G. m. b. H. hergestellt, u. zw. als Marke A mit hohem Stahl- und niedrigem Kupfergehalt und als Marke B mit niedrigerem Stahl- und höherem Kupfergehalt. Je nach dem Anwendungsgebiet wird man bald die eine, bald die andere Ausführung zweckmäßig wählen. Die Marke A wird vorwiegend benutzt werden, wo es mehr auf Festigkeit und Rostsicherheit ankommt, wogegen die Marke B hauptsächlich von Vorteil sein wird, wenn die Leitfähigkeit von Bedeutung ist. Letztere beträgt bei starker Kupferhaut für geringen Drahtdurchmesser etwa 30 %, für größeren etwa 35 % der des Kupfers. Bei schwacher Kupferhaut ist sie bei geringem Drahtdurchmesser etwa 20 % und bei größerem etwa 25 %.

Dadurch daß der Kupfermantel den Stahlkern vollkommen umgibt, ist ein Verrosten des letzteren ausgeschlossen; das Material ist also mit Rücksicht auf Zerstörungserscheinungen dieser Art dem Kupfer gleichwertig und noch dauerhafter als gut verzinkter Stahl. Da bei KPS einerseits der größere Teil des Querschnittes durch Stahl und nur der geringere durch Kupfer ausgefüllt wird und anderseits diese beiden Metalle vollkommen miteinander verschweißt sind, ist der Wärmeausdehnungskoeffizient sehr niedrig. Er steht dem des Stahles, der ungefähr $1{,}22 \cdot 10^{-5}$ ist, sehr nahe, u. zw. beträgt er bei dünnem Kupfermantel $1{,}24 \cdot 10^{-5}$, bei starkem $1{,}35 \cdot 10^{-5}$. Das spezifische Gewicht ist etwa 8 % geringer als das des Kupfers, was bei vielen Anwendungsgebieten als Vorteil zu betrachten ist.

Bei der Verwendung zur Übertragung von Wechselstrom könnte das Vorhandensein von Stahl, der gut magnetisch ist, eine Erhöhung des Leitungswiderstandes infolge Hauteffektes befürchten lassen und zu Bedenken Anlaß geben. Diese haben sich aber durch die auf meine Veranlassung hin von Dr.-Ing. Erich Schulze im Elektrotechnischen Institut der T. H. Hannover ausgeführten genauen Untersuchungen[2] als unbegründet erwiesen. Durch diese Messungen ist festgestellt, daß das Verhältnis des Widerstandes bei Wechselstrom zu dem bei Gleichstrom für Drähte mit 2,5 mm Dmr. nur 1,001 ... 1,002 und für aus KPS Marke B hergestellte Seile nur ungefähr 1,04 ... 1,07 für die praktisch in Frage kommenden Stromdichten beträgt. Die Wirkung des Hauteffektes kann also meist vernachlässigt werden, was darauf zurückzuführen ist, daß sich der Stahl im Innern des Drahtes und das Kupfer außen befindet. Bei Seilen wird naturgemäß die Induktivität eine etwas größere, weil ja bei diesen der Stahl nicht mehr ausschließlich auf den inneren Teil beschränkt ist.

Durch die Erfahrungen, die bei der Verlegung sowohl von einfachen Drähten als auch von Seilen gesammelt worden sind, ist nachgewiesen, daß auch in dieser Hinsicht keine Schwierigkeiten bestehen und die Monteure das Material gern verarbeiten.

Schließlich sei noch auf eine recht wertvolle Eigenschaft des KPS hingewiesen: Man kann es als durchaus diebstahlsicher bezeichnen, weil das Kupfer, das ja mit dem Stahl vollkommen verschweißt ist, von diesem nicht leicht getrennt werden kann. Es besteht somit keine einfache Verwertungsmöglichkeit für derartige Leitungen, und damit fällt der Anreiz für Diebe fort.

Aus vorstehendem ersieht man, daß der KPS die guten Eigenschaften des Stahles (hohe Festigkeit, große Elastizität) mit den guten Eigenschaften des Kupfers (hohe Leitfähigkeit, gute Beständigkeit gegen die Atmosphäre) vereinigt. Dadurch wird er für viele Anwendungsgebiete zu einem äußerst wertvollen Material. Beim Bau elektrischer Hochspannungsleitungen können diese Eigenschaften in manchen Fällen ausgenutzt werden. Vorzüge ergeben sich hier besonders bei sehr großen Spannweiten, bei Hauptleitungen geringen Querschnitts und hoher Spannung, bei Ausläuferleitungen und bei Hausanschlußleitungen. Ebenso wird sich KPS bei Erdungsleitungen in Schaltanlagen aller Spannungen und bei Erdseilen für Hochspannungsleitungen als vorteilhaft erweisen, da hier besonders die Rostsicherheit zu der Wertschätzung gegenüber Eisen beiträgt. Auch im Fernmeldewesen gibt es Anwendungsgebiete, u. zw. in der Benutzung des KPS für Betriebsfernsprechleitungen in Hochspannungsnetzen und für gewöhnliche Fernsprech- und Telegraphenleitungen. Das Material kann mit Vorteil auch benutzt werden für Fahrleitungen von Hebezeugen und Transportgeräten sowie für verschiedene Zwecke im Straßen- und Hauptbahnbetriebe. Auch für Anlaßwiderstände ist der KPS vielfach geeignet, denn er hält hohe Temperatur aus und ist, wie bereits erwähnt, durch die Kupferhaut vor Verrosten geschützt, so daß er also zweckmäßig in den Fällen Verwendung finden kann, in denen bisher Eisendrähte benutzt worden sind. Die günstigen Eigenschaften des KPS werden ihn in manchen Einzelfällen noch wertvoll erscheinen lassen. Es ist natürlich nicht möglich, alle Sonderfälle hier aufzuzählen, doch sollen nachstehend die größeren Anwendungsgebiete etwas eingehender behandelt werden.

1. Überlandnetze.

Für elektrische Verteilungsnetze wird heute vorwiegend Kupfer, in geringerem Umfange Aluminium verwendet. Während des Krieges wurde für schwach belastete Netzteile und für Ausläuferleitungen Eisen benutzt, das jedoch der Gefahr des Rostens ausgesetzt ist und außerdem eine sehr schlechte Leitfähigkeit besitzt. Ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Freileitungsbaustoffe ist ziemlich kompliziert. Es kommt nicht nur auf die elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Leitungsmaterials selbst an sondern auch auf das Verhalten der anderen noch benötigten Baustoffe, wie Isolatoren, Ausleger, Maste usw.; weiter sind noch die Betriebsverhältnisse maßgebend.

Hat ein Leitungsmaterial eine besonders hohe Festigkeit, so ergibt sich daraus die Zulässigkeit einer größeren Spannweite, so daß die Zahl der Stützpunkte heruntergeht und man in der Wahl der Leitungsführung wesentlich freier wird. Das bedeutet eine Erniedrigung des Anlagekapitals, eine Verringerung der Gefahrpunkte und eine Verminderung der Betriebskosten. Die kleinere Zahl von Masten hat ferner eine Verminderung von Grunderwerbskosten bzw. von Anerkennungsgebühren zur Folge. Die Tatsache, daß die Disponierung der Leitungsführung erleichtert wird, führt zu einer Verminderung des Zeitaufwandes für Verhandlungen mit den Grundstücksbesitzern. Auch das bedeutet eine Ersparnis, u. zw. eine ganz erhebliche, denn erfahrungsgemäß sind die Schwierigkeiten, die sich bezüglich der Benutzung von Grundstücken zum Aufstellen der Maste ergeben, oft außerordentlich groß. Zu berücksichtigen ist ferner, daß infolge des geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten von KPS der Durchhang der Leitungen gering ist, wodurch die Zahl der Störungen abnimmt. Das wichtigste aber ist, daß KPS-Leitungen weitestgehende Sicherheit gegen Sturm, Rauhreif, Schnee und Eisbelastung bieten.

Durch größere Spannweite lassen sich fast immer Verkürzung der Leitung und stets schöneres Aussehen erreichen. Ein weiterer Vorteil ist in der wesentlich leichteren Betriebsüberwachung einer solchen Linie zu sehen. Selbst bei schweren Kurzschlüssen, mit denen Erwärmung der Leitungen verbunden ist, leidet die Festigkeit des KPS nicht, da sie selbst bei Temperaturen bis 300° nicht wesentlich beeinträchtigt wird.

Die Grenzen für die Verwendbarkeit des KPS im Freileitungsbau zu finden, erfordert langwierige Rechnungen.

[1] Abhandlungen und Berichte über technisches Schulwesen Bd. 9, S. 117, Berlin 1928.
[2] ETZ 1928, S. 48.



so daß es nicht zweckmäßig ist, auf diese hier näher einzugehen. Auf meine Veranlassung hat sich Dipl.-Ing. H. Marzahl eingehend mit einer derartigen Untersuchung befaßt und wird das Ergebnis in einer besonderen Arbeit in dieser Zeitschrift so bald als möglich veröffentlichen. Aus diesen umfangreichen Rechnungen kann jedoch schon jetzt mitgeteilt werden, daß bei Linien mit Eisengestänge der Ersatz von Kupferleitungen mit Querschnitten bis 16 mm² einschließlich durch äquivalente Querschnitte in KPS unbedingt wirtschaftlich ist. Bei allen Stichleitungen aber, die elektrisch nicht ausgenutzt sind, ist die Verbilligung durch Verwendung von KPS anstatt Kupfer sehr groß und liegt in den Grenzen von etwa 15...20 %.

Der kleinste zulässige Querschnitt von KPS-Leitungen ist sowohl nach den z. Z. noch gültigen als auch den im Januar 1931 in Kraft tretenden[3] Vorschriften für Starkstromleitungen des VDE dadurch bestimmt, daß er eine Tragfähigkeit von 380 kg besitzen muß. Daraus ergibt sich ein zulässiger Mindestquerschnitt von rd. 6 mm² bei Spannweiten über 35 m und von rd. 3 mm² bei Spannweiten unter 35 m, da in letzterem Falle die Tragfähigkeit nur 228 kg zu betragen braucht.

Man ersieht daraus, daß es bei KPS möglich ist, die Querschnitte, die aus Festigkeitsrücksichten notwendig werden, weitgehend auszunutzen, während dies bei Kupfer und Aluminium bei schwach belasteten Leitungsteilen oft nicht erreichbar ist. Da also bei Verwendung dieser Baustoffe sehr oft ein unnötig großes Anlagekapital festgelegt wird, kann durch KPS die Wirtschaftlichkeit einzelner Netzteile erhöht werden.

Nach den vorstehenden Ausführungen kommt also KPS für Hochspannungsfreileitungen mit Vorteil zur Anwendung in Mittelspannungsnetzen mit Eisengestänge bis etwa 45 mm², bei Stich- und Ausläuferleitungen für alle praktisch vorkommenden Querschnitte, u. zw. sowohl bei gemischtem als auch bei reinem Eisengestänge.

Für letztere hat man während des Krieges und auch später noch Eisenleitungen verwendet, bei denen sich jedoch Schwierigkeiten dadurch ergeben haben, daß die Höchststromschalter bei Eintreten eines Erd- oder Kurzschlusses nicht mehr in Funktion traten. Bei KPS liegt die Leitfähigkeit wesentlich höher, so daß der bei Erd- oder Kurzschluß auftretende Höchststrom nicht so stark begrenzt wird.

Um die vorstehenden Überlegungen auf ihre Richtigkeit hin in der Praxis prüfen zu können, habe ich Herrn Generaldirektor Dr.-Ing. Vietze der Landeselektrizität G. m. b. H. in Halle angeregt, eine Leitung nach diesen Gesichtspunkten mit KPS zu bauen. Meine Anregung fiel auf fruchtbaren Boden und es wurde im Laufe des Sommers 1928 der von mir gewünschte Versuch gemacht. Über das Ergebnis erhielt ich folgenden Bericht:

„Für dieses Experiment haben wir ein Gelände ausgesucht, das durch hügelige Formationen dem Leitungsbau an sich Schwierigkeiten entgegenstellt. Auf diese Weise konnten die Vorzüge des Weitspannsystems mit KPS-Leitung besonders gewertet werden. Es hat sich denn auch herausgestellt, daß speziell in hügeligem Gelände die Verwendung der KPS-Leitung derjenigen der Kupferleitung bedeutend überlegen ist. Einen geradezu imposanten Eindruck macht ein Spannfeld von 234 m, welches die Verbindung von einem Hügel zum anderen längs der Ortschaft Elben herstellt.

Die Leitung stellt einen Ausläufer von 3,3 km Länge dar, der bereits für 16 mm² Kupfer ausnivelliert war. Durch die Umtrassierung auf KPS-Leitung von 16 mm² war es möglich, die genauen Kosten für die Kupfertrasse und die KPS-Trasse zu ermitteln und diese gegenüberzustellen. Das ist im folgenden geschehen.

Kosten der 3,3 km langen Leitung

bei Kupferbeseilung	15 703 RM
bei KPS-Beseilung	13 276 „
Es sind also	2 427 RM

durch Anwendung der KPS-Leitungen, d. h. 15,5 % erspart worden.

Im einzelnen setzen sich die Kosten folgendermaßen zusammen:

	Kupfertrasse RM	KPS-Trasse RM
Beseilung	2 782	2 017
Gittermaste	2 778	2 324
Holzmaste	922	751
Isolatoren einschl. Armaturen .	3 057	2 561
Montage	4 366	4 001
Konsolen, Beton, Anstrich . .	1 798	1 622
	15 703	13 276

Ich möchte noch besonders darauf hinweisen, daß die KPS-Trasse naturgemäß eine günstigere Leitungsführung gestattete und einige Winkelpunkte, die bei der Kupferleitung unvermeidlich waren, beseitigt werden konnten. Die durchschnittliche Spannweite hätte bei der Kupfertrasse 114,5 m betragen, während sie bei der KPS-Trasse 137 m beträgt, also um 19 % größer ist.

Als bisheriges Resultat dieses Versuches stelle ich fest, daß wir mit der Verwendung der KPS-Leitung für diesen Fall zufrieden sind und daß wir die Absicht haben, in analogen Fällen ganz allgemein dieses System vorzuschreiben."

Eine gleiche Anregung habe ich noch Herrn Generaldirektor Dr. Krone der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen gegeben. Auch dieses Werk hat eine KPS-Versuchsleitung von 3 km Länge (Ausläuferleitung) ausgeführt an Stelle einer beabsichtigten Kupferleitung. Letztere mit 3 · 16 mm² und Erdseil von 25 mm² Eisen war auf 15 450 RM veranschlagt. Sie wurde nun mit 3 · 25 mm² KPS-Seil Marke B und 16 mm² KPS-Seil Marke A gebaut und stellte sich auf 14 525 RM, so daß also eine Ersparnis von 6 % erzielt wurde. Wäre die Leitung dagegen mit 3 · 16 mm² KPS Marke B und 1 · 10 mm² KPS Marke A ausgeführt worden, so hätten die Kosten nur 13 035 RM betragen, was einer Ersparnis von 15,5 % entsprochen hätte. Bemerkenswert ist bei dieser Leitung, daß für Flur-, Wald- und Mastentschädigung nur 11,50 RM für jeden Mast gezahlt werden brauchte infolge der größeren Spannweite.

Außer der wirtschaftlichen Verwendung von KPS kleiner Querschnitte in Überlandnetzen gibt es aber Fälle, in denen auch bei stärkeren Leitungen dieses Material vorteilhaft angewendet werden kann, u. zw. dann, wenn es sich um besonders große Spannweiten wie Überquerungen von Tälern, Schluchten, Flüssen, Kanälen, Eisenbahnen, Wegen usw. handelt. So ist z. B. der Leitungsteil über dem Niagarafluß unter Verwendung dieses Materials ausgeführt. Hierbei ist allgemein zu beachten, daß eine Überkreuzung oder gar mehrere derselben im Zuge einer langen Leitung wenig für die Erhöhung des Widerstandes und damit für die Vergrößerung des Verlustes ausmachen.

Hinsichtlich der in manchen Überlandnetzen recht unangenehm in die Erscheinung tretenden Rauhreifgefahr ist der KPS geeignet, wesentliche Erleichterungen zu bringen. Die Bildung von Rauhreif ist bekanntlich auf bestimmte Gebietsteile beschränkt. Wenn man bei einer langen Fernleitung dieses Material nur an den gefährdeten Stellen benutzt, so erreicht man hier einerseits größere Festigkeit und anderseits eine höhere Erwärmung. Letztere hat sich nämlich als ein gutes Mittel zum Schutz gegen Rauhreif erwiesen[4]. Das ist z. B. geschehen bei der 100 kV-Leitung von Hartenstein (Österreich) nach Gresten[5] und bei mehreren Mittelspannungsleitungen in Rußland[6]. Auch hier ergibt sich der Vorteil, daß die Widerstandserhöhung durch die an den Gefahrstellen eingeschalteten KPS-Stücke, bezogen auf das Ganze, sehr wenig ausmacht und der Leistungsverlust also wenig steigt. Die schützende Wirkung kann noch dadurch erhöht werden, daß man während der kurzen Zeit, in der die Rauhreifgefahr besteht, durch absichtliche Vergrößerung der Phasenverschiebung die Stromstärke erhöht. Das beschriebene Verfahren zur Verminderung der Rauhreifgefahr hat den Vorzug, daß es auch nachträglich bei fertigen Leitungen angewendet werden kann, indem man die Reparatur von durch Rauhreif zerstörten Leitungsteilen mit KPS ausführt, so daß dann für spätere Zeit diese Stellen besser geschützt sind.

2. Hausanschlußleitungen und Straßenüberspannungen.

Hausanschlußleitungen können sowohl Niederspannungs- als auch Hochspannungsleitungen sein, je nachdem ob die Installation direkt an das Verteilungsnetz oder mit Hilfe eines Transformators an das Hochspannungsnetz angeschlossen wird. Letzteres kommt auf dem Lande bei einzeln liegenden Gebäuden oder Gebäudekomplexen vor, in kleineren Städten aber auch beim Anschluß industrieller Anlagen.

Die Länge solcher Hausanschlußleitungen hängt von den örtlichen Verhältnissen ab und kann außerordentlich verschieden sein. Ist die Entfernung groß, so können beträchtliche Spannweiten notwendig werden, um das Setzen von besonderen Masten mit Rücksicht auf Verkehrsverhältnisse, auf Schönheit der Ausführung usw. zu vermeiden. Abgesehen davon aber, ob die Länge der Hausanschlußleitung groß oder klein ist, ergibt sich fast immer

[3] ETZ 1929, S. 434 u. 726.

[4] Elektrizitätswirtsch. Bd. 26, S. 17.
[5] El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 634.
[6] Electricestwo 1928, Nr. 6...10 und El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 144.



die Notwendigkeit, die Anschlußleitung besonders vorsichtig auszuführen, weil unter ihr meist ein lebhafter Verkehr von Menschen und Tieren stattfindet. Es ist also notwendig, solche Anschlußleitungen im Sinne des § 22 der Errichtungsvorschriften des VDE mit „erhöhter Sicherheit" zu bauen. Die Festigkeit des KPS wird aber ausreichen, selbst wenn besonders hohe Beanspruchungen eintreten.

Zur Aufhängung von Beleuchtungskörpern auf Straßen und Plätzen benutzt man vielfach Überspannungen mit Hilfe von Stahldrähten. Bei diesen besteht jedoch die Gefahr des Verrostens, während die Verwendung von KPS hiergegen weitgehende Sicherheit bietet.

3. Erdseile für Hochspannungsfreileitungen.

Als „Erdseile" bezeichnet der VDE in seinen „Leitsätzen für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen" geerdete Seile, die oberhalb der Freileitungen gezogen werden, um die Influenz atmosphärischer Entladungen auf diese herabzusetzen. Ihre Schutzwirkung gegen Überspannungen ist noch umstritten. Allgemein anerkannt wird aber ihre Wirkung hinsichtlich der Verbesserung der Erdung der Eisenmaste, die ein sehr wichtiges Schutzmittel und daher von großer Bedeutung ist.

Daraus geht ohne weiteres hervor, daß bei der Ausführung der Erdseile die Erfüllung ihrer Aufgabe als Erdungsleitung besonders sichergestellt werden muß und daß bei der Auswahl der zu verwendenden Materialien hierauf Rücksicht genommen werden sollte. Das ist aber bisher in ganz ungenügendem Maße geschehen, denn die heute noch überwiegend angewendeten Eisenseile erfüllen die Bedingungen, die hinsichtlich Erdungsleitungen zu stellen sind, nur in geringem Maße. Ihnen mangelt es aber auch an unbedingt notwendiger Dauerhaftigkeit, wodurch die Betriebsicherheit ernstlich in Frage gestellt wird. Selbst wenn die Eisenseile gut verzinkt sind, ist ihre Lebensdauer begrenzt und unbedingt kleiner als die der Hochspannungsleitungen, namentlich solcher aus Kupfer, so daß nach einer Anzahl von Jahren ein Auswechseln der Erdseile notwendig wird. Da sie ja immer über den Hauptleitungen liegen, ist diese Arbeit stets mit Betriebsunterbrechungen verbunden.

Hier ist der KPS geeignet, eine wesentliche Verbesserung im Leitungsbau herbeizuführen. Da bei Seilen aus diesem Material jede Rostgefahr beseitigt ist, wird die Lebensdauer der Erdseile die gleiche sein wie die der Kupferleitungen; dadurch werden die Übergangswiderstände, die durch das Rosten der Eisenseile entstehen, vermieden und die Erdverbindung wird dauernd gut bleiben. Bei dem KPS verhindert, wie bereits erwähnt, der den Stahlkern umgebende Kupfermantel das Rosten sowie jeden Angriff ätzender Dünste. Die etwas höheren Anschaffungskosten machen sich also nicht nur durch Wegfall späterer Auswechslung bezahlt sondern auch durch Verbesserung der Hauptwirkung der Erdseile, nämlich durch die Sicherung einer guten und zuverlässigen Masterdung.

Bei KPS ist unter Verwendung des gleichen Querschnittes die Leitfähigkeit wesentlich besser als bei Stahlseilen; damit geht der Widerstand der Erdungsleitungen beträchtlich herunter, so daß der zur Erde abfließende Strom auf eine größere Zahl von Erdungen der Nachbarmaste verteilt wird.

Nach dem Bericht[7] des Komitees für Kraftübertragung und -verteilung des Am. Inst. El. Engs. wird es in Amerika verschiedentlich für vorteilhaft gehalten, wenn das Erdseil eine äußere Lage aus nicht magnetischem Material erhält. Diesen auf Grund langer Erfahrungen ausgesprochenen Wunsch erfüllt der KPS. Man ersieht aus vorstehendem, daß dieses Material ein idealer Baustoff für Erdseile der Hochspannungsanlagen ist, deren Sicherheit nach jeder Richtung erhöht werden sollte. Da die Steigerung der Kosten der Erdseile im Verhältnis zu den Gesamtanlagekosten einer Hochspannungsleitung gering ist, anderseits ihre Sicherheit dadurch wesentlich erhöht wird, so scheint die Verwendung von KPS das richtige zu sein.

4. Erdungsleitungen in Schaltanlagen.

Nach den Erdungsleitsätzen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker werden unter Erdungsleitungen solche Leitungen verstanden, die zum Erder führen, soweit sie über der Erdoberfläche liegen. Dazu zählen also auch die in größeren Betriebsräumen, Schaltanlagen usw. häufig verlegten Sammelleitungen. Solche Erdungsleitungen sind für die Sicherheit des Betriebes von außerordentlich großer Bedeutung, da von ihnen die gute oder schlechte Auswirkung der zum Schutze von Menschen und elektrischen Einrichtungen durchgeführten Schutzmaßnahme abhängt. Mit Rücksicht darauf sind an mehreren Stellen der Verbandsvorschriften diesbezügliche Bestimmungen erlassen worden.

In den Leitsätzen für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen ist ausdrücklich hervorgehoben, daß der Sicherheitsgrad einer Erdung abhängig ist von dem Zustande und der Zuverlässigkeit der Erdungsleitungen und von dem Zustande der Verbindungstellen. Es ist ferner bestimmt, daß die Zuleitungen so angebracht werden sollen, daß sie vor mechanischen Zerstörungen und Durchrosten geschützt sind. Die Zuleitungsanschlüsse sollen mit der Sammelleitung und mit den Erdern selbst dauernd gut metallisch verbunden sein. Die Verbindungstellen werden zweckmäßig verlötet, verschweißt oder vernietet. Die Verbindungstellen mit den Erdern sowie den zu erdenden Teilen sind um so sorgfältiger herzustellen, je größer der abzuleitende Erdstrom werden kann. Bei größeren Stromstärken wird selbst ein verhältnismäßig geringer Übergangswiderstand (Oxydbildung oder dgl.) den Wert einer guten Erdung stark beeinträchtigen. Eine bedeutende Steigerung der Berührungspannung kann durch Erhitzung und dadurch bedingte weitere Verschlechterung der Verbindungstellen eintreten. Aus diesem Grunde wird empfohlen, bei Erdungen von mehr als etwa 10 A die Anschlußstellen gut zu verzinnen und die fertige Verbindung durch Anstrich oder andere Schutzmittel gegen Oxydation zu schützen. Der Widerstand der Zuleitungen ist bei der Berechnung der Erdung zu berücksichtigen.

Die Betriebsvorschriften des VDE bestimmen ferner in § 2 c, daß Schutzvorrichtungen und Schutzmittel jeder Art, worunter besonders die Erdung fällt, dauernd in brauchbarem Zustande erhalten werden müssen; weiter ist in den Leitsätzen für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen noch bestimmt, daß Verbindungstellen innerhalb des Handbereiches, die nicht verschweißt, verlötet oder vernietet sind, zweckmäßig einer zeitweisen Besichtigung unterworfen werden.

Die vorstehend erwähnten Verbandsbestimmungen, die sich auf Ausführung und Unterhaltung von Erdungsleitungen beziehen, können nur von einem Material voll erfüllt werden, das

1. große mechanische Festigkeit,
2. ausreichende Leitfähigkeit,
3. geringen Übergangswiderstand,
4. Rostfreiheit

aufweist. Alle diese Eigenschaften besitzt aber der KPS, so daß er dem bisher als Erdungsleitung in großem Maße verwendeten Eisen hinsichtlich der Punkte 2., 3. und 4. und dem weniger verwendeten Kupfer hinsichtlich des Punktes 1. überlegen ist. Nach den Versuchen, die Prof. Richter[8] über Nietverbindungen veröffentlicht hat, ergibt sich, daß Fe-Fe-Verbindungen zwar einen höheren Übergangswiderstand als Cu-Cu-Verbindungen haben, aber daß dieser Widerstand auf lange Zeit hinaus gleich bleibt und bei Erschütterungen nicht leidet. Cu-Cu-Verbindungen haben zwar anfangs einen niedrigeren Widerstand, der sich aber infolge von Erschütterungen stark vergrößert. Richter stellte fest, daß sich die reinen Kupferverbindungen am schlechtesten, die reinen Eisenverbindungen am besten bewährt haben. Aus den Richterschen Versuchen ergibt sich, daß Cu-Cu-Verbindungen empfindlich sind gegen mechanische Beanspruchung, Fe-Fe-Verbindungen dagegen nicht. Letztere haben aber von vornherein höhere Widerstände. Der KPS vereinigt nun beide Eigenschaften: den niedrigen Anfangswiderstand von Kupfer und die mechanische Unempfindlichkeit des Eisens, zumal er auch in Bandform hergestellt wird.

Hinsichtlich der Bemessung der Erdzuleitungen bestimmen die Errichtungsvorschriften sowie die Erdungsleitsätze des VDE, daß im allgemeinen Querschnitte über 100 mm^2 Eisen und über 50 mm^2 Kupfer nicht erforderlich sind. Bei KPS würde man dementsprechend nicht über 70 mm^2 anzuwenden brauchen. Nach unten zu ist der Eisenquerschnitt auf 35 mm^2 und der des Kupfers auf 16 mm^2 festgelegt. Für KPS würde demnach als untere Grenze 25 mm^2 angenommen werden können.

Vorstehende Zahlen gelten für elektrische Betriebsräume; in anderen Räumen ist eine untere Grenze für den Querschnitt nur bei Kupfer festgesetzt, u. zw. zu 4 mm^2, wofür KPS von 3 mm^2 voll ausreichen würde.

Aus vorstehendem ist zu ersehen, daß der KPS für Erdungsleitungen günstige Eigenschaften besitzt. Während er die Vorzüge des Kupfers und des Eisens in sich ver-

[7] J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 46, S. 691 sowie El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 387.

[8] ETZ 1920, S. 349.



einigt, vermeidet er deren Nachteile. Er ist aber auch wirtschaftlich anwendbar, da nicht nur eine Materialersparnis sondern auch eine Ersparnis an Arbeitslöhnen eintritt und die Verbindungen viel einfacher herzustellen sind als bei Eisen.

5. Betriebsfernsprechleitungen in Starkstrom-Freileitungsnetzen.

Die Leitungsnetze der Überlandzentralen erstrecken sich auf derart große Gebiete, daß es notwendig ist, ein Verständigungsmittel zwischen den verschiedenen Speisepunkten, Schaltstationen usw. zur Verfügung zu haben. Man pflegt daher beim Bau solcher Netze besondere „Betriebsfernsprechleitungen" anzulegen. Die Errichtungsvorschriften des VDE sehen vor, daß diese Leitungen direkt an dem Gestänge der Starkstrom-Freileitungen verlegt werden dürfen, wenn sie in angemessenem Abstand unterhalb der letzteren geführt werden.

Für die Bemessung dieser Betriebsfernsprechleitungen spielt die Leitfähigkeit des Materials keine wesentliche Rolle. Die wichtigste Forderung ist die nach Festigkeit, was besonders bei Freileitungen mit großen Spannweiten zu beachten ist. Diese Bedingung wird durch den KPS in hohem Maße erfüllt, ohne daß die gegenüber Kupfer verringerte Leitfähigkeit irgendwelche Nachteile herbeiführt. Weiter ist zu beachten, daß durch den geringeren Durchhang an Mastlänge gespart wird.

Die Gefahr des Diebstahles ist bei Betriebsfernsprechleitungen besonders groß, weil sie unterhalb der Starkstromleitungen verlegt werden und keine gefahrbringende Spannung führen. Sie sind also dem Zugriff ausgesetzt, wenn sie aus Kupfer oder Bronze bestehen, nicht dagegen bei Verwendung von KPS.

Betriebsfernsprechleitungen sind nach den Errichtungsvorschriften des VDE wie Hochspannungsleitungen zu behandeln und unterliegen somit auch den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen", in denen die Verwendung des vorliegenden Materials ausdrücklich vorgesehen ist.

6. Fernmelde-Freileitungen.

Bei Freileitungen für Fernmeldeanlagen wird meistens Eisen oder Bronze und nur in geringem Umfange Kupfer verwendet. Eisen ist billig aber wenig haltbar. Es wird, selbst wenn es gut verzinkt ist, doch in einer Reihe von Jahren zerstört. Ferner ist es aber infolge seiner magnetischen Eigenschaften für die hochfrequenten Ströme unzweckmäßig. Schließlich ist zu beachten, daß in manchen Fällen die Leitfähigkeit des Eisens zu niedrig ist. Bronze und Kupfer sind günstiger aber teurer, und zudem hat Kupfer keine hohe Festigkeit. Der KPS erfüllt dagegen alle notwendigen Bedingungen. Die Festigkeit ist groß, und die Rostgefahr fällt fort. Das Vorhandensein von Eisen im Innern des Drahtes führt zu keiner ungünstigen Wirkung, weil ja die hochfrequenten Ströme auf der Oberfläche verlaufen, d. h. also in der Kupferhaut. Durch Versuche ist festgestellt worden, daß die Erhöhung des Wechselstromwiderstandes gegenüber dem bei Gleichstrom für 1000 Hz nur etwa 3 % beträgt.

Nach den „Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen" des VDE sollen bei Kupferdrähten Stangenabstände von 80 m nicht überschritten werden, während dieses bei Bronze nicht verboten ist. Bei KPS ist es ohne weiteres zulässig, größere Spannweiten zu benutzen und gegebenenfalls bis zu 200 m zu gehen. Bei Verwendung von Doppelmasten, A-Masten oder H-Masten werden diese Entfernungen noch überschritten werden können. Ganz besondere Bedeutung hat die Anwendung großer Spannweiten bei Fernmeldeleitungen, die in Städten, Fabrikanlagen usw. über Dächer gespannt werden, wo es oft schwierig ist, Stützpunkte in geringer Entfernung zu schaffen.

7. Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte.

Bei Fahrleitungen ist es wichtig, daß die Stromabnahme möglichst funkenlos geschieht, da sonst an Leitung und Kontaktvorrichtung eine erhebliche Abnutzung eintritt. Die Entstehung von Funken wird dadurch vermindert bzw. beseitigt, daß die als Stromabnehmer dienenden Rollen, Gleitschuhe usw. mit starken Druck an die Fahrleitungen gepreßt werden. Das hat aber zur Folge, daß bei Bewegung infolge von Durchhang, Verbiegung usw. Stöße auftreten.

Der VDE hat deswegen auch in § 4 der „Leitsätze für die Errichtung von Fahrleitungen für Hebezeuge und Transportgeräte" vorgesehen, daß für Stromzuführungseinrichtungen neben Kupfer auch Eisen mit aufgelegtem Kupferleiter benutzt werden kann. Besser als eine derartige lose Verbindung dieser Metalle sind Leitungen aus KPS, bei dem Stahl und Kupfer in innigster Vereinigung verwendet werden. So gebaute Fahrleitungen haben sehr geringen Durchhang, wodurch die Kontaktgebung verbessert und die Abnutzung verringert wird. Die unvermeidlichen Stöße werden unschädlich aufgenommen, weil der Stahlkern solchen Beanspruchungen ohne weiteres gewachsen ist. Während die Kupferhaut einerseits eine gute Leitfähigkeit sichert, schützt sie anderseits den Stahlkern vor Rost.

Für die Bemessung von Fahrleitungen ist besonders wichtig, daß der Spannungsabfall und die Erwärmung gewisse Werte nicht überschreiten. Bezüglich des ersteren hat der VDE in seinen Leitsätzen festgelegt, daß bei Drehstrom ein höchster Wert von 7,5 % und bei Gleichstrom ein solcher von 10 % zulässig ist, damit die Motoren ordnungsmäßig arbeiten. Hinsichtlich der „Belastbarkeit" geben die Leitsätze des VDE nur Angaben für Verwendung von Kupfer. Damit nun auch für KPS solche zur Verfügung stehen, habe ich einige Versuche gemacht und so die nachstehend wiedergegebene Belastungstafel ermittelt:

Querschnitt mm²	Höchstzulässige Stromstärke in Amp. bei	
	100 % ED	40 % ED
35	85	130
50	110	170
65	130	210
80	150	235
100	175	270
120	200	320
150	250	390

Hierzu sei noch bemerkt, daß die Spalte für 100 % ED der Dauereinschaltung entspricht, während die Spalte 40 % ED für eine relative Einschaltdauer von 40 % gilt.

8. Elektrische Bahnen.

Der Betrieb von Bahnen ist ein außerordentlich schwerer, weil er sich im Freien abspielt, wodurch die Betriebsmittel den Einflüssen von Wind und Wetter ausgesetzt sind. Anderseits muß mit einer starken Inanspruchnahme aller Baustoffe durch häufiges Anfahren, Geschwindigkeitsverändern und Bremsen gerechnet werden. Überbeanspruchungen, starke Stöße und fortwährende Schwingungen sind normale Erscheinungen im Bahnbetriebe. Hierzu kommt noch die zerstörende Einwirkung durch die Feuchtigkeit, die Atmosphärilien und bei Hauptbahnen durch den Rauch von Dampflokomotiven. Es ist also ohne weiteres einleuchtend, daß in einem derartigen Betriebe ein Material von ganz besonders großer Bedeutung sein muß, das einerseits gegen die Feuchtigkeit, die Atmosphäre und den Rauch unempfindlich ist, anderseits hohe Festigkeit, große Elastizität, geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten und gute elektrische Leitfähigkeit in sich vereinigt. Alle diese Anforderungen erfüllt der KPS. Die Zahl der Reparaturen kann durch richtige Verwendung dieses Materials bedeutend vermindert und damit die Betriebsführung sehr erleichtert werden.

Nach den vom VDE aufgestellten „Vorschriften für elektrische Bahnen", die seit dem 1. I. 1926 gelten, wird bezüglich des Baustoffes für Fahrleitungen bestimmt, daß er den „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen" entsprechen muß, so daß also hier das vorstehend schon Gesagte gilt. Der KPS wird besonders bei Ausläuferlinien in Frage kommen, für die bisher teilweise Eisendraht verwendet wurde. Besonders zu beachten ist auch noch, daß der Ausdehnungskoeffizient dieses Materials bedeutend kleiner ist als der des Kupfers. Es würde also bei warmem Wetter der Durchhang sich nicht so sehr vergrößern wie bei Kupfer, wodurch die Stöße und Schwingungen geringer werden. Es ist vielfach festgestellt worden, daß ein erheblicher Teil aller Brüche von Straßenbahn-Oberleitungen aus Kupfer auf Ermüdung desselben zurückzuführen ist. Es hat sich ferner bei vielen Bahnen ergeben, daß die Zahl der Brüche bei Oberleitungen aus Kupfer im Sommer bedeutend größer ist als im Winter.

Die guten Eigenschaften des KPS treten besonders in die Erscheinung bei Unterführungen, Tunneln usw.; da an solchen Stellen nur ein geringer Durchhang zugelassen werden kann, ist es möglich, die Zahl der Aufhängepunkte, deren jeder einzelne eine Störungsquelle bedeutet, zu vermindern und damit nicht nur den Bau sondern auch den Betrieb zu vereinfachen.

Bei den zur Aufhängung des Fahrdrahtes von Straßenbahnen verwendeten Tragdrähten (Querdrähten) kommt es



im wesentlichen darauf an, daß sie unempfindlich gegen den Einfluß der Feuchtigkeit und der Atmosphärilien sein müssen. Es ist also nicht notwendig, die erheblich teurere Bronze für solche Tragdrähte zu verwenden; man kann trotzdem eine große Lebensdauer durch KPS erreichen.

Bei Hauptbahnen wird im allgemeinen die Mehrfachaufhängung benutzt, bei der man den Fahrdraht nicht direkt an die Querträger oder Querdrähte hängt sondern an ein Tragseil. Da es nun für die Erkennbarkeit der Signale vorteilhaft ist, die Entfernung der Querdrähte voneinander möglichst groß zu halten, erweist sich ein Baustoff von hoher Festigkeit als sehr wertvoll. Das ist besonders von Bedeutung in Gebirgsgegenden, in denen vielfach mit Rauhreifbildung zu rechnen ist.

Da bei elektrischen Hauptbahnen die Kosten der Fahrleitungen einen erheblichen Teil der Gesamtanlagekosten bilden, kann die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Betriebes durch Verwendung des KPS gesteigert werden. Daß dieses Material in der Tat den höchsten Anforderungen gerecht wird, geht daraus hervor, daß die Schweizerischen Bundesbahnen die in den letzten Jahrzehnten gebauten elektrischen Hauptbahnstrecken überwiegend mit KPS versehen haben. Er hat sich bei allen Anlagen, selbst bei der besonders hoch beanspruchten Gotthardbahn, vorzüglich bewährt.

Auch für Schienenverbinder kann der KPS Vorteile bieten, da er große Festigkeit besitzt, was besonders bei Grubenbahnen wichtig ist, und die Diebstahlsgefahr bei ihm wegfällt.

Zur Verständigung zwischen Kraftwerk, Unterwerken und Hauptverteilungspunkten bestehen auch im Bahnbetriebe Fernmeldeleitungen, die entweder zur Benutzung von Fernsprechern oder zur Betätigung von Signalen dienen. Bei diesen ist eine hohe Leitfähigkeit nicht notwendig. Die wesentlichen Anforderungen, die gestellt werden müssen, sind hohe Festigkeit, Rostsicherheit und geringe Anschaffungskosten. Bisher wurde für solche Leitungen vielfach die um etwa 50 % teurere Bronze verwendet oder es wurde Eisen benutzt, bei dem sich wegen der Rostgefahr mit der Zeit Schwierigkeiten einstellen.

Auch für Schutzdrähte (gegen herabfallende Fernsprechleitungen), die bei Straßenbahnen über den Fahrleitungen stellenweise angebracht werden, ist KPS ein geeignetes Material hinsichtlich seiner Rostsicherheit.

9. Widerstände.

Für den Bau von Metallwiderständen sind vom VDE in den „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlassern und Steuergeräten R. E. A./1928" vier Baustoffe mit spezifischen Widerständen von 1,0 ... 0,13 Ω/mm²/m vorgesehen worden. Zuweilen ist es aber erwünscht, einen solchen mit etwas besserer Leitfähigkeit zu benutzen, um nicht zu dünne Drähte zu erhalten, wofür dann KPS zweckmäßig ist.

Bei manchen Verwendungsgebieten erweist sich das aus Eisen bestehende Material VM 13 (mit 0,13 Ω/mm²/m) als unzweckmäßig, weil es zwei Nachteile hat. Erstens ist die Rostgefahr sehr groß, so daß im Betriebe Störungen zu befürchten sind, und zweitens ist der Temperaturkoeffizient, der den Wert von etwa 0,00405 besitzt, sehr hoch. Der KPS vermeidet die Rostgefahr vollständig und der Temperaturkoeffizient ist nur etwa 0,0025. Ein weiterer Vorteil gegenüber dem Eisen ist der, daß die Kontakte besser sind, weil KPS außen eine Kupferhaut besitzt.

Eine andere Verwendungsmöglichkeit für KPS liegt bei der neuerdings vielfach benutzten Bodenheizung von Treibbeeten (Heizkabel) vor, wobei sich die Rostsicherheit als vorteilhaft erweist.

Straßenbeleuchtung mit Niedervoltlampen in Reihenschaltung.

Von Dr.-Ing. **L. Bloch** und Dr. **E. Friederich**, Berlin.

Übersicht. Für Glühlampen-Reihenschaltungstromkreise wurden von der Osram G. m. b. H. Kurzschlußwiderstände neu ausgebildet, die auf dem Prinzip der festen Trockengleichrichter beruhen. Sie werden zwischen Fassung und Sockel einer zur Hauptlampe parallel geschalteten Ersatzlampe eingesetzt und lassen die Ersatzlampe aufleuchten, sobald die Hauptlampe erlischt. Die Kurzschlußwiderstände ermöglichen die Anwendung von niedervoltigen Reihenschaltungslampen bei den normal üblichen Gebrauchspannungen. Man kann mit diesem System die Straßenbeleuchtung mit Lampen für niedrigen Verbrauch und Reihenschaltung ebenso wirtschaftlich betreiben wie mit Lampen für höheren Verbrauch und normale Gebrauchspannung. Das beschriebene Beleuchtungsystem kommt für Straßenbeleuchtungsanlagen mit Glühlampen bis zu 150 W in Frage, bei denen es aus Wettbewerbsrücksichten auf besonders niedrige Stromkosten ankommt.

Die Reihenschaltung in der Straßenbeleuchtung wird im Ausland vielfach angewandt, wenn die Beleuchtung direkt an vorhandene Hochspannung angeschlossen werden soll. Bisher gebräuchliche Spannungen hierfür sind 1000 ... 10 000 V Wechselstrom. Ferner kommt Straßenbahnspannung von 500 ... 800 V Gleichstrom hier in Frage. Auch frühere Bogenlampen-Stromkreise werden öfters noch mit Glühlampen in Reihenschaltung weiter betrieben. Da bei dieser Schaltungsart im Fall des Durchbrennens einer Lampe der ganze Stromkreis unterbrochen wäre, müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, um die Betriebsicherheit der Anlage zu gewährleisten. Die hierfür benutzten Durchschlagsicherungen sind nur für hohe Spannungen ausgebildet. Bei Niederspannung kann man sich so helfen, daß mittels eines selbsttätigen Schalters ein Ersatzwiderstand eingeschaltet wird, oder man kann bei Wechselstrom eine Drosselspule parallel zu den Lampen legen. Da jedoch alle diese Einrichtungen umständlich sind und die Anlage verteuern, hat man bei der heute bei uns meist üblichen Spannung von 220 V im allgemeinen auf Reihenschaltung verzichtet, soweit sie nicht schon aus der Bogenlampenzeit her vorhanden war. Tatsächlich ist auch die Parallelschaltung aus verschiedenen Gründen entschieden vorzuziehen.

Neuerdings kommt aber ein Fall in Frage, bei dem die Reihenschaltung ernstlich in Erwägung gezogen zu werden verdient. Es handelt sich hierbei um den Ersatz der noch sehr zahlreich in der Straßenbeleuchtung vorhandenen Gaslampen für niedrige Lichtströme durch elektrisches Licht. Während bei den hochkerzigen gasgefüllten Metalldrahtlampen infolge ihrer guten Lichtausbeute die Strompreise, bei denen gleiche Betriebskosten wie bei der Gasbeleuchtung erreicht werden, recht hoch liegen, sind die Verhältnisse bei niedrigkerzigen Lampen, soweit Lichtströme in der Größenordnung von etwa 1000 Lumen (entsprechend etwa 100 HK) in Frage kommen, für die elektrische Beleuchtung etwas weniger günstig. Die Lichtausbeute einer elektrischen Glühlampe für 220 V fällt nämlich bei niedrigen Lichtströmen nicht so groß aus wie bei hohen; im Gegensatz hierzu stehen die heutigen Gaslampen für niedrige Lichtströme in ihrer Lichtausbeute denen für hohe Lichtströme kaum nach.

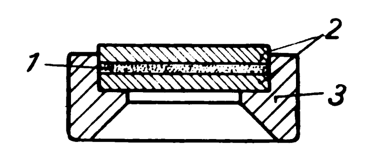
Es ist nun aber die Möglichkeit gegeben, die günstige Lichtausbeute der hochkerzigen Glühlampen auch bei niedrigkerzigen Lampen zu erreichen, wenn man an Stelle der Spannung von 220 V und Parallelschaltung in Reihe geschaltete Lampen für Niederspannung, beispielsweise 24 V, anwendet. Wie die nachstehende Zahlentafel zeigt, läßt sich in diesem Fall bei gleichem Wattverbrauch eine Erhöhung des Lichtstroms um etwa 35 ... 60 % erreichen.

Verbrauch und Lichtstrom von Osram-Nitralampen.

Verbrauch W	Lichtstrom in Lumen bei 220 V	Lichtstrom in Lumen bei 24 V	Gewinn an Lichtstrom bei Niedervolt %
25	230	360	56
40	395	640	62
60	660	1050	59
75	890	1350	52
100	1300	1850	42
150	2050	2900	41
200	3000	4000	33

Man kann deshalb, wenn Lampen mit einem Verbrauch bis zu 200 W in Frage kommen, jeweils die nächst niedrigere Lampentype verwenden, wenn man in Reihe geschaltete Niedervoltlampen benutzt. In dieser Weise ist es möglich, die elektrische Straßenbeleuchtung mit niedrigkerzigen Lampen erheblich wirtschaftlicher als bei Parallelschaltung zu betreiben.

Ein Reihenschaltungssystem mit der bei uns meist üblichen Betriebspannung von 220 V ist aber nur dann möglich, wenn mit einer einfachen Vorrichtung, die beim Durchbrennen einer Lampe in Tätigkeit tritt, ein Erlöschen des ganzen Stromkreises mit Sicherheit verhütet wird. Diese Vorrichtung ist nun in dem neuen Kurzschlußwiderstand der Osram G. m. b. H., Berlin, geschaffen worden. Dieser Kurzschlußwiderstand (DRP. angem.) für Niedervoltlampen ist aus neueren Arbeiten auf dem Gebiet des festen Trockengleichrichters hervorgegangen, die in der A-Fabrik der genannten Firma ausgeführt wurden. Er besteht aus zwei gegeneinander geschalteten Trockengleichrichtern in Plattenform, wobei für Gleich- oder Wechselstrom jeder Stromrichtung, also unabhängig von der Polung, Sperre vorhanden ist. Der Kurzschlußwiderstand (Abb. 1) besteht demgemäß aus zwei

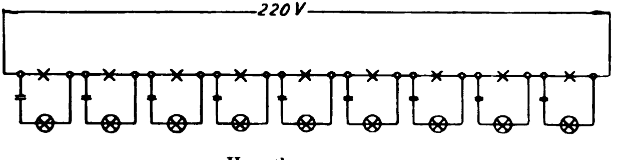


1 Widerstandsmasse 2 Bleiplatten 3 Steatitring

Abb. 1. Kurzschlußwiderstand im Schnitt.

kleinen Bleiplatten, zwischen denen sich eine Masse eines sehr schlechten Leiters befindet; verschiedene Arten von Kupferverbindungen erwiesen sich als hierfür geeignet. Wenn der Kurzschlußwiderstand an der normalen Betriebspannung der Niedervoltlampen liegt, hat er einen Widerstand in der Größenordnung von etwa 10 000 Ω, läßt also praktisch so gut wie keinen Strom durch.

Die Anordnung für Straßenbeleuchtung erfolgt in der Weise, daß parallel zu jeder Hauptlampe des Serienstromkreises ein Nebenschlußstromkreis gelegt wird, der aus einer Ersatzlampe und einem mit ihr in Reihe geschalteten Kurzschlußwiderstand besteht (Abb. 2). In



× Hauptlampen
▬ Kurzschlußwiderstände
⊗ Ersatzlampen

Abb. 2. Anordnung der Reihenschaltung mit Ersatzlampen und Kurzschlußwiderständen.

dem Augenblick, wo eine der Hauptlampen durchbrennt, liegt an dem zugehörigen Kurzchlußwiderstand die volle Netzspannung. Da diese beträchtlich höher als die etwa 100 V betragende höchstmögliche Sperrspannung ist, wird der Widerstand durchschlagen, und hierbei werden gleichzeitig die beiden Bleiplatten an der Durchschlagstelle durch Schmelzen miteinander verlötet. Der Kurzschlußwiderstand ist hierdurch metallisch leitend geworden, so daß sich die Ersatzlampe selbsttätig einschaltet. Der Widerstand beträgt jetzt nur noch einige tausendstel Ohm und die Ersatzlampe brennt deshalb mit ihrer normalen Betriebspannung und Stromstärke.

Für die Straßenbeleuchtung in Reihenschaltung können die heute schon ganz normal ausgebildeten Leuchten für zwei Lampen unverändert benutzt werden; es brennt hierbei nur die eine Lampe, während die zweite als Ersatzlampe zur ersten parallel geschaltet ist (Abb. 3). Zwischen den Mittelkontakt dieser Lampe und ihre Fassung ist der Kurzschlußwiderstand eingelegt (Abb. 4), so daß also der Stromkreis der Ersatzlampe zunächst unterbrochen ist. In dem Augenblick, wo die Hauptlampe durchbrennt, spricht der Kurzschlußwiderstand an, die beiden Bleiplatten kommen an der Durchschlagstelle zum Schmelzen und geben Kontakt, so daß nunmehr die Ersatzlampe eingeschaltet wird. Infolge der Einfachheit seiner Konstruktion beträgt der Preis des Osram-Kurzschlußwiderstandes nur einen kleinen Bruchteil des Preises einer Glühlampe. Solange die zugehörige Hauptlampe nicht durchgebrannt ist, nimmt er keinen Strom auf, verursacht also keinerlei zusätzliche Verluste in der Anlage. Die Kurzschlußwiderstände sind unempfindlich gegen Temperaturschwankungen und Feuchtigkeit.

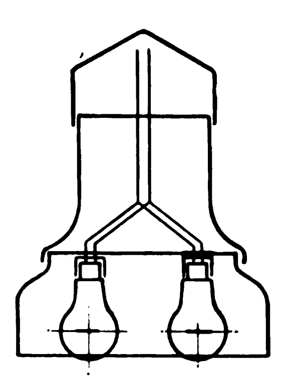


Abb. 3. Zweilampenleuchte mit Hauptlampe und Ersatzlampe.

1 Kurzschlußwiderstand
2 Lampenfassung
3 Lampensockel

Abb. 4. Anordnung des Kurzschlußwiderstandes in der Lampenfassung.

Während bei den bisher üblichen Systemen mit Ersatzwiderständen oder Drosselspulen beim Durchbrennen einer Lampe die betreffende Brennstelle ausfällt, da die durchgebrannte Lampe entweder kurzgeschlossen oder durch einen Widerstand ersetzt ist, wird bei Verwendung des hier beschriebenen Systems selbsttätig eine Ersatzlampe eingeschaltet und auf diese Weise jede auch nur vorübergehende Störung in der Straßenbeleuchtung vermieden. Naturgemäß ist dafür zu sorgen, daß in den nächsten Tagen nach dem Durchbrennen die durchgebrannte Lampe und der durchgeschlagene Kurzschlußwiderstand ausgewechselt werden. Die Überwachung der ganzen Anlage ist überaus einfach, da der Beobachter bereits von unten erkennen kann, ob die Hauptlampe noch brennt oder ob die Ersatzlampe bereits eingeschaltet ist. Zu diesem Zweck werden die Ersatzlampen mit dem Kurzschlußwiderstand immer auf derselben Seite der Zweilampenleuchte eingesetzt oder sie werden durch eine besondere Erkennungsmarke kenntlich gemacht.

Als Spannung für Niedervoltlampen wird zweckmäßig die normale Spannung von 24 V gewählt. Die Stromkreise sind dann so anzuordnen, daß neun Lampen an 220 V liegen, wobei die überschüssige Spannung für den Verlust in den Zuleitungen verfügbar ist. Die Schaltung ist aus Abb. 2 ersichtlich.

Die Reihenschaltung unter Verwendung von Osram-Kurzschlußwiderständen empfiehlt sich für Straßenbeleuchtungs-Stromkreise mit Glühlampen bis zu 150 W, bei denen es auf besonders niedrige Stromkosten ankommt. Bei den Lampen für höheren Verbrauch und überall dort, wo die Stromkosten nicht die ausschlaggebende Rolle spielen, ist der Parallelschaltung der Vorzug zu geben. Durch das Reihenschaltungssystem mit Kurzschlußwiderständen wird es der elektrischen Straßenbeleuchtung ermöglicht, auch unter ungünstigen Bedingungen an die Stelle der bisher vorhandenen Gasbeleuchtung zu treten.

Die neuen Triebwagen der Wiener Lokalbahnen Wien—Baden.

Von Ing. **Leo Mandich**, Wien.

Übersicht. Die von den üblichen Ausführungen abweichenden Einrichtungen der Triebwagen der Strecke Wien —Baden werden kurz beschrieben.

Die AG. der Wiener Lokalbahnen hat in den Jahren 1906/07 den elektrischen Betrieb ihrer bisher mit Dampf betriebenen Überlandbahn Wien—Baden, die rd. 28 km Streckenlänge hat, eingeführt[1]. Die Bahn führt aus dem Verkehrschwerpunkt in Wien nächst dem Opernhaus und dem Ring durch die Vorstädte auf den Straßen des Wiener Stadtgebietes, so wie sie auch in Baden ziemliche Strecken des Straßengebietes der Stadt Baden durchfährt. Dadurch war es gegeben, diese Linien, die zum Teil von bestehenden Straßenbahnen mitbenutzt werden, mit 500 bis 700 V Gleichstrom zu betreiben, während für die Fernstrecke von etwa 20 km die Wirtschaftsrechnung die Verwendung von Einphasenwechselstrom von zunächst 15, später 16⅔ Hz geraten erscheinen ließ. Während die Speisung der Gleichstromstrecke in üblicher Weise aus den Netzen der Straßenbahnen erfolgte, wurden für die 20 km Fernstrecke 10 Unterwerke vorgesehen, die als unbediente Transformatorenstationen die Oberspannung von zunächst 11 000 V, später 15 000 V auf 550, später 750 bis 800 V umspannten.

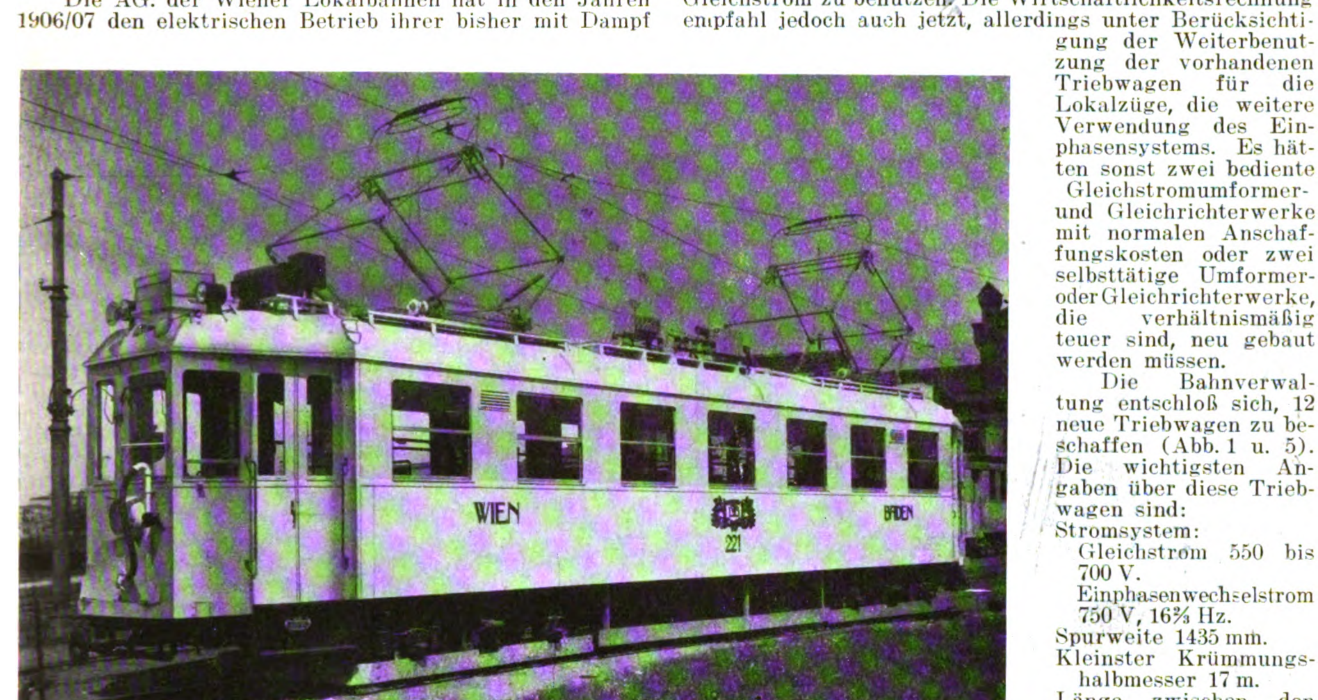


Abb. 1. Triebwagen.

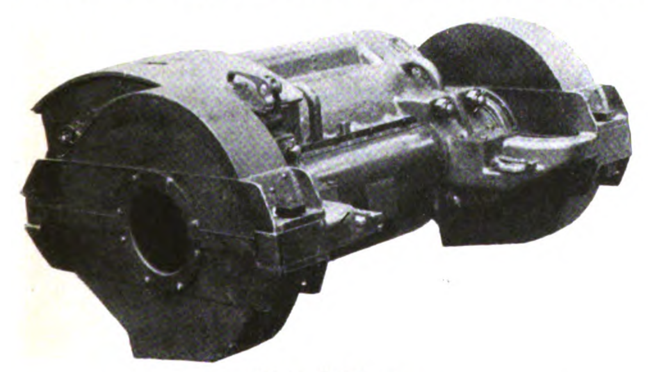


Abb. 2. Triebmotor.

[1] Vgl. ETZ 1906, S. 1151. — El. Kraftbetr. u. Bahn. Bd. 5, S. 9 u. 25 (1907).

Nach mehr als 20jähriger Betriebszeit ergab sich die Notwendigkeit, die Fahrbetriebsmittel zu erneuern. Bei dieser Gelegenheit überlegte die Verwaltung, für den Betrieb der Fernstrecke statt Einphasenwechselstrom 1500 V Gleichstrom zu benutzen. Die Wirtschaftlichkeitsrechnung empfahl jedoch auch jetzt, allerdings unter Berücksichtigung der Weiterbenutzung der vorhandenen Triebwagen für die Lokalzüge, die weitere Verwendung des Einphasensystems. Es hätten sonst zwei bediente Gleichstromumformer- und Gleichrichterwerke mit normalen Anschaffungskosten oder zwei selbsttätige Umformer- oder Gleichrichterwerke, die verhältnismäßig teuer sind, neu gebaut werden müssen.

Die Bahnverwaltung entschloß sich, 12 neue Triebwagen zu beschaffen (Abb. 1 u. 5). Die wichtigsten Angaben über diese Triebwagen sind:

Stromsystem:
- Gleichstrom 550 bis 700 V.
- Einphasenwechselstrom 750 V, 16⅔ Hz.

Spurweite 1435 mm.
Kleinster Krümmungshalbmesser 17 m.
Länge zwischen den Puffern (Zentralpuffer) 15 450 mm.
Kastenlänge 14 550 mm.
Kastenbreite 2370 mm.
Drehzapfenentfernung 8250 mm.
Achsstand in den Drehgestellen 2000 mm
Raddurchmesser 850 mm
Übersetzungsverhältnis 1 : 5,466
Zahl der Sitzplätze 42
Gewicht der elektrischen Ausrüstung 10,6 t
Gesamtgewicht des besetzten Wagens 32 t

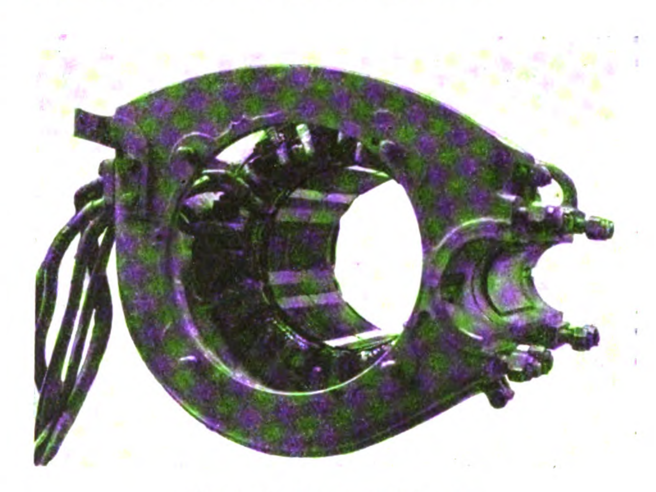


Abb. 3. Gehäuse des Triebmotors.

Fahrgeschwindigkeit 50 km/h
Reisegeschwindigkeit der Schnellzüge 28 km/h
Anzahl der Motoren 4
Bauart der Motoren 6polig mit Wendepolen und Eigenlüftung
Einstundenleistung:
- Einphasenwechselstrom bei 1150 U/min, 375 V, 90 PS
- Gleichstrom bei 1250 U/min, 98 PS, 375 V



Dauerleistung:
Einphasenwechselstrom bei 1300 U/min, 67 PS, 375 V
Gleichstrom bei 1150 U/min, 80 PS, 375 V

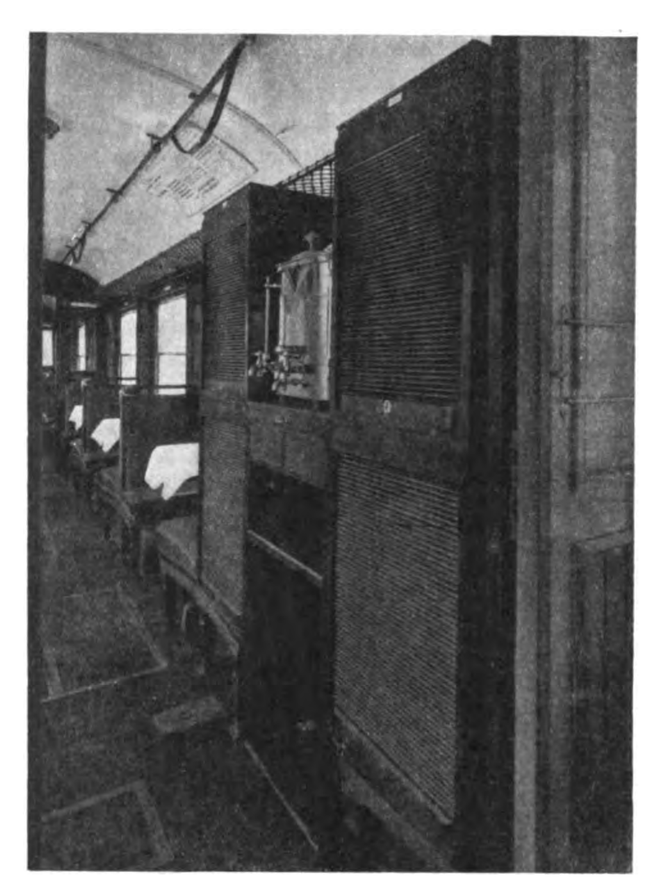


Abb. 5. Inneres des Triebwagens.

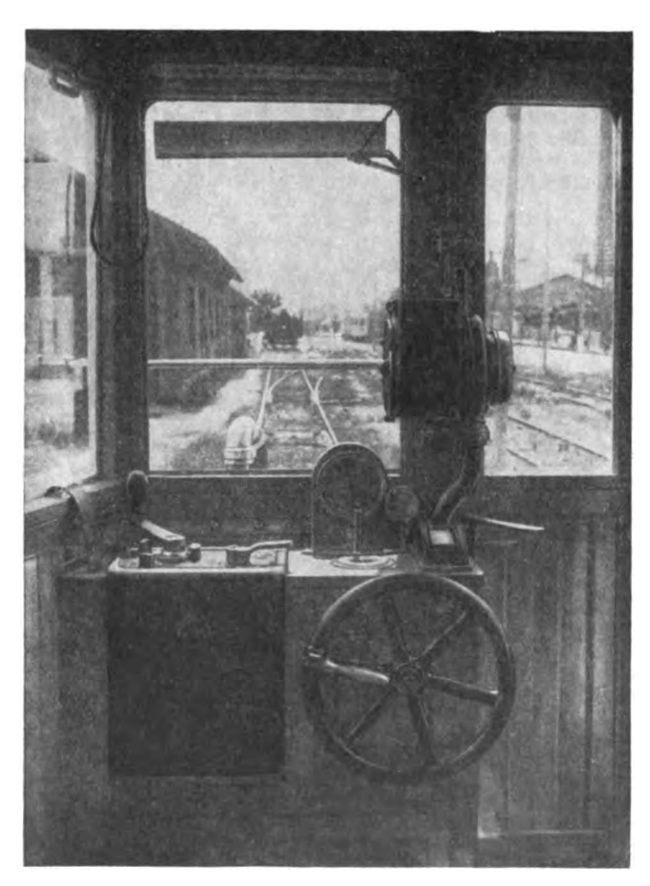


Abb. 6. Führerstand.

Gewicht der Motoren rd. 1700 kg
Fahrdrahthöhe 3900 ... 6000 mm.

Die neuen Triebwagen wurden zur Bekämpfung des Wettbewerbs seitens mehrerer Autobuslinien vornehm ausgestattet. Die Sitze sind durchweg beledert, die sonstige Innenausstattung (Abb. 5) geschmackvoll gestaltet unter Verwendung edler Hölzer und Spiegel. Auch befindet sich ein Büfett in jedem Wagen, an dem Brötchen und Getränke gereicht werden.

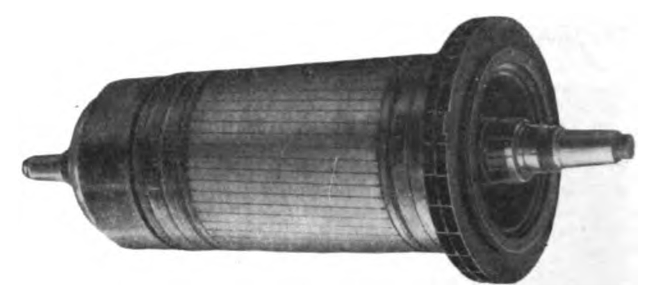


Abb. 4. Läufer des Triebmotors.

Die elektrische Ausrüstung der Triebwagen ist mit Ausnahme der Motoren eigentlich die bei vierachsigen Überland-Gleichstromtriebwagen übliche. Mit Rücksicht auf die hohen Stromstärken von 700 ... 1000 A wurde eine Schützensteuerung mit elektropneumatischer Betätigung vorgesehen. Abb. 6 zeigt den Führerstand eines Triebwagens.

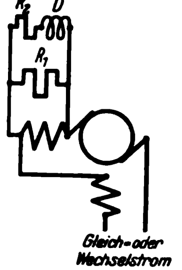


Abb. 7. Schaltung der Wendepole.

Bemerkenswert an der elektrischen Ausrüstung ist der Bau der Triebmotoren sowie die Verwendung von beidseitigem Federzahnradantrieb. Die Triebmotoren (Abb. 2 ... 4) haben sechs ausgeprägte Hauptpole und sechs Wendepole ohne Kompensationswicklung. Um die Wendepole für den Betrieb mit Gleich- und Wechselstrom entsprechend geeignet zu machen, ist die Schaltung eines Nebenschlusses nach Abb. 7 verwendet worden. Wie ersichtlich, wirkt der Ohmsche Widerstand R_1 in voller Größe nur bei Wechselstrom; bei Gleichstrom wird er durch die parallel geschaltete Drosselspule D umgangen, der Nebenschlußwert errechnet sich aus dem kombinierten Widerstand von R_1 und R_2, welcher letztere in Serie mit der Drosselspule D geschaltet ist. Die Motoren haben Eigenkühlung. Wie aus Abb. 8 ersichtlich ist, saugen sie

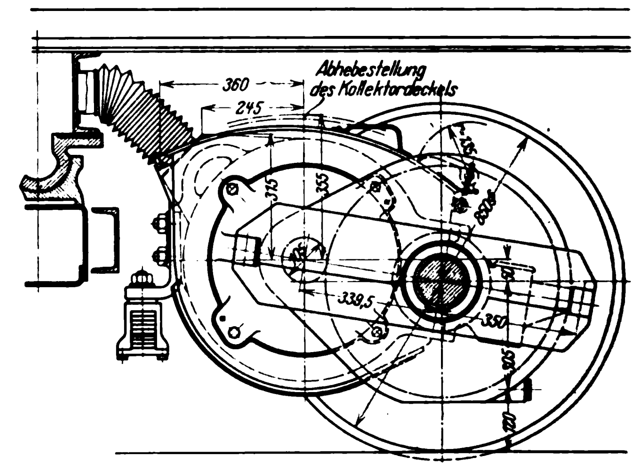


Abb. 8. Luftzuführung zu den Triebmotoren.

ihre Frischluft aus dem Drehgestellquerträger und von dort aus den Wagenseitenwänden an, wodurch wesentlich weniger Schmutz und Staub in die Motoren gebracht wird. Der Motorantrieb ist beiderseitig. Die Ritzel arbeiten auf je ein gefedertes, auf der Triebachse sitzendes Zahnrad mit der Sécheron patentierten Federung. Diese Federung scheint sich bisher zu bewähren. Die Anzahl der Federbrüche ist eine sehr geringe, sie beträgt im Jahr etwa 1¼ %. Die Federbrüche werden im allgemeinen erst bei der Revision entdeckt und verursachen keine Betriebs-



störung. Jedenfalls ist es durch die Zahnradfederung gelungen, die sonst bei Einphasenmotoren mit Tramaufhängung bei der Anfahrt auftretenden Erschütterungen des Drehgestelles und des Wagenkastens, die für die Lebensdauer und Erhaltung der elektrischen Einrichtung sicher unvorteilhaft sind, vollständig zu beheben. Die Anfahrt auf der Wechselstromstrecke ist von jener auf der Gleichstromstrecke, von der etwas geringeren Beschleunigung abgesehen, nicht zu unterscheiden.

Der mechanische Teil der Wagen, der durchweg eiserne Tragkonstruktionen hat, wurde von der Grazer Waggon- und Maschinenfabriks-AG. in Graz, der elektrische Teil von der „Elin" AG. für elektrische Industrie in Wien geliefert.

RUNDSCHAU.

Bahnen und Fahrzeuge.

Berliner Stadtbahnlokomotive für Fernzüge. — Die Einführung des elektrischen Zugbetriebes auf den Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen gab Gelegenheit, zwecks weiterer Einschränkung der Rauch- und Rußplage in der Innenstadt auch der Beförderung der durch die Stadt fahrenden Fernzüge mit elektrischen Lokomotiven näher zu treten. Der vollständige Ersatz des Dampfbetriebes durch den elektrischen Betrieb zur Verringerung der Rußplage ist bekanntlich eine alte Forderung der Stadtbahnanlieger. Aus diesen Gründen wurde unter Verwendung vorhandener Drehgestelle eines älteren elektrischen Versuchszuges die in Abb. 1 dargestellte Gleichstrom-Probelokomotive 1 BO + BO 1 für die Beförderung der Fernzüge über die Stadtbahn entworfen und von der Firma Linke-Hofmann-Busch-Werke AG. in Breslau zusammen mit den Siemens-Schuckertwerken gebaut.

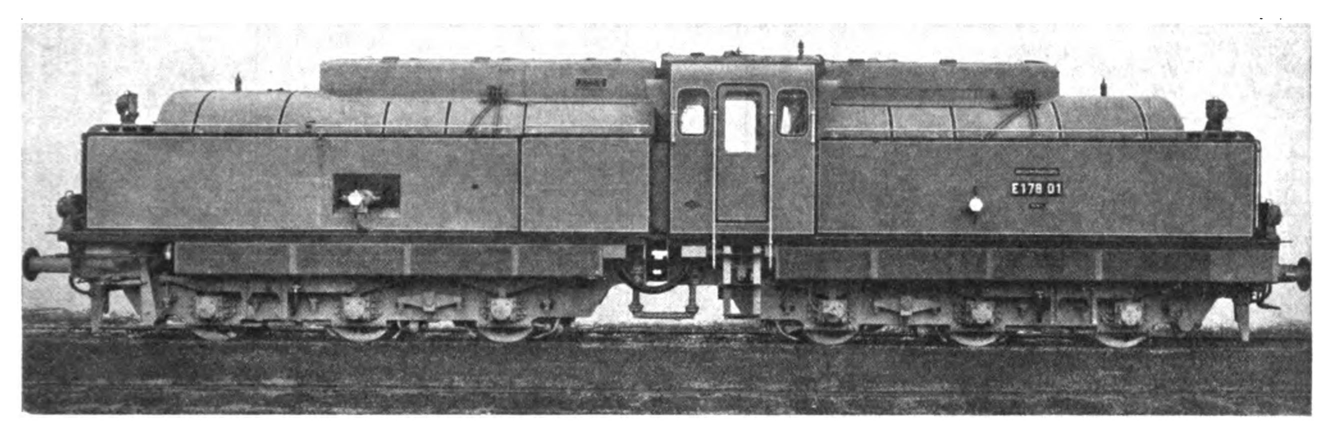


Abb. 1. Schlepplokomotive für die Fernzüge über die Stadtbahn Berlin.

Die Lokomotive ist mit 4 Tatzenlagermotoren von 170 kW Stundenleistung mit Eigenlüftung ausgerüstet. Auf jedem Gestell ruht ein feuerloser Kessel, der zum Heizen der Züge dient. Die Hauptdaten der Lokomotiven sind folgende:

Höchstgeschwindigkeit	80 km h
Größte Anfahrzugkraft am Treibradumfang	18 800 kg
Stundenleistung bei einer Geschwindigkeit von rd. 40 km h	925 PS
Gesamtgewicht rd.	100 t
Reibungsgewicht rd.	70 t
Treibraddurchmesser	1000 mm
Laufraddurchmesser	1000 mm
Gesamtachsstand	12 500 mm
Länge über Puffer	17 500 mm
Übersetzungsverhältnis des Zahnradantriebes	1 : 3.79.

of

Elektromaschinenbau.

Trennung der Verluste und Ermittlung des Schwungmomentes elektrischer Maschinen mit Hilfe des Auslaufverfahrens. — Bekanntlich lassen sich die Leerlauf- und Kurzschlußverluste sowie das Schwungmoment $(GD^2 = I\,4g)$ elektrischer Maschinen aus der Auslaufkurve $n = f(t)$ und der Beziehung $N = -C I n \frac{dn}{dt}$ ermitteln. Es ist hierfür nötig, die Tangente oder die Subnormale $n \frac{dn}{dt}$ durch den betreffenden Kurvenpunkt zu zeichnen. A. Engler und A. Zeindler wollen nun die ungenaue Tangentenkonstruktion umgehen, indem sie die Drehzahl n nicht über der Zeit t sondern über der Anzahl der Umläufe Z auftragen $[n = f(Z)]$. Sie vernachlässigen die leichte Krümmung der Kurve und nehmen eine Gerade an, die bei n_0 und Z_e die Koordinatenachsen schneidet. Die jeweilige Bremsleistung ergibt sich dann zu

$$N = \frac{GD^2}{21,9}\, n^2 \frac{n_0}{Z_e}\, 10^{-6}\ [\text{kW}].$$

Da $\frac{dn}{dt} = n \frac{dn}{dZ}$, wird N gleich $-C I n^2 \frac{dn}{dZ}$.

Die Vereinfachung setzt voraus, daß N proportional n^2 ist. Das ist aber bei den einzelnen Maschinentypen verschieden; denn die Lagerreibung und Eisenverluste sind etwa der ersten, die Luftreibung der dritten und die Kupferverluste (Kurzschluß) etwa der ersten bis zweiten Potenz von n proportional. Je nach dem Anteil der einzelnen Posten an den Gesamtverlusten wird die Auslaufkurve $n = f(Z)$ mehr oder weniger von der Geraden abweichen. Die Tangentenkonstruktion läßt sich also auch bei diesem Verfahren nicht vermeiden, wohl mag sie bei dem flacheren Verlauf der Kurve leichter sein. Vorteilhaft ist, daß die Auslaufkurve durch den Tachographen aufgenommen werden kann (Vorschub proportional der Umdrehungszahl) und so Ablesungsfehler vermieden werden. (A. Engler und A. Zeindler, Bull. SEV Bd. 20, S. 217.) *Zm.*

Leitungen.

Leichte Stahlbetonmaste. — Die Verwendung von Betonmasten im Leitungsbau ist bekannt. Es gibt viele Gegner des Betonmastes, die ihre Ablehnung in erster Linie damit begründen, daß die hohen Gewichte der Maste den Transport erschweren. Es ist letzthin in einem Aufsatz der ETZ nachgewiesen worden[1], daß bei einer entsprechenden Organisation und unter Verwendung der richtigen Transportgeräte und Hebezeuge sich die Schwierigkeiten verhältnismäßig leicht überwinden lassen. Es ist ohne weiteres einzusehen, daß schwere Maste nicht nur wegen ihres Gewichtes und der daraus sich ergebenden Folgerungen sondern auch wegen des zu hohen Preises als Ersatz für den Holzmast nicht in Frage kommen können. Da aber die Eisenmaste in den leichten Ausführungen sehr der Pflege durch öfteren Anstrich benötigen, kommt man auch damit dem Ideal, ein Gestänge zu haben, das keine Unterhaltungskosten verursacht, nur beschränkt näher.

In dem Kissemast (Fabrikat der Stahlbetonmastenfabrik Tumag A. G., München) ist nun ein Stahlbetonmast

[1] ETZ 1929, S. 120.

gefunden, der als Ersatz für den Holzmast geeignet ist und allen Ansprüchen eines zuverlässigen Leitungsmastes entspricht.

Aus Abb. 2 ersieht man die sorgfältige Verteilung der Längs- und Querarmierung. Die Längsarmierung besteht aus Siemens-Martin-Rundstahlstäben, die elektrisch aneinandergeschweißt sind und sich nach oben verjüngen. Als Querverbinder dienen Drahtspiralen. Diese Armierung verleiht dem Mast eine große Elastizität. Dadurch, daß die Baustoffe in so ausgiebiger Weise auf die Länge des Mastes verteilt sind, war es möglich, mit der gleichen Konstruktion auch Maste mit so geringen Gewichten herzustellen, daß diese nunmehr an Stelle der Holzmaste verwendet werden können.

Es könnte nun immer noch zweifelhaft sein, ob die Verwendung derartiger Maste auch wirtschaftlich tragbar ist. In den bildlichen Darstellungen soll der Versuch gemacht werden, hierfür den Nachweis zu führen. Es sind dabei für Holzmaste Spannweiten von 50 ... 60 m angenommen und für Kissemaste 100 ... 150 m; im übrigen beruhen die Daten auf statistischem Material. Es würde also beispielsweise 1 km Holzmastleitung 20 kV, 3 × 25 mm² Cu bei 50 m Spannweite an Baukosten 3366 RM erfordern (Abb. 3). Dieselbe Leitung kostet in Kissemasten, Spannweite 115 m mit Stützisolatoren, 3936 RM, mit Hängisolatoren, Spannweite 120 m, 4448 RM. Bei den Mehrkosten, die mit Rücksicht auf die Stabilität der Leitung schon als verhältnismäßig gering zu bezeichnen sind, müssen außerdem die geringen Unterhaltskosten in Betracht gezogen werden, und da sehen wir aus Abb. 3, daß diese bei Kissemasten in 20 Jahren 600 RM bzw. 500 RM erfordern und bei Holzmasten 3700 RM. Da der Unterhalt der Holzmastleitung eine ständige Sorge der Überlandwerke ist, dürfte daher schon aus diesem Grunde der Kisse-Leichtmast Interesse beanspruchen dürfen. *fi*

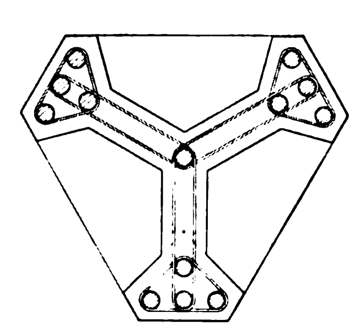


Abb. 2. Querschnitt des Kissemastes.

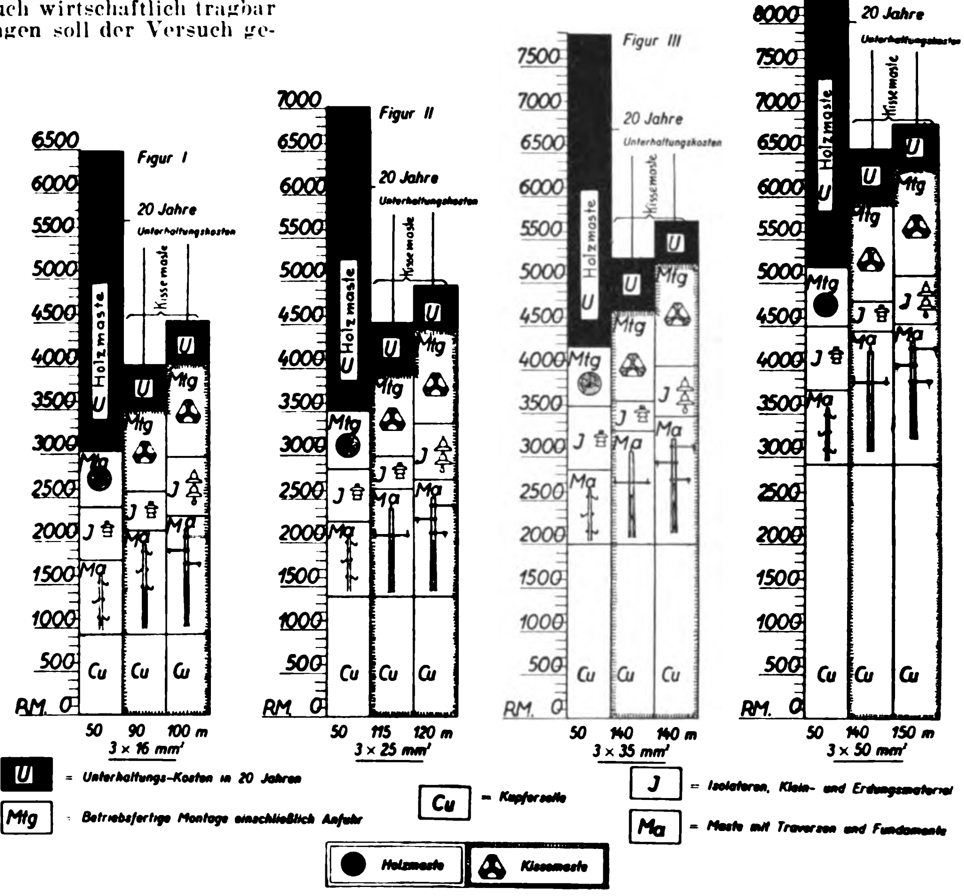


Abb. 3. Vergleich zwischen den Kosten von Kissemasten und normalen Holzmasten.

Die Kabelberichte der NELA. — Die amerikanischen Elektrizitätswerke bringen der Entwicklung der Hochspannungskabeltechnik von jeher starkes Interesse entgegen. Zwischen Kabelfabriken und Elektrizitätswerken besteht auf diesem Gebiet ein sehr enger Gedanken- und Erfahrungsaustausch und eine ständige Arbeitsgemeinschaft. Insbesondere die Edison-Gesellschaften, die in der Elektrizitätswirtschaft Amerikas führend sind, haben in ihrer Verwaltung fast durchweg Spezialisten von Ruf für das Gebiet der Hochspannungskabel. Versuche werden gemeinsam ausgeführt, und die Elektrizitätswerke stellen hierfür bedeutende Mittel zur Verfügung. Die Abnahme fast sämtlicher von den Elektrizitätswerken bestellter Kabel erfolgt durch die Electrical Testing Laboratories in New York, eine Gründung der Edison-Gesellschaften. Das umfangreiche Material, das hier auf diese Weise zusammenkommt, wird in Vierteljahresberichten zusammengestellt und den Elektrizitätswerken und allen an der Lieferung beteiligten Kabelwerken zur Kenntnis gebracht. Der hohen Schätzung der Statistik und der aus ihren Angaben abzuleitenden Zahlen entspringt auch der eigenartige Gedanke, Bewertungsziffern für Hochspannungskabel zu schaffen in der Weise, daß jedem Versuche ein zahlenmäßiges Gewicht (quality rating) beigelegt wird. Durch Zusammenfassung dieser Zahlen nach bestimmten Gesichtspunkten wird dann eine Hauptziffer festgestellt, die gleichsam als Zensur die betreffende Kabelgruppe charakterisiert.

Zur Erforschung von Spezialfragen werden vielfach Sonderkomitees gebildet, in denen die Kabelfabriken und die Elektrizitätswerke vertreten sind. Zu den Forschungsarbeiten werden auch Universitäten und technische Hochschulen in weitestem Maße herangezogen. Die Arbeiten werden systematisch auf die einzelnen Forschungstätten bei den Hochschulen, den Elektrizitätswerken und den Fabriklaboratorien verteilt, damit im Sinne der Rationalisierung der Forschungsarbeit gleichzeitige Bearbeitung derselben Fragen nach Möglichkeit vermieden wird.

Unter diesen Umständen haben die regelmäßigen Berichte der National Electric Light Association (NELA) über Kabelfragen besonderes Interesse. Im einzelnen werden im Bericht vom Sept. 1928 behandelt Untersuchung der Fehlerursachen, Eigenschaften des Kabelpapiers, dielektrische Verluste, Vergleiche der Betriebsicherheit von Einleiter- und Mehrleiterkabeln, Versuche über die Ionisation und eine Reihe weiterer Spezialfragen, bezüglich derer auf das Original verwiesen werden muß. In der Veröffentlichung über Kabelbetriebe wird eine eingehende Statistik aller Kabelfehler gegeben, die bei Kabelnetzen mit Betriebspannungen von 6600 V und darüber aufgetreten sind. Die Statistik unterteilt die Fehler nach den wahrscheinlichen Ursachen und gibt auf diese Weise eine sehr interessante Übersicht.

Es wäre zu wünschen, daß auch bei uns durch eine engere Gemeinschaftsarbeit zwischen Elektrizitätswerken und der Kabelindustrie das aus dem Betrieb der Kabelnetze sich ergebende Material zusammengestellt werden kann, da sich hieraus zweifellos zahlreiche Ergebnisse ableiten lassen, die für die Weiterentwicklung der Kabeltechnik von Nutzen sind. (Veröff. Nr. 278-99 des Underground Syst. Comm. der Nat. El. Light Assoc., New York, 1928.) *At.*

Apparate.

Reaktanzspulen zur Strombegrenzung. — Die Entwicklung geht dahin, Strombegrenzungsdrosseln für niedere Spannungen und Innenraumaufstellung als Trockentypen, für hohe Spannungen (über 15 kV) und Freiluftmontage als Öltypen auszubilden.

1. Trockentypen. Es hat sich als notwendig erwiesen, die einzelnen Windungen mit einer Isolationsschicht zu umgeben, um zu verhindern, daß im Kurzschlußfalle etwa in die Spule hineingerissene magnetische Fremdkörper Zerstörungen hervorrufen. Man wendet zwei Windungsisolationen an: Die Isolation A wird in der Weise hergestellt, daß man die blanke Litze durch Bakelitlack leitet und mit halbüberlapptem Baumwollband bewickelt. Nach Fertigstellung der Wicklung wird die Spule zunächst in Bakelitlack und schließlich in schwarzen Lack getaucht. Die Isolation B besteht aus einer Asbestbespinnung, die mit Lack oder Compound imprägniert und u. U. mit Bändern nach A umwickelt ist. Der Neuentwurf des Am. Inst. El. Engs. sieht als höchstzulässige Erwärmung

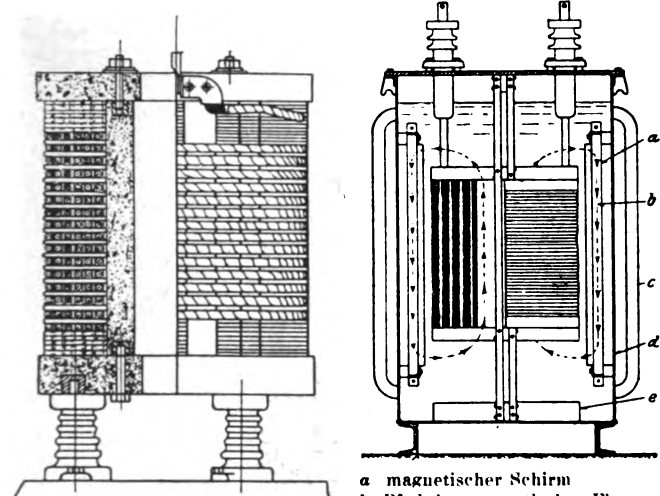


Abb. 4. Reaktanzspule mit Luftkühlung.

a magnetischer Schirm
b Pfad des magnetischen Flusses
c Kühlrohre
d Gehäuse
e isolierte Stützplatte

Abb. 5. Reaktanzspule mit Ölkühlung.

bei dauernder Belastung mit dem Nennstrom für die Isolation A 55 °, für Isolation B 80 °, im Kurzschluß anderseits 250 ° bzw. 350 ° vor. Die letztgenannten Übertemperaturen sind fiktive Werte, die sich unter der Annahme errechnen, daß die erzeugte Wärme ausschließlich im Kupfer aufgespeichert wird. Die tatsächlichen Kupfererwärmungen beim Kurzschluß sind erheblich niedriger als die so berechneten. In einer Reihe von Versuchen wurde festgestellt, daß die Verbrennung der Isolation A bei einer Kupfertemperatur von etwa 175 °, die der Isolation B bei etwa 200 °, also bei nur 25 ° mehr beginnt. Die entsprechenden fiktiven Kupfertemperaturen waren 288 ° bzw. 332 °. Eine nach dem Neuentwurf des Am. Inst. El. Engs. ausgelegte Reaktanzspule mit Isolation A ist daher betriebsicherer als eine solche mit Isolation B, auch schon wegen der höheren elektrischen Festigkeit der ersteren. Die Spulen werden wie eine Scheibenwicklung, jedoch fortlaufend und unter Zwischenfügung von Distanzstücken und Leisten gewickelt, so daß jede Windung allseitig gekühlt wird. Der konstruktive Aufbau ist aus Abb. 4 ersichtlich.

2. Öltypen. Wird eine Reaktanzspule in einen gewöhnlichen eisernen Ölkasten gesetzt, so entstehen außerordentlich hohe Hysteresis- und Wirbelstromverluste in der Kastenwand. Beständе der Kasten aus nichtmagnetischem Metall, so würden zwar die Hysteresisverluste verschwinden, die Wirbelstromverluste jedoch des geringeren elektrischen Widerstandes wegen dafür um soviel wachsen, daß der Verlust noch höher würde. Ölbehälter aus Nichtmetall oder aus unmagnetischen Metallen hohen elektrischen Widerstandes haben sich nicht als wirtschaftlich oder ausführbar erwiesen. Es werden deshalb im Innern des eisernen Ölkastens Pakete aus hochlegiertem Transformatorenblech so an den Kastenwänden angeordnet, daß sie einen bequemen Rückschluß für den Kraftfluß der Spule bilden und diesen von der Kastenwand abschirmen. Abb. 5 zeigt eine solche Ausführung. Bei einem Dreiphasen-Spulensatz kann man die drei Spulen wie die Phasenwicklungen eines Drehstrom-Kerntransformators nebeneinander anordnen und am Kastendeckel befestigen. Man kann jedoch den magnetischen Rückschluß auch konstruktiv mit der Reaktanzspule verbinden, indem man die Spule zwischen Blechpaketen anordnet, die den Jochen von Transformatoren entsprechen. Diese Ausführung verringert die Wirbelstromverluste im Spulenkupfer, ist jedoch nicht so einfach wie die erstgenannte. Der magnetische Rückschluß ist ohne Einfluß auf die Wirkung der Spule. Bei normaler Belastung wird der magnetische Widerstand außerhalb der Spule, der bei Spulen in Luft etwa 10 ... 15 % des Gesamtwiderstandes beträgt, durch die Rückschlußpakete fast zum Verschwinden gebracht. Dementsprechend steigert der magnetische Rückschluß die Nennreaktanzspannung um etwa 10 ... 15 %. Im Kurzschlußfalle dagegen sättigt sich der Rückschluß so stark, daß praktisch kein Unterschied gegenüber den Verhältnissen in Luft besteht. Die Spulen der Öltypen werden aus mehreren konzentrischen Lagen gebildet, die auf Mikartazylinder gewickelt sind. Die Windungsisolation entspricht der für Öltransformatoren üblichen. Zur Verringerung der Wirbelstromverluste wird Litze verwendet. Der Hauptvorteil der Öltypen gegenüber den Trockentypen ist in der hohen elektrischen Sicherheit und größeren Wärmekapazität zu erblicken. (L. H. Hill, The Electric Journ. Bd. 25, S. 131.)

R. K.

Meßgeräte und Meßverfahren.

Ein neuer Spannungswandler für Höchstspannungen. — Die erheblichen Kosten der Spannungswandler in Höchstspannungsanlagen haben zu verschiedenen Versuchen geführt, billigere Spannungsmeßeinrichtungen zu schaffen. Eine Lösung ist die von Keinath vorgeschlagene „C-Messung", die den Ladestrom der Kondensatordurchführungen zu Spannungsmessungen und zum Synchronisieren von Hochspannungsleitungen verwendet, die andere die Kaskadendrossel nach Pfiffner mit einer Sekundärwicklung als Spannungswandler. Imhof verwendet bei dem von Trüb, Täuber & Co. hergestellten Widerstands-Spannungswandler einen Ohmschen Widerstand neuartiger Bauweise, der zwischen Hochspannungsleitung und Erde geschaltet wird. Um die Wattbelastung klein zu halten, wird ein sehr hoher Widerstand verwendet in der Größenordnung von 10 ... 20 *MΩ* bei 110 kV, ensprechend 5 ... 10 mA Stromaufnahme. Ebenso wie bei der C-Messung wird dieser Strom auf einen höheren Wert transformiert, u. zw. auf 500 mA. Die Widerstandspulen zu je 1400 V sind zu einer in ihrer Höhe etwa der Schlagweite der Anlage entsprechenden Säule geschichtet, in einen Hartpapierzylinder eingebaut und mit einem Porzellanüberwurf versehen; das Ganze wird mit Öl gefüllt. Am Fußende ist der Stromwandler unter die Spulen gebaut.

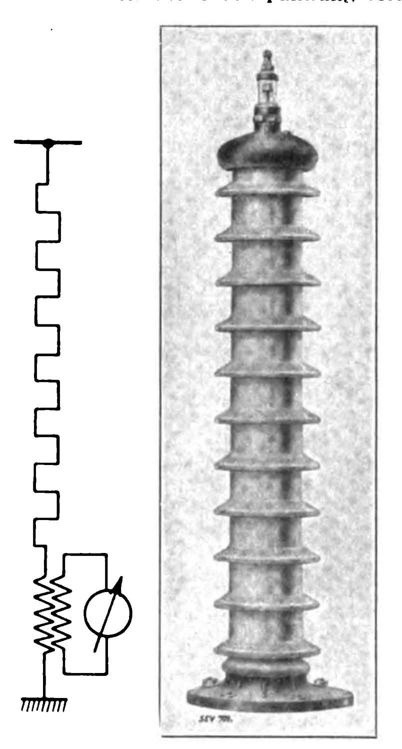


Abb. 6. Schema und Bild des Widerstands-Spannungswandlers nach Imhof.

Die Leistungsaufnahme ist bei 64 kV Sternspannung entsprechend 110 kV verketteter Spannung etwa 600 W, der Anschluß von Meßgeräten mit 0 ... 15 W Eigenverbrauch verursacht eine Widerstandsverminderung von 0 ... 2,5 %, der Fehler ist also ± 1,25 %, etwa der Klasse F entsprechend, noch ungerechnet die Wandlerfehler. Die letzteren sind als Spannungsfehler bedeutungslos, da der Widerstand für eine bestimmte Nennspannung abgeglichen werden kann, und nur Schwankungen von maximal ± 10 % in Frage kommen. Der Fehlwinkel wird bei induktionsfreier Last allein durch die Streuinduktivität des Wand-

lers bestimmt, dazu addiert sich dann noch die Induktivität der Belastung. Bei 15 VA läßt sich ein Fehlwinkel von 60 min, in Spezialausführung von 15 min, erreichen, also weniger als die Hälfte des Fehlers für Spannungswandler der Klasse F. Die Prüfspannung ist dieselbe wie für Durchführungsisolatoren, die Überschlagspannung etwa die 3,6fache Sternspannung, d. i. die 2,1fache verkettete Spannung. Nachstehend die Daten einiger Ausführungen:

Nennspannung	64	110	135	150	220	kV
Gesamthöhe	1800	2330	2520	2690	3430	mm
maximaler Durchmesser*	416 207	416 207	416 207	416 207	416 207	„ „
Fußdurchmesser	650	650	650	650	650	„
Gesamtgewicht*	240 160	280 175	310 190	330 200	400 225	kg „
Ölgewicht	25	35	40	45	60	„

* Wo zwei Zahlen angegeben sind, gilt die größere für die Freiluftausführung.

Bezüglich der Erwärmung wird in der Veröffentlichung angegeben, daß sie beim dauernden Anschließen an Nennspannung 20 % unter den Verbandsvorschriften bleibt. Daraus kann man berechnen, daß bei Erdschluß einer Leitung die beiden Wandler in den anderen Leitungen auf die Temperatur

$$0{,}8 \cdot 3 = 2{,}4\text{fache Temperaturgrenze des VDE}$$

kommen; das bedeutet, daß die Wandler in dieser Ausführung nur in Netzen mit fest geerdetem Sternpunkt angeschlossen werden können. Bei ungeerdetem Sternpunkt müssen sie größer gebaut werden. Bei den geringen Gewichten (160 kg bei 64 kV gegen 1000 kg bei normaler Bauweise als Topfwandler) sollte man erwarten, daß der neue Wandler schon bei mäßigen Spannungen wirtschaftlich ist. Nach den Angaben des Aufsatzes liegt aber die wirtschaftliche Grenze bei 70 kV.

Wenn dem Berichterstatter ein Urteil über die neue Meßeinrichtung gestattet ist, muß es folgendes sein:

Die verfügbare Leistung entspricht angenähert der C-Messung, wenn diese mit normalen Durchführungsklemmen verwendet wird, die Meßgenauigkeit ist aber, wenn die Einrichtung für die bestimmte Bürde angeschlossen wird, zweifellos größer, weil sie weder durch Oberwellen noch durch Einflüsse der Feuchtigkeit beeinträchtigt wird. Im Preis muß sie höher liegen als die C-Messung, weil diese meist vorhandene Durchführungen benutzt. An Betriebsicherheit ist sie der C-Messung, wenn es sich um ungeerdete Netze handelt, keineswegs gleichwertig, sie kann nur bei fest geerdeten Netzen angewandt werden, sonst wird sie in der beschriebenen Ausführung bei Erdschluß einer Leitung zerstört. Die Verwendung der Drahtwiderstände von 10 ... 20 MΩ erscheint auf den ersten Blick bedenklich, hier muß aber die Erfahrung mehr gelten als das Gefühl. Gegenüber dem Kaskaden-Spannungswandler kann die neue Einrichtung allein den Vorteil niedrigeren Preises haben. Hinsichtlich Genauigkeit, Leistung und Überlastbarkeit reicht sie aber bei weitem nicht heran, denn die normale Bauweise des Kaskaden-Spannungswandlers gibt bei 64 kV in Klasse F etwa 300 VA und kann ohne Überschreitung der Erwärmungsgrenze dauernd mit 110 kV betrieben werden. (A. Imhoff, Bull. SEV Bd. 19, S. 741. El. u. Maschinenb. Bd. 46, S. 1074.) *Kth.*

Elektrische Antriebe.

Blockscheren mit direktem elektrischen Arbeitsregler-antrieb. — Eine Reihe bedeutender Fortschritte der AEG auf dem Gebiet der Umkehr-Schützensteuerungen und der selbsttätigen Motorregelung ermöglichte den Bau von Scheren, die ohne Schwungrad und ohne Kurbel-, Exzenter- oder Kniehebelgetriebe arbeiten[1]. Hierdurch wird eine unbedingte Bruchsicherheit erreicht, da jetzt nur noch solche Kräfte entstehen können, die direkt dem Drehmoment bzw. der Stromstärke entsprechen. Durch Fortfall der Mitnehmerkupplung werden das Getriebe und die Bedienung noch weiter vereinfacht. Der Antriebsmotor wird für jeden Schnitt durch die selbsttätige Druckknopf-Schützensteuerung aus der Ruhe angelassen, am Schnittende selbsttätig umgesteuert und ebenso in der Anfangsstellung der Schere stillgesetzt. So ist jeder Leerlauf vermieden, und die zugeführte Leistung wird durch das einfache Getriebe unmittelbar in Schnittleistung umgesetzt. Außer der hierdurch gewährleisteten großen Wirtschaftlichkeit haben Scherenantriebe dieser Art den besonderen Vorzug großer Geschwindigkeitselastizität. Diese entspricht mindestens der von Scheren mit Dampf- oder preßlufthydraulischem Treibmittel, da die Schnittgeschwindigkeit ausschließlich vom jeweiligen Schnittwiderstand selbst bestimmt wird: Bei geringem Widerstand ist die Geschwindigkeit groß, während bei großem Widerstand die Schnittgeschwindigkeit auf ein Viertel herabsinkt. Bei Überlastung bleibt der Motor stehen. Dieser Geschwindigkeitsausgleich ersetzt gleichzeitig bezüglich der nötigen Motorleistung einen Schwungmassenausgleich.

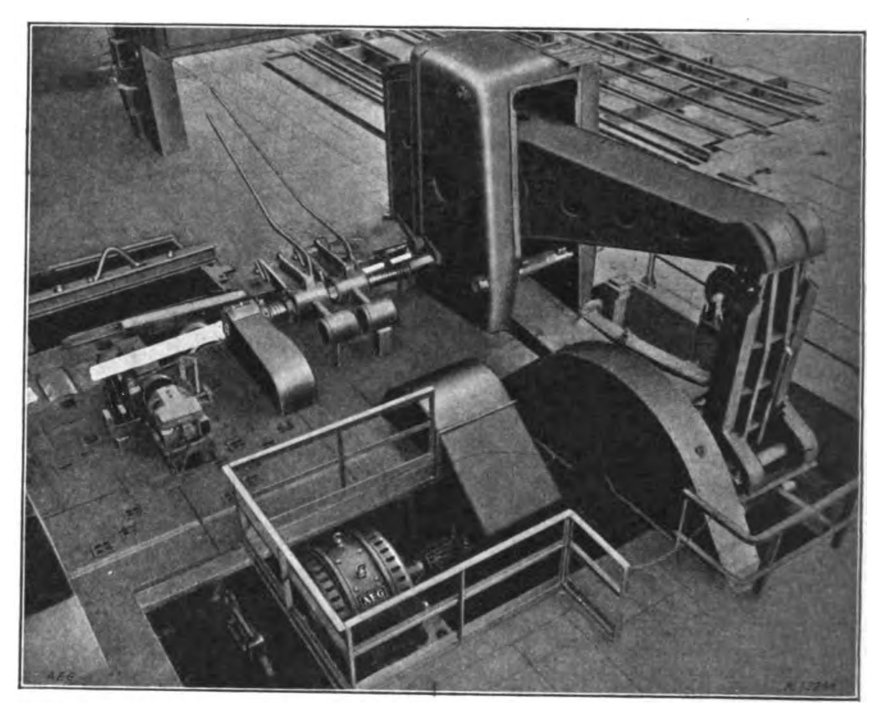


Abb. 7. Heißeisen-Blockschere.

Abb. 7 zeigt eine große Heißeisen-Blockschere dieser Art (400 × 400 mm) mit direktem Gleichstrom-Wenderegelungs-Motorantrieb, Druckknopf-Schützensteuerung und Arbeitsregler, die sich im angestrengtesten Hüttenwerkbetrieb bereits vorzüglich bewährt hat. (O. Pollok, AEG-Mitt. 1928, S. 585.) *Ho.*

Fernmeldetechnik.

Die Störung des elektromagnetischen Feldes eines Senders durch Gebäude und ähnliches. Während bekanntlich bei ungestörter Wellenausbreitung das elektrische und das magnetische Feld an jeder Stelle gleich groß sind, werden unter dem Einfluß lokaler Störungen, wie sie im besonderen von Gebäuden hervorgerufen werden, Verzerrungen verursacht, die darin bestehen, daß der störende Leiter an seiner Oberfläche trotz der Gestalt des einfallenden elektrischen Feldes eine Äquipotentialfläche zu bilden versucht, und daß das einfallende Magnetfeld Ströme hervorruft. S. Klimke erörtert im besonderen den Fall, daß die Abmessungen der störenden Gebäude Bruchteile der Wellenlänge betragen, damit Ergebnisse gewonnen werden, die für die Verhältnisse im Rundfunk Bedeutung haben. Zu dem Zweck werden die sekundären elektrischen und magnetischen Felder betrachtet, die der störende Gegenstand hervorruft, und diese werden den primären Feldern überlagert.

Zur Bestätigung der Schlüsse, die diese theoretischen Ableitungen ergeben, werden die Ergebnisse einiger Messungen mitgeteilt, bei denen zur Bestimmung des magneti-

[1] Vgl. a. ETZ 1929, S. 809.



schen Feldes ein Rahmen benutzt wurde, während das elektrische Feld mit einer langgestreckten Spule ermittelt wurde; beispielsweise zeigt sich dann, daß in der unmittelbaren Nähe eines eisernen Mastes das magnetische Feld etwas verstärkt erscheint, während das elektrische in größerem Umkreis geschwächt ist. Bäume und Holzbauten zeigen eine geringe Schwächung des elektrischen Feldes und keinen Einfluß auf das Magnetfeld, während Steinhäuser das elektrische Feld erheblich stören, obgleich das magnetische Feld meistens keine merklichen Störungen aufweist. Erst wenn die Eisenkonstruktionen eines Gebäudes Schleifen elektrischer Leiter bilden, treten starke Verzerrungen des Magnetfeldes auf; sie brauchen jedoch noch keine Schwächung des Feldes hervorzurufen, sondern ändern im wesentlichen nur seine Richtung an der Beobachtungsstelle. Das magnetische Nahefeld des Dresdner Rundfunksenders läßt eine starke Störung durch den Turm der benachbarten Kreuzkirche erkennen. Die Ausbreitungskurve dieses Senders wurde mit Rahmenempfang aufgenommen und zeigt eine Abweichung von der Kreisform, die indessen keinen Zusammenhang mit der Verzerrung des Nahefeldes erkennen läßt. (S. Klimke, El. Nachr. Techn. Bd. 4, S. 458.) *Kb.*

Über die Bestimmung des günstigsten Ausstrahlwinkels bei horizontalen Antennen. Auf dem Gelände der Großstation Nauen wurde ein drehbares Holzgerüst errichtet. Es trug in seiner Drehachse in 8 m Höhe über dem Erdboden einen waagerechten Sendedraht und außerdem 9 dazu parallele Drähte, die als Reflektordrähte bezeichnet werden, weil sie auf einem Parabelzylinder angeordnet waren. In der Brennlinie dieser Parabelfläche lag der Sendedraht; die Brennweite betrug 5 m, die Öffnungsweite der Parabel 20 m. Die Antenne war „eine zwei Halbwellen lange, gleichphasig schwingende Antenne für $\lambda = 20$ m". Nachdem ein ähnlich gebautes aber vertikal angeordnetes Gebilde an der Erde eine Konzentration der Strahlung in der Richtung der Parabelachse gezeigt hatte, wurde angenommen, daß bei der waagerechten Anordnung diese Konzentration erhalten bleibt, so daß ähnlich wie bei einem optischen Scheinwerfer ein Strahl in dieser Richtung auftritt. Dieser Strahl konnte binnen 6 min aus einem Winkel von 40° gegen die Horizontale über die Senkrechte hinweg bis zu 40° auf der andern Seite gedreht werden. Außerdem war ein festes Reflektorsystem vorhanden, das die sogenannten Ausstrahlwinkel 0, 10, 20 und 30° herzustellen gestattete. Die Sendedrähte waren senkrecht auf der Richtung von Buenos Aires gespannt. Dort wurde die Lautstärke des Empfangs nach der Parallelohmmethode bestimmt, und es ergab sich, daß die größten Lautstärken erzielt wurden, wenn die Parabelachse der Erdoberfläche parallel verlief. Dasselbe Ergebnis wurde bei 15 m langen Wellen erhalten. Desgleichen wurden Empfangsversuche mit diesen Antennengebilden angestellt; auch hier erschien die horizontale Strahlung am stärksten. (A. Meißner und H. Rothe, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 32, S. 113.) *Kb.*

Das französische Funknetz. — Das Funknetz Frankreichs für den öffentlichen Verkehr, an dem seit Beendigung des Krieges gebaut wird, ist noch immer nicht endgültig ausgebaut, der Ausbau ist aber jetzt zu einem gewissen Abschluß gekommen, u. zw. sind vorhanden: 4 Großfunkstellen, nahezu 50 Küsten- und Flugfunkstellen, über 30 Rundfunksender.

Die hauptsächlichsten Küstenfunkstellen (Alger, Bonifacio, Bordeaux, Boulogne, Le Havre, Nizza, Marseille und Saintes Maries de la Mer) besitzen Sender mit einer Leistung von 2 ... 5 kW, die letztgenannte Station versieht, wie bei uns die Hauptfunkstelle Norddeich, den Verkehr mit Schiffen auf weite Entfernungen, ebenso wie die mit einem 10 kW-Sender ausgerüstete größte französische Küstenfunkstelle in Oeussant. Außer diesen von der französischen Post- und Telegraphenverwaltung betriebenen Funkstellen für den beweglichen Dienst betreibt die Marine noch solche in Cherbourg, Dunkerque, Lorient, Oran, Rochefort und Nantes, von denen die letztere mit einem 100 kW-Sender ausgerüstet ist.

Für den Verkehr innerhalb des Landes besitzt die Staatseisenbahn eine Funkstelle in Dieppe. Ferner besteht eine funktelegraphische Verbindung zwischen dem Festland (Brest, La Roche sur Yon und Cros de Cagnes) und den Inseln Ouessant, Noirmoutier, Yeu und Korsika. Außerdem besteht ein Landfunknetz (für funktelegraphischen und funktelephonischen Verkehr) für das Heer, für den Wetterdienst und für die Luftfahrt. Für Zwecke der Luftfahrt einschließlich des Flugsicherungs- (insbesondere Wetterberatungs-) Dienstes besitzt Frankreich 31 Funkstellen, von denen 24 mit Funksprechgerät ausgerüstet sind.

Das zur Verbindung des Mutterlandes mit den Kolonien während des Weltkrieges begonnene Kolonialfunknetz ist im Sommer 1928 fertiggestellt worden. Es besteht aus einer großen Zahl von Funkstellen auf den Antillen, in Nordafrika, in Französisch-West- und -Äquatorialafrika, in Französisch-Ozeanien, in Guyana, auf Madagaskar, in Djibouti und in Französisch-Indochina. Von diesen Funkstellen besitzen diejenigen in Bamako, Brazzaville, Tananarivo und Saigon besonders leistungsfähige Sender, die den Verkehr der anderen Kolonien mit dem Mutterlande vermitteln.

Für den Auslandsfunkverkehr besitzt Frankreich eine große Zahl z. T. sehr leistungsfähiger Großfunkstellen, deren Lage und Verkehrsrichtungen in Abb. 8 dargestellt sind. Die Compagnie Radio-France betreibt die

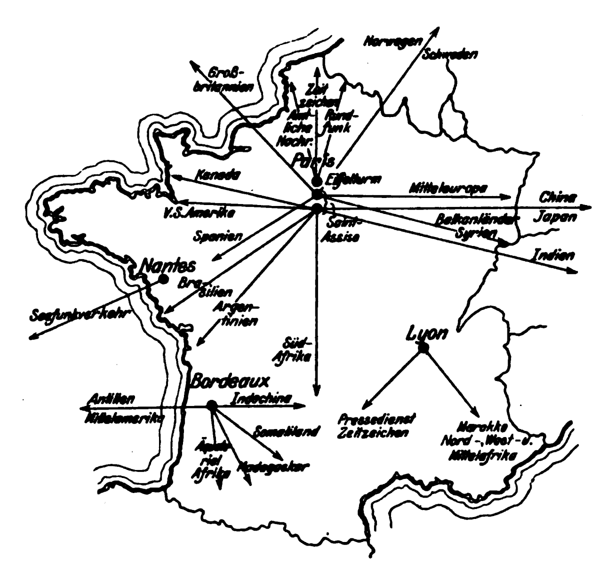


Abb. 8. Die französischen Großfunkstellen.

Großfunkstelle in Sainte-Assise (bei Melun), die einen Sender von 1500 kW für den Überseeverkehr und außerdem mehrere Sender für den Europaverkehr besitzt (Hochfrequenzmaschinen- und Röhrensender). Die für diese Sender erforderlichen Antennen werden von siebzehn 250 m hohen und zwei kleineren Masten getragen. Wie bei allen neuzeitlichen Großfunkstellen ist zur Sicherstellung einer möglichst schnellen Abwicklung des Verkehrs eine Betriebszentrale eingerichtet, die mit dem Pariser Haupttelegraphenamt räumlich vereinigt ist. Von dieser Betriebszentrale aus werden die Sender betätigt, bei ihr findet auch der Empfang vom Auslande statt. Die Station nimmt den Verkehr mit Argentinien, Brasilien, Japan, Kanada, Sibirien, den V. S. Amerika und den meisten europäischen Ländern (Balkanstaaten, Großbritannien, Norwegen, Schweden, Spanien, Syrien u. a.) wahr. Die zweitgrößte Großfunkstelle befindet sich im Süden des Landes, in Bordeaux (Croix d'Hins). Sie ist mit Hochfrequenzmaschinen und Lampensendern (500 kW) ausgerüstet und versieht den Verkehr mit den Kolonialfunkstellen auf den Antillen, in Französisch-Äquatorialafrika, in Französisch-Indochina, in Französisch-Somaliland und auf Madagaskar sowie mit Mittelamerika.

Die Großfunkstelle Lyon (La Doua) besitzt ebenfalls Hochfrequenzmaschinen- und Lampensender (200 kW), sie verkehrt mit Französisch-West- und -Mittelafrika, Marokko und Nordafrika, ferner wird sie zur Verbreitung von Nachrichten allgemeiner Art (wie Pressedienst, Zeitzeichen u. a.) benutzt.

Die älteste aller Großfunkstellen, der Eiffelturm (Paris), dient in der Hauptsache militärischen und wissenschaftlichen Zwecken. Sie verbreitet Wetternachrichten, Zeitzeichen (u. zw. für wissenschaftliche Zwecke — Koinzidenzzeichen —, ähnlich wie sie unsere Großfunkstelle Nauen gibt) und amtliche Nachrichten, ferner versieht sie den Telegrammverkehr mit Polen und Ungarn. In den Abendstunden verbreitet sie außerdem Rundfunkdarbietungen (mit einer Senderleistung von 12 kW auf Welle 1480 m. Erwähnt seien ferner die Marinefunkstelle in Nantes, die Nachrichten aller Art für die Schiffahrt verbreitet, sowie die Heeresfunkstellen in Saint Pierre des Corps und in Issy-les-Moulineaux.

Wie alle größeren Länder, so besitzt Frankreich seit einiger Zeit auch einen Kurzwellensender für den

kommerziellen Verkehr, der bei der Großfunkstelle Sainte-Assise untergebracht ist und zunächst mit Argentinien, Brasilien und Französisch-Indochina in Verkehr steht. Ferner sendet die Funkstelle Nancy auf der Welle 15,5 m.

Was den Rundfunkdienst anbelangt, so hat sich dieser infolge des Fehlens einer einheitlichen Organisation in Frankreich bisher nicht so günstig entwickelt wie in den übrigen europäischen Hauptländern, jedenfalls ist die Bevölkerung schon seit Jahren und noch heute mit dem Rundfunkdienst sehr unzufrieden. Dies ist in der Hauptsache darauf zurückzuführen, daß neben den von der Post- und Telegraphenverwaltung errichteten, für die Versorgung des gesamten Landesgebiets mit Rundfunkdarbietungen nicht ausreichenden Sendestellen noch eine große Zahl privater Sender im Betriebe ist, deren Leistung aber vielfach so gering ist, daß sie eben nur zur Versorgung des betreffenden Stadtgebiets ausreicht. Ferner läßt auch vielfach die Güte des Programms zu wünschen übrig, was wiederum darauf zurückzuführen ist, daß keine Rundfunkgebühren erhoben werden und die privaten Sendestellen keine Zuschüsse erhalten. Allerdings sollen die Verhältnisse in nächster Zeit von seiten der Regierung (der Post- und Telegraphenverwaltung) gebessert werden. Gegenwärtig sind im Betriebe:

a) 6 Kurzwellen-Rundfunksender (auf Wellen bis 100 m) in Agen, Juan-les-Pins (Cannes), Lyon, Nogent-sur-Seine, Paris (Radio Lucien Levy) und Paris (Radio Vitus);

b) 32 Rundfunksender, die auf Wellen zwischen 150 und 600 m arbeiten: Agen, Angers (Radio Anjou), Radio Béziers, Biarritz (Côte d'Argent), Bordeaux (2 Sender, ein staatlicher und ein privater), Caën, Chambéry (Radio Savoie), Dijon, Radio Fécamp, Grenoble, Juan-les-Pins (Cannes), Lille, Limoges, Lyon (2 Sender, ein staatlicher und ein privater), Marseille, Montpellier, Mont de Marsan, Nîmes, Nizza, Orly-sur-Seine, Paris (4 Sender: Petit Parisien, Post- und Telegraphenschule, Radio Lucien Levy, Radio Vitus), Rennes, St. Etienne (Radio Forez), Straßburg, Toulouse (2 Sender, ein staatlicher und ein privater), Tourcoing;

c) 2 Rundfunksender, die auf langen Wellen (über 1000 m) arbeiten: Paris-Eiffelturm und Radio-Paris.

Für die Zahl der Rundfunkteilnehmer gibt es keine amtlichen Unterlagen, sie ist Anfang 1928 auf etwa 150 000 geschätzt worden. (La Radio, Beilage: Encyclopédie de Radio, 1928, S. 303.) *rg.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Messung der lokalen Eisenverluste. — Es wird, bezugnehmend auf frühere Arbeiten von Rogowski, eine neue Methode angegeben, um die lokalen Eisenverluste in einem beschränkten Teil des magnetischen Kreises unter Anwendung einer sinusförmigen elektrischen oder magnetischen Spannung mit Hilfe des magnetischen Spannungsmessers und eines empfindlichen Elektrodynamometers zu bestimmen.

Die Methode besteht darin, daß als Grundfaktoren der geleisteten Arbeit

$$\frac{1}{4\pi}\, H\,\mathrm{d}l \cdot S\,\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}\,\mathrm{d}t,$$

welche sich auf ein Volumelement der Länge $\mathrm{d}l$ und des Querschnittes S und auf ein Zeitelement $\mathrm{d}t$ bezieht, die zwei Produkte $H\,\mathrm{d}l$ und $S\,\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$ als Maß des magnetischen Potentialgefälles und der in einer einzigen sekundären Windung induzierten EMK betrachtet werden. Soll die magnetische Leistung im ganzen Umfang des Volumens lS während einer Sekunde gemessen werden, so darf man in bekannter Weise das Linienintegral der magnetischen Kraft durch den verketteten Fluß eines magnetischen Spannungsmessers:

$$\varphi' = k \int H\,\mathrm{d}l$$

und die gesamte EMK, welche in einer sekundären Spule von N'' Windungen induziert wird, durch den Ausdruck

$$e'' = -N''\,\frac{\mathrm{d}\varphi''}{\mathrm{d}t} = -N''S\,\frac{\mathrm{d}B}{\mathrm{d}t}$$

ersetzen. So erhält jene augenblickliche Leistung in absoluten Einheiten folgenden Wert:

$$\frac{\mathrm{d}W}{\mathrm{d}t} = \frac{1}{4\pi k N''}\,\varphi' e''\ [\mathrm{Erg/s}].$$

Um die mittlere Leistung zu bestimmen, muß das mittlere Produkt $\frac{1}{T}\int_0^T \varphi' e''\,\mathrm{d}t$ gebildet werden, wo T die Dauer einer ganzen Periode andeutet. Dies wird nun mit Hilfe eines passenden Elektrodynamometers auf zweierlei Weise möglich: Entweder leitet man von der sekundären Spule durch einen induktionslosen Widerstand R'' zu einer Wicklung des Elektrodynamometers einen mit der entsprechenden EMK gleichphasigen Strom

$$i'' = \frac{e''}{R''} = -\frac{N''}{R''}\,\frac{\mathrm{d}\varphi''}{\mathrm{d}t}$$

und von dem Spannungsmesser durch einen Kondensator C zur anderen Wicklung des Elektrodynamometers einen um 90° gegen die entsprechende EMK vorausgeschobenen, mit der magnetischen Spannung gleichphasigen Strom

$$i' = C\,\frac{\mathrm{d}e'}{\mathrm{d}t} = -C\,\frac{\mathrm{d}^2\varphi'}{\mathrm{d}t^2} = \omega^2 C\varphi',$$

oder es wird die Rolle des Widerstandes und der Kapazität vertauscht und zu den Wicklungen des Instrumentes je ein Strom

$$i' = \frac{e'}{R'} = -\frac{1}{R'}\,\frac{\mathrm{d}\varphi'}{\mathrm{d}t}$$

und

$$i'' = C\,\frac{\mathrm{d}e''}{\mathrm{d}t} = -C N''\,\frac{\mathrm{d}^2\varphi''}{\mathrm{d}t^2}$$

geleitet, deren Phasen um 90° gegen diejenigen der entsprechenden magnetischen Spannung und der sekundären EMK in entgegengesetztem Sinne verschoben sind. In beiden Fällen bekommt die mittlere magnetische Leistung in absoluten Einheiten einen gleichartigen Ausdruck:

$$\frac{R}{4\pi k N''\omega^2 C}\cdot\frac{1}{T}\int_0^T i' i''\,\mathrm{d}t.$$

Soll jede Größe in praktischen Einheiten gemessen werden und besitzt das Elektrodynamometer, als Amperemeter geeicht, ein konstantes Verhältnis A zwischen Ablenkungswinkel Θ und Quadrat der effektiven Stromstärke, so erhält jene Leistung den einfachen Wert

$$P = \frac{10^9 R\Theta}{4\pi k A N''\omega^2 C},$$

wo R in Ohm, C in Farad und P in Watt gemessen werden und ω die Kreisfrequenz $2\pi f$ bedeutet.

Nach diesem Verfahren haben die Verfasser den lokalen Eisenverlust in einem Lamellenbündel von legiertem Eisen eines Epstein-Apparates (von S. & H.), unter Anwendung einer MMK von 100 ... 500 AW und einer magnetischen Induktion von 5000 ... 10 000 Linien bei der Frequenz 60 Hz sorgfältig bestimmen können. Sie haben dafür ein empfindliches Spiegel-Elektrodynamometer der Firma Allocchio & Bacchini benutzt, dessen Konstante A gleich $0{,}286\cdot10^8$ war. Die sekundäre Spule des Epstein-Apparates besaß 150 Windungen und der Glimmerkondensator von Tinsley eine Kapazität von 0,8 μF.

Durch passende Wahl des Widerstandes im Stromkreis des magnetischen Spannungsmessers und der beweglichen Windungen des Elektrodynamometers, bezugnehmend auf die entsprechende Selbstinduktion, war es möglich, die kleine Phasenverschiebung des sekundären Stromes im Kreise des Kondensators und der festen Wicklung des Elektrodynamometers, wegen des entsprechenden Widerstandes und des Verlustwinkels des Kondensators, genau zu kompensieren. Es war dagegen nicht möglich, die schädliche Wirkung der Strom- und Spannungs-Oberwellen im ganzen Intervall der Messung vollständig zu vermeiden, da kein Wechselstromgenerator von hinreichender Leistung und genau sinusförmiger EMK zur Verfügung stand. Dafür versuchten die Verfasser, den Oberwelleneinfluß soweit wie möglich zu unterdrücken, indem sie den magnetisierenden Strom durch eine passende Selbstinduktionsspule von sämtlichen Oberwellen ziemlich frei machten. Nichtsdestoweniger lieferten einzelne Messungen im oberen Intervall der Magnetisierungskurve größere Verhältnisse zwischen beobachteten und vorausbestimmten Leistungen.

Ähnliche Experimente wurden auch an einem Lamellenbündel aus rohem Handelseisen sogar mit besserem Ergebnis ausgeführt, wobei man zu größeren magnetischen Spannungsgefällen und Leistungsfaktoren gelangte. Trotzdem die neue Methode kaum für wissenschaftliche Unter-

suchungen mit aller Strenge anwendbar ist, kann sie in manchen Fällen, besonders da, wo das Magnetisierungsintervall nicht allzu breit und die elektrische oder magnetische Spannung nicht allzu reich an Oberwellen sind, mit gutem Erfolge benutzt werden. (L. u. P. Lombardi, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 449.)

Messung starker magnetischer Felder mit dem Zeemaneffekt. — In starken magnetischen Feldern wird eine Spektrallinie bekanntlich aufgespalten. Erfolgt die Beobachtung senkrecht zu den Kraftlinien, so erhält man im einfachsten Fall drei Komponenten. Der Abstand der beiden äußersten Komponenten ist proportional der Feldstärke. Seine Messung erlaubt also die Bestimmung der Feldstärke. Die Methode setzt allerdings spektroskopische Apparate von hoher Auflösungskraft voraus und ist auch dann nur bei starken Feldern, wie sie etwa im Luftspalt eines Elektromagneten bestehen, von genügender Genauigkeit. Als Lichtquelle kann man den Funken zwischen Zinkelektroden verwenden und eine der Linien des Triplets 4810, 4722 und 4680 Ångström-Einheiten benutzen. Für diese Linien ist der Unterschied der Wellenlängen der beiden äußersten Komponenten

$$\Delta\lambda = 1{,}875 \cdot 10^{-4}\,\lambda^2 H,$$

wo λ in cm und H in Gauß gemessen sind. Der Funken wird in einem Schwingungskreis erzeugt, dessen Kondensator mit einem Transformator von 1 kW auf etwa 15 000 V aufgeladen wird. Auch eine Heliumröhre ist verwendbar, wobei der Schwingungskreis fortfallen kann und nur Spannungen von etwa 4000 V erforderlich sind. Felder über 10 000 Gauß lassen sich auf diese Art bei genügender Leistungsfähigkeit der optischen Einrichtung auf 1 ... 2 % genau ausmessen. (W. C. Michels, Veröff. d. Rensselaer Polytechnic Institute 1927, Nr. 17.) *Br.*

Statische Hysteresis in gleichen Belastungszyklen. — Belastete elastische Körper zeigen bei Entlastung ein Verhalten, das an die Hysteresis magnetischer Körper erinnert. Die Dehnungspannungskurve verläuft bei der Entlastung oberhalb der entsprechenden Kurve bei der Belastung; bei wiederholter Belastung und Entlastung zwischen denselben Grenzen wird aber, wenn die elastische Nachwirkung ausgeschaltet ist, immer derselbe Kurvenzug durchlaufen. Man bezeichnet diese Erscheinung als statische Hysteresis. Sie hat einen Energieverlust zur Folge, der wie bei der magnetischen Hysteresis durch den Flächeninhalt der Hysteresisschleife gegeben wird. Die Erscheinung ist theoretisch sehr wenig untersucht. Für kleine Zyklen weit innerhalb der Elastizitätsgrenze hat G. H. Keulegan für den Energieverlust der Volumeneinheit die folgende Formel abgeleitet:

$$F_0 = \frac{1}{3}\,\beta\,T_m^3.$$

Darin bedeutet T_m die Differenz der extremen Spannungswerte, also den Spannungsbereich des Zyklus, β den Modul der statischen Hysteresis. Auffällig an der Formel ist, daß die Absolutwerte der Belastung keine Rolle spielen. Diese Folgerung hat der Verfasser einer experimentellen Prüfung unterzogen, u. zw. der größeren Deformation wegen nicht durch die theoretisch einfachere Zug- und Druckbelastung sondern durch Biegungsbelastung. Die Untersuchungen bestätigen die Gültigkeit der Formel, besonders auch die Unabhängigkeit von der absoluten Größe der Belastung. Als Material wurde wegen seiner geringen elastischen Nachwirkung Armco-Eisen untersucht. Als Wert für den Modul der statischen Hysteresis ergab sich

$$\beta = 1{,}33 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{erg \cdot cm^3/kg^3}.$$

(G. H. Keulegan, Techn. Papers of the Bureau of Standards Nr. 365.) *Br.*

Die thermische Ausdehnung von rostfreiem Eisen. — Da zuverlässige Werte über die thermische Ausdehnung von Eisen-Chrom-Legierungen mit geringem Kohlenstoffgehalt nicht bekannt waren, wurden im Bureau of Standards neun Proben verschiedener Herkunft daraufhin untersucht. Der Chromgehalt schwankte von 11,9 % bis 16,4 %, der Kohlenstoffgehalt von 0,09 % bis 0,13 %. Wegen der individuellen Eigentümlichkeiten der einzelnen Proben muß auf das Original verwiesen werden. Zahlentafel 1 gibt die Mittelwerte für den Ausdehnungskoeffizienten in verschiedenen Temperaturbereichen.

Zahlentafel 1.

Temperaturbereich	Ausdehnungskoeffizient
20 ... 100° C	$10{,}0 \cdot 10^{-6}$
20 ... 200	10,3
20 ... 300	10,8
20 „ 400	11,2
20 ... 500	11,6
20 ... 600	11,8
20 ... 700	12,2
20 ... 800	12,5

(P. Hidnert u. W. T. Sweeney, Scient. Papers of the Bureau of Standards Nr. 570.) *Br.*

Werkstatt und Baustoffe.

Carboloy — ein neuer Werkzeugstoff. — Carboloy ist ein aus Wolframkarbid und Kobalt bestehendes Werkzeugmetall, durch das die Eigenschaften des durch seine große Härte bekannten Wolframkarbids verbessert werden sollen. Besonders deutsche Erfinder sind auf diesem Gebiete tätig gewesen und haben die Legierung des Wolframkarbids mit Kobalt geschaffen. Hier ist besonders das Hartmetall der deutschen Osram-Gesellschaft zu nennen[1]. Durch den Zusatz von Kobalt wird das Wolframkarbid halb so fest wie Schnelldrehstahl, während seine Härte immer noch so groß bleibt, daß es vom Saphir nicht geritzt wird. In dem Forschungslaboratorium der General Electric Co. sind von Dr. Samuel L. Hoyt mit diesem Werkzeugstoff Versuche angestellt worden, über deren Ergebnisse nachstehend berichtet werden soll.

Das spezifische Gewicht des Carboloy ist etwa 14 und mehr, je nach dem Kobaltgehalt. Carboloy läuft nicht an und gleicht im geschliffenen Zustande dem Stahl. Chemischen Einflüssen widersteht es gut. Die Härte des Carboloy ist auf die verschiedenste Art und Weise gemessen worden. Wie schon oben gesagt, kann Saphir mit Carboloy geritzt werden. Ein Alundumrad kann mit einer unter einem Winkel von 90° geschliffenen Kante einer Carboloyprobe ziemlich tief geritzt werden, ebenso Glas. Carboloy ist weiter mit Brinell- und Rockwell-Härteprüfer auf seine Härte hin untersucht worden, namentlich mit dem letzteren, da die Versuche in einem amerikanischen Laboratorium vorgenommen worden sind. Vergleichende Versuche haben für den härtesten Stahl eine Brinellhärtezahl 1000 ergeben, für gewöhnlichen gehärteten Stahl höchstens 850, während die Brinellhärtezahl der deutschen Originallegierung 1250 ... 1400 ist, also beträchtlich größer als die des härtesten Stahles. Bei den neuesten Zusammensetzungen der Legierung sind sogar Härtezahlen 2000 ... 2500 festgestellt worden. Mit gehärtetem Schnelldrehstahl vorgenommene Biegeversuche haben nach dem Bericht eine Bruchfestigkeit von 30 000 kg/cm² ergeben, ähnliche Versuche mit Carboloy für das deutsche Material eine solche von 16 000 und für außergewöhnlich hartes Material eine solche von 18 000 ... 20 000. — Eine andere wichtige Eigenschaft des Carboloy ist seine Zähigkeit. Andere Werkstoffe würden bei wiederholter Stoßbelastung abbröckeln oder ausbrechen. Bei Carboloy ist es nicht der Fall; kommt es aber doch zu einem Bruche, so verläuft die Bruchfläche nicht etwa auf kürzestem Wege quer zur Werkstückachse sondern schräg oder gekrümmt.

Die Wärmeausdehnung und Wärmeleitfähigkeit des Carboloy sind gering, doch können hierüber zur Zeit noch keine genauen Zahlen gegeben werden. Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur und unter normalen Bedingungen ist Carboloy beständig, selbst im Laufe mehrerer Jahre sind keine Veränderungen beobachtet worden. Es läuft nicht an und ist in Säuren nur schwer lösbar. Bei erhöhten Temperaturen oxydiert es wie andere Wolframverbindungen. Bei zu hohen Schnittgeschwindigkeiten oxydieren kleine Teilchen der Schneide und springen ab, auch entstehen Anlauffarben. Genauere Zahlen über die Härte- und Festigkeitsverhältnisse bei hohen Temperaturen können noch nicht gegeben werden. Es ist aber festgestellt worden, daß Carboloy seine Härte bei heller Rotglut verhältnismäßig gut bewahrt. Das Verhalten des Carboloy bei der Bearbeitung der verschiedensten Stoffe ist durch Versuche studiert worden. Glas kann mit Carboloy nicht nur leicht geschnitten sondern auch mit Nuten und Gewinde versehen werden, sogar harte Porzellanisolatoren können mit ihm bearbeitet werden. Ein Versuch mit der Bearbeitung von Manganstahl hat ebenfalls günstige Ergebnisse gezeitigt, während bei einem mit einem Stahlwerkzeuge angestellten Vergleichsversuche das Stahlwerkzeug sofort seine Schneide verlor. Die Bearbeitung gehärteten Schnelldrehstahls zeigte wohl die Möglichkeit des Schneidens, jedoch litt hierbei die Schneide. Das-

[1] Hierher gehört auch das Werkzeugmetall Widia der Firma Friedrich Krupp, A.G. in Essen, DRP. 420 689.

selbe trat ein bei Bearbeitung einer Kobalt-Chrom-Legierung. Aber auch andere Stoffe, die eine Stahlschneide stark angreifen, wie Kohlenstoff, Genelite, das an sich so weich ist, daß es leicht mit dem Messer geschnitten werden kann, Mycalex, ein Isoliermaterial, Bakelite und Hartgummi können gut mit Carboloy bearbeitet werden. Ein Vergleichsversuch zwischen Carboloy- und Stellitwerkzeugen ergab, daß das Stellitwerkzeug schon nach Fertigstellung von 150 Teilen wieder neu hergerichtet werden mußte, während mit einem Carboloywerkzeuge 11 000 Teile bis zum Unbrauchbarwerden des Werkzeuges bearbeitet werden konnten. Bei der Bearbeitung von Hartgummi, Genelite usw. waren Schnittdruck und Spanstärke klein, dagegen die Schnittgeschwindigkeit groß, während Gußeisen unter ganz anderen Bedingungen bearbeitet wird; Spanstärke und Schnittdruck werden größer, die Schnittgeschwindigkeit dagegen kleiner. Hierzu kommen noch die Verschiedenheiten des Gußeisens an sich, wie sandige Oberfläche, Hartguß usw. Auch bei der Bearbeitung dieses Werkstoffes, sogar bei unterbrochenen Schnitten (Abdrehen vorstehender Rippen), wobei dauernd Stöße auf das Werkzeug kommen, hat sich Carboloy gut bewährt. Bei Versuchen mit Nickelstahl blieb die Carboloyschneide bei einer Schnittgeschwindigkeit von 60 m/min noch nach einer Stunde erhalten, während die Schneide eines Schnelldrehstahls schon nach einem Bruchteil einer Minute zerstört wurde. Bei einem Chromnickelstahl mit einer Brinellhärte 250 wurde die Schneide bei einer Schnittgeschwindigkeit von 21 m nach 10 min leicht angegriffen.

Die ausgedehntere Verwendung des Carboloy ist eine Kostenfrage. Es kostet mehr als Schnelldrehstahl, was aber durch seine hervorragenden Eigenschaften aufgewogen werden dürfte. (S. L. Hoyt, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 585.) *Wtt.*

Verschiedenes.

Kraft- und Brennstofftagung. — Eine Sondertagung hatte die Brennkrafttechnische Gesellschaft am 3. IX. d. J. gemeinsam mit dem Bremer Bezirksverein deutscher Ingenieure veranstaltet, auf der sonst vertraulich im Fachausschuß für Schiffahrt behandelte Fragen der Brennstoffbelieferung und Krafterzeugung erstmalig vor einem großen Kreise von Fachleuten erörtert wurden. Die Verhandlungen bieten auch für den Bau und Betrieb von Kraftwerken manches Interessante.

Die zunehmende Verbreitung der Ölfeuerung bei den Kesselanlagen und die ständig wachsende Tonnage der Motorschiffe, deren Antrieb im schnellaufenden kompressorlosen doppeltwirkenden Zweitakt-Dieselmotor nach dem Vorbilde der Maschine im Umspannwerke Henningsdorf des Märkischen E. W. z. Z. gipfelt, zwingt dazu, der Versorgung der Schiffahrt mit Heiz- und Kraftöl erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken. Wie Generaldirektor Spaeth ausführte, betrug die Erdölförderung im Jahre 1928 189 Mill t. Zur Gewinnung des Öles geht man heute schon auf Tiefen bis zu 2750 m. An Brennstoffen wurden 1928 in der Schiffahrt 66 % an Öl (Heiz- und Dieselöl) und 34 % an Kohle verbraucht. Professor Wilke von der I. G. Farbenindustrie wies auf den ständig steigenden Bedarf an Benzin für den Kraftwagenverkehr hin, der zu höherer Ausbeute des Erdöls zu Benzin und zu weiterer Einbeziehung schwerer Öle in die Benzinherstellung zwingt. Davon werden besonders die Dieselöle betroffen, so daß sich gerade hier in nicht zu ferner Zeit die Verwendung künstlicher Öle erforderlich machen würde. Die Verfahren der I. G., die hohen Druck, hohe Temperatur und Katalysatoren benutzen, seien in der Lage, durch geschickte Handhabung dieser Mittel jede Art von Öl zu liefern. Dieser Hinweis ist auch für alle Land-Dieselmotorenanlagen sehr wichtig. Zu letzteren waren von besonderem Interesse die Mitteilungen von Oberingenieur Becker von der MAN. zu den Ergebnissen der letzthin erfolgten Abnahme der 11 700 PSe-Dieselmaschinen im Umspannwerk Henningsdorf des M. E. W. Der Brennstoffverbrauch für 1 $PS_e h$ in Gramm ergab sich bei den jeweiligen Belastungen 1. ohne Kraftbedarf für die Erzeugung der Gebläseluft und Hilfsmaschinen zu: 160 ($^1/_1$), 156 ($^7/_8$), 158 ($^3/_4$) und 159 ($^1/_2$); 2. einschließlich der Gebläse- und Hilfsmaschinen: 174 ($^1/_1$), 172 ($^7/_8$), 171 ($^3/_4$) und 185 ($^1/_2$). Der Motor ist mit dem Generator durch eine Bamag-Reibungskupplung verbunden, um ein schnelles An- und Abkuppeln des Generators als Spitzenmaschine zu ermöglichen. Auch die Anlaßvorrichtung des Motors ist besonders durchgebildet, um seine Inbetriebsetzung zu beschleunigen. Im Maschinenraum ist eine besondere Schalttafel mit den Instrumenten (Abb. 9) vorgesehen, während das Schalten der Maschine auf das Netz vom Hauptschaltraum aus erfolgt.

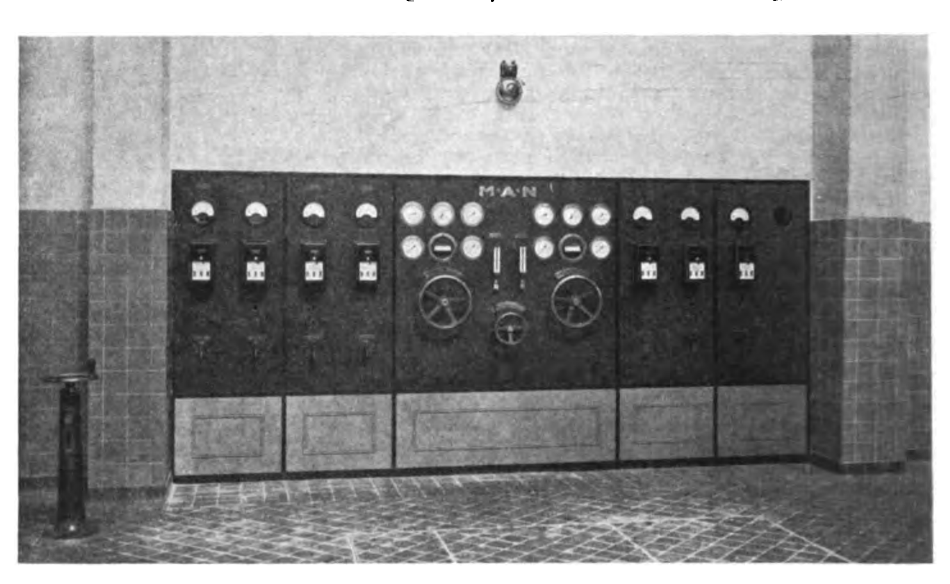


Abb. 9. Bedienungsstand für die beiden Großdieselmotoren sowie Hilfsmaschinen der Anlage Hennigsdorf.

Nach dem Vortrage des Direktors der Nautisch-Technischen Abteilung des Norddeutschen Lloyds, Dipl.-Ing. Koch, hat jetzt der Lloyd einen Versuch mit der Kohlenstaubfeuerung an Bord gemacht, nachdem Versuche mit dieser in Amerika und England schon seit einiger Zeit aufgenommen sind und zu befriedigenden Ergebnissen geführt haben. Auf dem neu erbauten Frachtdampfer „Donau" (12 140 t), der am 6. Juni nach San Francisco in See gegangen ist, wurde der mittlere Kessel mit 300 m² Heizfläche von 5 Flammrohrkesseln mit einer AEG-Chapman-Kohlenstaubfeuerung ausgerüstet. Diese besteht aus einer AEG-Resolutormühle, drei Feuerungsvorlagen mit Wirbelbrennern, die eine kurze intensive Flamme haben und sich bei dem beschränkten Feuerraum besonders eignen, und einer Staubringleitung, an der Mühle und Brenner liegen. Die Flamme ist schräg nach unten gerichtet. Die Schlacke wird im flüssigen Zustande abgezogen. Die Luft wird in Lufterhitzern System Meyer auf 200 ... 250 ° vorgewärmt. Mit einem Ranarexapparat wird Kohlen- und Luftmenge zu einem ständig guten CO_2-Gehalt der Abgase selbsttätig geregelt. Die Ergebnisse auf der Fahrt haben in Hinsicht auf Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit durchaus befriedigt, so daß die Kohlenstaubfeuerung an Bord von Schiffen wohl eine Zukunft haben dürfte. Es hat sich eine etwa zehnfache Verdampfung ergeben. Bei Betrieb mit vier Kesseln lieferte der Kohlenstaubkessel ein Drittel der Dampfmenge. Als besonders vorteilhaft wurde empfunden, daß bei dem Entschlacken der handgefeuerten Kessel die Leistung des kohlenstaubgefeuerten Kessels so gesteigert werden konnte, daß ohne weiteres der Dampfdruck konstant gehalten und dadurch eine gleichmäßige Fahrt erzielt werden konnte, was für die Größe der Durchschnittsfahrgeschwindigkeit sehr wichtig ist.

Wenn es gelingt, die Kohlenstaubfeuerung in Hinsicht auf Anlage und Betriebskosten für Schiffe wirtschaftlicher als die Handfeuerung zu gestalten, so wird diese in Verbindung mit dem Höchstdruckdampf die höchste Wirtschaftlichkeit im Brennstoff als Kohle bringen. Hierzu sprach abschließend Oberingenieur Gräber von der Deutschen Werft, Hamburg. Entwürfe für Höchstdruck-Schiffskessel liegen in den Systemen Benson, Schmidt und Löffler vor. Eine Schmidt-Zweidruckanlage für 65 ata befindet sich bereits im Bau. Die Bauart lehnt sich derjenigen der ersten Hochdrucklokomotive an. Auch die

erforderlichen Hochdruckmaschinen sind in der Schmidt-Borsig-Maschine und in der Zoelly-Hochdruckturbine vorhanden. Erstere wurde kürzlich als 6000 PSe-Maschine für 101 ata bei 425° für amerikanische Rechnung von Borsig zur Ablieferung gebracht.

In der Aussprache war aus den Erfahrungen der I. G. Farbenindustrie mit Höchstdruckkesseln verschiedener Systeme die Mitteilung von Interesse, daß sich Rohre aus Kohlenstoffstählen bei den hochtemperierten Gasen, denen sie ausgesetzt sind, anscheinend nicht bewähren. Es zeigen sich bereits nach halbjähriger Betriebszeit Gefügeänderungen und Risse, die entgegen den Erfahrungen bei Rohren von Niederdruckkesseln quer zur Rohrachse auftreten. Rohre aus legierten Stählen geeigneter Qualität sollten versucht werden. Dies Erfordernis wurde jedoch angezweifelt, wenn Material und Herstellung der Rohre aus Kohlenstoffstahl einwandfrei sind. Hierbei wurde auch auf den HZ-Stahl der Vereinigten Stahlwerke hingewiesen, der bei 600° Temperatur noch eine Festigkeit von 40 kg aufweist und bei dieser auch hohe Zunderfestigkeit besitzt. Die Verwendung dieses Stahles dürfte eine Zwischenüberhitzung ausschalten, da man bei einer Temperatur von 600° in einem Zuge durch die Turbine gehen kann. Przygode.

Vorlesungen des Heinrich-Hertz-Institutes für Schwingungsforschung. — An der T. H. Berlin sind von den wissenschaftlichen Beamten des Heinrich-Hertz-Institutes für Schwingungsforschung für das W.-S. 1929/30 folgende Vorlesungen angekündigt worden:

1. K. W. Wagner, Die theoretischen Probleme der elektrischen Nachrichtentechnik III (Fernkabel und Verstärker) [Mi 17³⁰ ... 19ʰ]; Allgemeine Schwingungslehre I [Do 8 ... 10ʰ].
2. G. Leithäuser, Ausgewählte Kapitel aus der Hochfrequenztechnik (Empfangstechnik) [Di 17 ... 19ʰ].
3. H. Salinger, Theoretische Probleme der elektrischen Nachrichtentechnik I (Leitungen) [Do 16 ... 18ʰ].
4. E. Meyer, Schalldämpfung und Schallisolation (mit Vorführungen) [Mo 16 ... 17ʰ].
5. W. Hort, Mechanische Schwingungen [Mi 8 ... 10ʰ]; Höhere Festigkeitslehre [So 8 ... 9ʰ].

Sämtliche Vorlesungen beginnen in der Woche vom 4. ... 10. XI.; die Vorträge 1. ... 4. finden im Hörsaal des Heinrich-Hertz-Institutes, Franklinstr. 1, die Vorlesungen 5. im Hörsaal 120 bzw. 261 der T. H. statt. Zur Teilnahme an den Vorlesungen ist die Einschreibung bei der T. H. (Sekretariat) als Studierender, Hörer oder Gastteilnehmer erforderlich. Auskunft erteilt das Büro des Instituts (Fernspr. C 1 Steinplatz 0835 und 0836).

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

3. Volltagung der Weltkraftkonferenz. — Von Elgawe wiedergegebenen Äußerungen der aus Paris zurückgekehrten deutschen Delegierten zum Internationalen Hauptausschuß der Weltkraftkonferenz entnehmen wir den Beschluß, die dritte Volltagung 1935 oder 1936 in den V. S. Amerika stattfinden zu lassen. Sie soll sich besonders mit den großen Problemen der internationalen Finanzierung und Konzernbildung auf dem Gebiet der Energieversorgung befassen und auch die öffentlich-rechtlichen Konsequenzen behandeln, die sich aus der Verknüpfung ganzer Länder und Kontinente durch die neuzeitliche Fernenergieversorgung ergeben.

Weltausstellung Antwerpen 1930. — Nach der schon erwähnten Ablehnung einer offiziellen Beteiligung des Deutschen Reichs[1] und nachdem die im deutschen Ausstellungs- und Messe-Amt zusammengeschlossene Wirtschaft sich in gleichem Sinn geäußert hatte, ist nunmehr unter dem Namen Deutsches Hanse-Haus Antwerpen, Hamburg-Bremer Ausschuß für die Schiffahrtausstellung Antwerpen 1930 ein Ausschuß gebildet worden, der letztere durchführen wird. Interessenten für eine Beteiligung an diesem Unternehmen wenden sich nach dem Daumadienst zweckmäßigerweise an Herrn Oberbaurat Böttcher, Staatliche Kaiverwaltung, Hamburg, Brooktor, oder an Herrn H. Helms jr., Deutsche Dampfschiffahrtsgesellschaft „Hansa", Bremen, Schlachte 6.

Getriebeschau Berlin. — Eine ähnliche Getriebeausstellung, wie sie der AWF und der VDMA bereits seit zwei Jahren auf den Leipziger Frühjahrsmessen veranstalten, soll anläßlich der Feier zu Reuleaux's hundertjährigem Geburtstag vom 11. bis 23. XI. in der T. H. Berlin stattfinden. Außer den beiden genannten Körperschaften sind als Veranstalter die T. H. und der Berliner Bezirksverein deutscher Ingenieure beteiligt.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 908.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Nach dem Bericht des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerks A. G., Essen, über das Geschäftsjahr 1928/29, dem ein Lage- und Höhenplan sowie eine Fliegeraufnahme des Pumpspeicherwerks Herdecke beigegeben sind, hat sich die nutzbare Stromabgabe des Unternehmens von 1448,5 auf 2067,212 Mill kWh erhöht, d. h. um 43 %, wobei die Kraftlieferung 1935,259 (1334,945 i. V.) und die Lichtabgabe 131,953 Mill kWh (113,555 i. V.) betrug. Diese Zahlen schließen die der Main-Kraftwerke A. G. (87,777 Mill kWh), der Braunkohlenindustrie A. G. „Zukunft" (Biag) (182,583 Mill kWh) und der Pesag (20,325 Mill kWh) nicht ein; mit den im Mehrheitsbesitz des RWE befindlichen Konzernunternehmungen sind mehr als 2,7 Mrd kWh in das Netz der Berichterstatterin gelangt (2,1 Mrd kWh i. V.). Der Zusammenschluß in den westlichen Absatzgebieten hat sich fortgesetzt. Das RWE erwarb die Anlagen der Elektrizitätszweckverbände Kreis St. Goar und Bacharach-Niederheimbach. Durch ersteren wurde auch der Kreis St. Goar an dem Unternehmen interessiert. Die Angliederung der Kraftwerk Zukunft A. G., Weisweiler, verstärkte die Zusammenarbeit mit der Biag, indem sich gleichzeitig die kommunalen Verbände, vornehmlich der Landkreis Düren und die Stadt Eschweiler, am RWE durch Aktienaustausch beteiligten. Die Kraftwerksgesellschaft wird in Verbindung mit der Zentrale der Urfttalsperren-Genossenschaft durch die Biag betrieben. Ferner übernahm die Berichterstatterin das Elektrizitätsverteilungsunternehmen des Landkreises Düren und schloß durch Erwerb von Kuxen ihrem Konzern das Braunkohlen- und Kraftwerksunternehmen der Gewerkschaft Gustav in Dettingen an, mit deren über Kelsterbach an die Hauptsüdleitung angeschlossenen Stromerzeugungsanlage sie auch wesentliche Stromlieferungsverträge mit der Hessischen Eisenbahn-A. G., der Preag und nach Bayern zu erfüllen hat. Am Schluß des Geschäftsjahres besaß das RWE rd. 4100 km Drehstromleitungen von 220 und 100 kV sowie 45 Höchstspannungsstationen, darunter 11 mit einer Oberspannung von 220 kV. Die Hauptumspannstation Brauweiler hat zunächst mit ihrem 100 kV-Teil den Dienst aufgenommen. Von der großen 220 kV-Südleitung kann die Strecke von Bludenz bis Brauweiler (über 600 km) mit 380 kV betrieben werden, sobald der Beweis erbracht ist, daß die Erdung des neutralen Punktes des Drehstromsystems der Höchstspannungsleitung die Schwachstromanlagen der Post und Eisenbahn nicht zu beeinflussen braucht. In diesem Fall ließen sich noch größere Leistungen zwischen dem rheinisch-westfälischen Industriegebiet und den Alpen unter Fortfall neuer Aufwendungen austauschen. Was die Entwicklung der Kraftwerksleistung betrifft, so hat das RWE außer den Zentralen der Stadt Trier und der Gewerkschaft Gustav den Betrieb des Kraftwerks der A. G. für Stickstoffdünger in Knapsack übernommen. Die Vergrößerung des Goldenbergwerks um weitere 0,1 Mill kW sowie der Bau des Speicherkraftwerks Herdecke (140 000 kW Maschinenleistung) gehen der Fertigstellung entgegen. An der Schluchseewerk A. G., Freiburg, beteiligte sich die Berichterstatterin mit 50 %. Der erste Ausbau der Kraftwerke Häusern und Eichholz dieser Gesellschaft sowie das Vermuntwerk der Vorarlberger Illwerke A. G. dürften 1930 vollendet werden. Mit der Errichtung des Kraftwerks Obervermunt hat man begonnen. Schließlich ist die Beteiligung des RWE an der Gründung des Rheinkraftwerks Albbruck-Dogern A. G. in Waldshut am Rhein mit 77 % und an der Aarewerke A. G. in Brugg (Schweiz), die die Kraftstufen Klingnau und Wildegg-Brugg der Aare ausbaut, mit 30 % zu nennen. Die bereits in Betrieb befindlichen und die ihrer Fertigstellung entgegengehenden Kraftwerksleistungen übersteigen rd. 1,06 Mill kW und einschließlich der Werke, zu deren Gründung geschritten ist, rd. 1,2 Mill kW. Der Bericht sagt an dieser Stelle: „Nur durch diese über weite Versorgungsgebiete von den Alpen bis an die holländische Grenze für die dichten Verbrauchsgebiete des Westens aufgebaute Großkraftwirtschaft durch leistungsfähige Höchstspannungsleitungen, unter Verkupplung von Steinkohlen-, Braunkohlen- und Wasserkraft-Energie, verbunden mit Speicherwerken, werden wir in die Lage gesetzt, die elektrische Arbeit der Industrie zu angemessenen Preisen auch für neue Verwendungszwecke in erhöhtem Maße zur Verfügung zu stellen. Nur so war es uns möglich, langfristige Verträge mit der I. G. Farbenindustrie unter Erweiterung der Energielieferung für chemische Zwecke abzuschließen und in ähnlicher Weise mit den

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1534.



Vereinigten Stahlwerken in Düsseldorf für die sämtlichen Unternehmungen dieses Konzerns, indem wir für 20 Jahre die Stromlieferung an Stelle von Vergrößerung der Eigenanlagen dieser Werke übernahmen. Wir richteten für Zwecke der Elektrowärme in der Industrie eine besondere Versuchsanlage bei unserer Verwaltung in Düsseldorf-Reisholz ein. Auch bei Abfassung des Berichtes hält die Steigerung des Stromabsatzes an, so daß wir bei normaler Entwicklung in nächster Zeit einen Jahresabsatz von 3 Milliarden kWh überschreiten dürften. Wir haben schon in den Geschäftsberichten der letzten Jahre darauf hingewiesen, daß wir mit den Preisen für bestimmte Industrien, um diesen den schweren Wettbewerb zu erleichtern und um Eigenanlagen auszuschalten, bei großen Abnahmen und langer Benutzungsdauer, die unsere Selbstkosten herabzusetzen geeignet sind, die Verkaufspreise verringern mußten und daß damit durcheinandergerechnet die Friedenspreise von 1913/14 bei weitem unterschritten sind. Nur durch die Steigerung der Leistungsfähigkeit und den erhöhten Kraftabsatz ist es uns trotz fortgesetzt erheblicher Steigerung der Unkosten — auch im letzten Geschäftsjahr sind die Betriebskosten durch Lohnerhöhung usw. und die Baukosten durch Kupferverteuerung und dergl. gestiegen — möglich gewesen, seit der Goldumstellung auch für die an und für sich mit besonders hohen Unkosten verbundene Stromlieferung an die Kleinabnehmer die Strompreise auf 33⅓ Pf je kWh für Licht und 15¾ Pf je kWh für Kraft ohne Finanzaufschlag für die Gemeinden, und in Gemeinden mit Finanzaufschlag auf 38⅓ Pf bzw. 18⅓ Pf zu halten, ungerechnet die bei Mehr- und günstiger Abnahme gewährten erheblichen Vergünstigungen. Dies geschah trotz der hohen Lasten an Steuern und öffentlichen Abgaben, die unsere Unternehmungen nach wie vor zu tragen haben und die für die Art unserer Unternehmungen besonders beachtlich sind, wenn man bedenkt, daß der Jahresumsatz bei anderen Industrien normalerweise das investierte Kapital erreicht, wenn nicht überschreitet, während bei der Art unseres Unternehmens außerordentlich große Kapitalien investiert werden müssen, die höchstens zu ¼ im Jahre umgeschlagen werden. Es ist dies um so drückender, als andere Unternehmungen gleicher Art des Reiches, der Staaten und der Gemeinden im wesentlichen von solchen Steuern, nämlich von den Reichssteuern, bis heute noch vollkommen befreit blieben. Infolge der beschriebenen Entwicklung unseres Unternehmens glaubten wir jedoch nunmehr trotzdem den Zeitpunkt für gekommen, auch dem Kleinabnehmer eine erhebliche Vergünstigung zuteil werden zu lassen." Die Berichterstatterin erwähnt im Zusammenhang hiermit den in der ETZ 1929, S. 1063, bereits im einzelnen angeführten neuen Haushaltungstarif, um dann weiter der Gründung der Westdeutschen Elektrizitätswirtschaft A. G., Frankfurt-Höchst, unter Aufzählung der Beteiligten, einige Zeilen zu widmen[2]. Betriebsgewinne und Zinsen ergaben 60 667 209 RM (48 403 538 i. V.) und nach Abzug von 18 741 242 RM Verwaltungskosten usw. (16 496 154 i. V.) sowie von 21,620 Mill RM Abschreibungen (16,585 i. V.) 20 325 882 RM Überschuß (15 333 239 i. V.), aus dem 10 % Dividende auf 181 Mill RM Aktienkapital zur Verteilung kommen sollen (9 % auf 155 Mill RM i. V.).

[2] Vgl. ETZ 1929, S. 208, 704.

Die Aufsichtsräte der Gesellschaft für elektrische Unternehmungen und der Ludw. Loewe & Co. A. G. haben beschlossen, den Generalversammlungen die Fusion beider Unternehmungen und mit der A. G. für Gas-, Wasser- und Elektrizitätsanlagen, Berlin, vorzuschlagen. Die dabei führende Gesfürel wird den Namen Gesellschaft für elektrische Unternehmungen-Ludw. Loewe & Co. A. G. annehmen und ihr Kapital um 25 auf 100 Mill RM erhöhen.

Vom Kongreß der Un. Naz. Fascista Industrie Elettriche im Trentino. — Ende Juni hielt die Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (Unfiel) unter ihrem Präsidenten, dem Deputierten und Leiter der Edison (Mailand), Ing. Motta, die erste große Jahresversammlung ab. Durch Teilnahme von Mitgliedern aus und Verlegung nach dem Trentino erhielt der Kongreß ein starkes politisches Gepräge.

In der Eröffnungsitzung führte Motta aus, daß Italien jährlich bald 1000 kWh auf den Kopf der Bevölkerung erzeugen müsse. Die Wasserkräfte der Venezia Tridentina erlauben rd. 6 Mrd kWh jährlich zu produzieren.

Unter den technischen Vorträgen ist derjenige von Palestrino zu erwähnen, der die 220 kV-Leitung von Cardano (Kardaun, Eisackwerk[1]) nach Cislago bei Mailand behandelte, die 150 000 kW fernleiten soll. Palestrino erörterte, daß man vor der Wahl stand, entweder 2 × 3 Leitungen und 130 kV oder 1 × 3 Leitungen mit 220 kV zu verwenden. Die Berechnung ergab für erstere Lösung 250 000 Lire/km, für die zweite 180 000 Lire/km. Auch trotz der Mehrkosten für die beiden Endfreiluft-Transformatorenstationen bei 220 kV beträgt die Ersparnis für Linie und Umspannwerke 75 gegenüber 79.5 Mill Lire. Gegen den Nachteil, daß man keine Reserveleitungen hat, wurde angeführt, daß sich Reparaturen ja doch nicht ausführen ließen, wenn die Reserveleitung unter Spannung ist. Der Vortragende beschrieb ferner die Mastkonstruktionen (im Gebirge Eisenmaste, in der Ebene Portalmaste aus Schleuderbeton) in Hinblick auf die mögliche Schneebelastung.

Unter der Annahme einer Leistungsübertragung von 150 000 kW und $\cos\varphi = 0,9$ werden 40 000 kVA Synchronleistung in Cislago benötigt, um die Spannung bei der Ankunft konstant zu halten. Die Coronaverluste hat man zu 200 kW im Winter und 500 kW im Sommer angenommen. Der Gesamtwirkungsgrad der Leitung bei Vollast ist mit 95 % und mit 91 ... 92 % bei $\cos\varphi = 0,9$ errechnet.

An den Kongreß schlossen sich zahlreiche Besichtigungen der neuen großen Kraftwerke im Trentino sowie der Aluminiumfabrik in Mori und der Stickstoffabriken von Montecatini bei Meran an. *Rtz.*

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1158; 1929, S. 1165.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Jahresbeitrag der inländischen Mitglieder für 1930.

Der Mitgliedsbeitrag für das Jahr 1930 beträgt:

I. für persönliche inländische Mitglieder . . . . . 30 RM
   für Jungmitglieder . . . . . 15 „

II. für korporative inländische Mitglieder:

1. Behörden, Schulen, wissenschaftliche Vereine usw. . . . . . 36 „
2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:

a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . . . 50 RM
b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter 75 „
c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter 120 „
d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter 150 „
e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter . . . . . 300 „
f) von 1001 bis 2500 Angestellte und Arbeiter . . . . . 450 „
g) von 2501 bis 5000 Angestellte und Arbeiter . . . . . 600 „
h) von 5001 bis 10 000 Angestellte und Arbeiter . . . . . 900 „
i) von 10 001 bis 20 000 Angestellte und Arbeiter . . . . . 1500 „
k) über 20 000 Angestellte und Arbeiter . 2400 „

Die Beiträge werden bis spätestens 15. November 1929 auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02, erbeten, da sonst die ordnungsmäßige Zustellung der ETZ über den 1. Januar 1930 hinaus nicht gewährleistet werden kann. Unsere ausländischen Mitglieder erhalten besondere Mitteilung.

Einladung

zur Fachsitzung für Installationstechnik (EVI) am Dienstag, dem 5. November 1929, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule EB, Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Ober.-Ing. Krüger: „Der heutige Stand der Lichtreklame unter besonderer Berücksichtigung der Leuchtröhren."

Inhaltsangabe:

Die wirtschaftliche Bedeutung der Lichtreklame; Darlegung von Wirkung, Zweck und Ziel der Lichtreklame; die Forderungen technischer und wirtschaftlicher Art unter Berücksichtigung der werbepsychologischen und ästhetischen Gesichtspunkte, der sich eine Betrachtung über den Erfolg der Lichtreklame anschließt.

In ausführlicher Beschreibung und Kritik der einzelnen Elemente der Lichtreklameanlagen, unter besonderer Berücksichtigung der Leuchtröhrenanlagen sowie der wechselnden und wandernden Lichtreklamen werden an Hand anschaulicher Lichtbilder deren verschiedene Anwendungsmöglichkeiten gezeigt.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für Installationstechnik.
Der Vorsitzende:
Baumann.

„Fest der Technik".

Die nachstehenden technisch-wissenschaftlichen Vereine in Berlin veranstalten nach den guten Erfolgen der vorhergehenden Jahre erneut, u. zw.

am Freitag, dem 8. November 1929, 8½ Uhr abends, in sämtlichen Räumen des Zoologischen Gartens zu Berlin
das
„Fest der Technik"

und laden hierdurch zur Teilnahme ein.

Das Fest hat den Charakter eines repräsentativen Balles; bestimmungsgemäß wird sein Überschuß den Vereinen für Unterstützungen zugeführt.

Anzug: Herren: Gesellschaftsanzug, Frack;
Damen: Gesellschaftskleid.

Musik: Kapelle Kermbach.

Tombola: Reichhaltig mit wertvollen Gewinnen.

Eintrittskarten für Vereinsmitglieder, deren Angehörige und eingeführte Gäste kosten 10 RM, werden auf den Namen ausgestellt und können nur vor dem Fest durch die Geschäftstellen der veranstaltenden Vereine bezogen werden.

Architekten- und Ingenieur-Verein zu Berlin. — Automobil- und Flugtechnische Gesellschaft Technisch-Wissenschaftliche Vereinigung e. V. — Berliner Bezirksverein Deutscher Ingenieure. — Bezirksverein Groß-Berlin und Mark des Vereins Deutscher Chemiker. — Bund Deutscher Architekten, Landesbezirk Brandenburg. — Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft e. V. — Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen. — Deutsche Gesellschaft für Metallkunde e. V. — Deutsche Gesellschaft für technische Physik e. V. — Deutsche Keramische Gesellschaft e. V. — Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft. — Deutscher Kälte-Verein. — Elektrotechnischer Verein e. V. — Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e. V. — Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens. — Märkischer Verein von Gas- und Wasserfachmännern. — Reichsbund der höheren technischen Beamten e. V. — Reichsbund Deutscher Technik e. V. — Schiffbautechnische Gesellschaft. — Verband der Zentralheizungs-Industrie e. V. — Verband Deutscher Patentanwälte. — Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband. — Verein Deutscher Gießereifachleute. — Verein Deutscher Heizungs-Ingenieure, Bezirk Berlin, e. V. — Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt e. V.

1. Da jedem der veranstaltenden Vereine nur eine beschränkte Zahl von Eintrittskarten zugeteilt wird, empfiehlt es sich, die Karten bei der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins (Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II) umgehend zu besorgen.

2. Die Eintrittskarten werden gegen Barzahlung oder Einsendung des Betrages auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02 ausgehändigt.

3. Gastkarten werden bei Vermittelung von Mitgliedern des Elektrotechnischen Vereins ausgegeben.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

VDE-Mitgliedsbeitrag für 1930.

Nach dem Beschlusse der Jahresversammlung vom 8. Juli 1929 ist der Jahresbeitrag für 1930 festgesetzt:

A. Für persönliche Mitglieder, die durch einen angeschlossenen Verein angemeldet sind . . . 30 RM
Jungmitglieder . . . . 15 „

B. Für persönliche, dem Verbande unmittelbar angehörende Mitglieder . . . 30 „
Jungmitglieder . . . . 15 „

C. Für körperschaftliche Mitglieder:

1. Behörden, Schulen, wissenschaftliche Vereine usw. . . . . 36 „
2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:
   a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . . . 50 „
   b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter 75 „
   c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter 120 „
   d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter 150 „
   e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter 300 „
   f) über 1000 Angestellte und Arbeiter auf Anfrage.

Verbandsmitglieder, die **keinem Ortsverein** angehören, zahlen ihre Beiträge über unser **Postscheckkonto Berlin 213 12,** während alle **übrigen** Mitglieder die Beiträge an den **Verein abführen, dem sie als Mitglied angehören,** und zwar an dessen auf S. 1541 angegebenes **Postscheckkonto** oder Bankkonto.

Wir bitten wiederholt um **Beachtung** dieses Punktes, der auch in diesem Jahre leider nicht genügend beachtet worden ist, sodaß die Zustellung der ETZ infolgedessen verzögert wurde.

Ganz besonders weisen wir die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins, Berlin, darauf hin.

Die Beiträge, auch die **Rückstände aus 1929,** sind **bis spätestens 15. November 1929** zu entrichten, da sonst eine ordnungsmäßige Zustellung der ETZ nicht gewährleistet werden kann.

Es wird gebeten, die Beiträge möglichst **im ganzen** zu zahlen, um den Schatzmeistern der Vereine und der Geschäftstelle des VDE die Verrechnung zu erleichtern.

Durch undeutliche Anschriften und Namensangaben entstehen Verzögerungen in der Lieferung der ETZ und sonstige Unzuträglichkeiten, deshalb: **Deutliche Schrift!**

Im Ausland wohnende Mitglieder können durch Postanweisung bezahlen.

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Vorsitzende: Dr. M. Krone. — Der Generalsekretär: P. Schirp.

Preisaufgabe.

Kennzahl der Verzerrung.

Aufgabe: Es ist ein Maß für die Verzerrung bei der Übertragung zusammengesetzter periodischer Schwingungen in Fernsprechkreisen anzugeben, das sich leicht sprechen, lesen, schreiben und drucken läßt. Das vorgeschlagene Maß ist zu begründen und in seinem Geltungsbereich abzugrenzen.



Für die beste Bearbeitung setze ich einen Ehrenpreis von Hundert Mark aus; der Betrag ist bei der Geschäftsstelle des VDE niedergelegt.

Das Preisrichteramt haben freundlicherweise übernommen die Herren:

Ministerialrat Prof. Dr. F. Breisig, Berlin,
Prof. K. Kupfmüller, Danzig,
Prof. Dr. H. Salinger, Berlin.

Die Bearbeitungen sind, nur mit einem Kennwort versehen, **bis zum 1. Mai 1930** an Herrn Ministerialrat Breisig, Berlin, Reichspostministerium, einzusenden. Name und Anschrift des Einsenders ist in einem verschlossenen Umschlag, der mit dem gleichen Kennwort wie die Bearbeitung versehen ist, beizufügen. Das Ergebnis wird im Laufe des Juli 1930 bekanntgegeben, der Preis nach dem Urteil des Preisgerichts durch Vermittlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker ausgezahlt werden.

Erläuterung: Ein Fernsprechübermittlungssystem soll die Schwingungen, die ihm auf der Sendeseite zugeführt werden, möglichst formgetreu nach dem empfangenden Ende übertragen. Der Vergleich der empfangenen und der ausgesandten Schwingungen zeigt indes im allgemeinen eine Veränderung der Schwingungsform, die man als Verzerrung bezeichnet. Bei einer Darstellung der verzerrenden Eigenschaften eines Übertragungssystems, etwa durch Angabe von Restdämpfungs- und -phasen-Kurven, nichtlinearen Charakteristiken u. dgl., kommt man nicht zu einfachen Ausdrücken, die leicht gesprochen, gelesen, geschrieben und gedruckt werden können.

Um einen Anhalt für das, was in der Aufgabe verlangt wird, zu geben, sei auf die Möglichkeit hingewiesen, die Verzerrung in der Form a b c d . . . darzustellen, wo die a, b, . . . passend normierte Zahlen sind, die die relative Übertragungsgüte der Grund- und aufeinanderfolgenden Obertöne eines Klanges angeben.

Heidelberg, 10. Oktober 1929.

K. Strecker.

Neu erschienene VDE-Vorschriften-Sonderdrucke.

Folgende VDE-Vorschriften-Sonderdrucke sind neu erschienen:

VDE	454	Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung (K.P.I./1928). Dazugehörig DIN-Taschenbuch 13 Installationsmaterial, September 1929, herausgegeben vom VDE.
„	455	Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen.
„	456	Leitsätze für die Prüfung von Vergußmassen für Geräte unter 1000 V Nennspannung.
„	457	Leitsätze für die Prüfung von Elektrolackpappe.
„	458	Leitsätze für die Prüfung der Stoffeigenschaften keramischer Isolierteile für Nennspannungen unter 1000 V.
„	459	Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe.
„	460	Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber als Isolierstoff.
„	461	Leitsätze für die Prüfung von Glimmererzeugnissen.
„	462	Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Holz als Isolierstoff.
„	463	Leitsätze für die Prüfung von natürlichen Gesteinen.
„	464	Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Tafelpreßspan.

Die Sonderdrucke können von der Geschäftsstelle des VDE bezogen werden.

Neu erschienene Normblätter.

Folgende DIN VDE-Normblätter sind neu erschienen:

DIN VDE	10	VDE-Prüfzeichen.
„	450	Gewinde für Schutzgläser, Porzellan- und Gußkappen.
„	2900 Bl. 1	Elektrische Maschinen. Bürsten für Kommutatoren und Schleifringe.
„	3140	Elektrische Bahnen. Fahrdrähte. Technische Lieferbedingungen.
DIN VDE	3141	Elektrische Bahnen. Fahrdrähte, Abmessungen.
„	3146	Elektrische Bahnen. Fahrdraht-Gleitführung.
„	3176	Elektrische Bahnen. Walzenstromabnehmer für elektrische Grubenbahnen von 900 mm Spurweite, Fangbügel.
„	3220 Bl. 2	Elektrische Bahnen. Bürsten für Bahnmotoren, Toleranzen. Richtlinien für Neukonstruktionen.
„	3601	Schaltgeräte, Anlasser, Steuergeräte, Mittenabstände und Spurweiten für Transportrollen.
„	6405	Bandagendrähte, Bronze, gezogen und verzinnt.
„	6406	Bandagendrähte, Flußstahl, gezogen und verzinnt.
„	6438	Rundkupferseile für Maschinen und Apparate.
„	8050	Isolatorstützen, gerade, für Stützenisolatoren nach DIN VDE 8011.
„	8051	Isolatorstützen, gebogen, für Stützenisolatoren nach DIN VDE 8011.

Die Normblätter können von der Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin S 14, Dresdener Straße, bezogen werden.

Technisch-wissenschaftlicher Quellennachweis.

Die Erfassung der technisch-wissenschaftlichen Gesamtliteratur ist eine der wichtigsten, zugleich aber auch der schwierigsten Aufgaben. Die Auswertung des in den verschiedenen Veröffentlichungen enthaltenen Materials ist ohne eine vollständige und zuverlässige Nachweisung der in einem bestimmten Gebiet erschienenen Literatur nicht möglich.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker hat stets dieser Frage seine besondere Aufmerksamkeit zugewandt und zusammen mit dem Verein deutscher Ingenieure die Technische Zeitschriftenschau herausgegeben, die dazu bestimmt ist, die wichtigste erschienene Literatur den Ingenieuren zu vermitteln.

Im Zusammenhang damit soll die Möglichkeit gegeben werden, auch nachträglich noch die über einen Fachgegenstand erschienene Literatur einem Interessenten nachzuweisen. Hierzu ist die Schaffung einer Vermittlungsstelle von dem Ausschuß für technisches Schrifttum beim Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine beantragt worden. Die Vermittlungstelle soll Anfragen nach Fachliteratur sofort der richtigen Stelle zuleiten können. Dieser Antrag hat allseitig Zustimmung gefunden.

Zur öffentlichen Einführung der Vermittlungstelle veranstaltet der Deutsche Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine am Freitag, dem 8. November d. J., 16 Uhr, im großen Saal des Ingenieurhauses eine außerordentliche Hauptversammlung. Es werden die Begrüßungsansprache von Herrn Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. E. h. G. de Thierry, Vorträge von den Herren Ber. Ing. A. Schlomann, Berlin, Dir. Dr. Predeek, Berlin, Dr. Pflücke, Berlin, Dr. Köhler, Berlin, und das Schlußwort von Prof. Dr. Bauersfeld, Jena, gehalten.

Eintrittskarten zur Hauptversammlung werden, soweit Platz vorhanden, kostenlos von der Geschäftstelle des Deutschen Verbandes Technisch-Wissenschaftlicher Vereine, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, abgegeben.

Kommission für Maschinen und Transformatoren.

Die Kommission gibt nachstehend eine durch das Komitee für mechanisch-technische Fragen bearbeitete Erweiterung des Normblattes

DIN VDE 2950 Elektrische Maschinen. Formen

bekannt.

Da das 1924 herausgegebene Normblatt in der Elektrotechnik in weitgehendem Maße verwendet wird und die darin enthaltenen Kurzzeichen für die Formbezeichnung von vielen Firmen in die Preislisten übernommen worden sind, zeigte es sich als zweckmäßig, die in dem Normblatt bisher nicht angegebenen Formen, soweit sie beson-

(Forts. s. S. 1602.)



Noch nicht endgültig

Elektrische Maschinen

Formen

Elektrotechnik

Ergänzung zu DIN VDE 2950

Bild	Bezeichnung	Erklärung
1. Maschinen, die von den Elektrizitätsfirmen ohne Lager geliefert werden		
	A 4	Ohne Welle, Gehäuse am fremden Lager befestigt. Der Läufer sitzt auf der verlängerten Welle der Antriebsmaschine.
	A 5	Mit Flanschwelle, Gehäuse mit Füßen. Das Gehäuse steht auf der verlängerten Grundplatte der Antriebsmaschine oder auf einem Konsol, das an der Grundplatte oder am Lager der Antriebsmaschine angebracht sein kann. Der Läufer wird von einer kurzen Flanschwelle getragen (ohne Außenlager).
	A 6	Mit Flanschwelle, Gehäuse mit Füßen, 2 Gehäusesohlplatten. Das mit Füßen versehene Gehäuse steht auf Sohlplatten, die im Steinfundament eingebettet sind. Das Außenlager gehört zur Antriebsmaschine. Der Läufer wird von einer kurzen Flanschwelle getragen.
2. Maschinen mit Schildlagern		
	B 9	Mit Schildlager an der Bürstenseite, ohne Schildlager an der Antriebseite, mit freiem Wellenstumpf. Anschlußfläche = Gehäusestirnfläche nach der Antriebseite.
	B 10	Mit 2 Schildlagern, freiem Wellenstumpf und Befestigungsflansch auf der Antriebseite. Anschlußfläche nach der Antriebseite.
	B 11	Mit 2 Schildlagern, freiem Wellenstumpf und Befestigungsflansch auf der Bürstenseite. Anschlußfläche nach der Antriebseite.
	B 12	Mit 2 Schildlagern, freiem Wellenstumpf und Befestigungsflansch auf der Antriebseite. Anschlußfläche nach der Bürstenseite.
	B 13	Mit 2 Schildlagern, freiem Wellenstumpf und Befestigungsflansch auf der Bürstenseite. Anschlußfläche nach der Bürstenseite.

Noch nicht endgültig

Elektrische Maschinen

Formen

Elektrotechnik

Ergänzung zu DIN VDE 2950

Bild	Bezeichnung	Erklärung
	B 14	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Antriebseite an der Stirnfläche des Schildes, mit freiem Wellenstumpf. Nur für kleinste Maschinen bis $\frac{W}{n} = 0{,}15$

6. Motorgeneratoren

Bild	Bezeichnung	Erklärung
	MG 10	1 Maschine mit 1 Schildlager und 1 Stehlager 1 Maschine mit 2 Schildlagern Kupplung Gemeinsame Grundplatte

4. Maschinen mit senkrechter Welle

Bild	Bezeichnung	Erklärung
	V 8	Mit Schildlager an der Bürstenseite, ohne Schildlager an der Antriebseite, mit freiem Wellenstumpf unten. Anschlußfläche = Gehäusestirnfläche nach der Antriebseite.
	V 9	Mit Schildlager an der Bürstenseite, ohne Schildlager an der Antriebseite, mit freiem Wellenstumpf oben. Anschlußfläche = Gehäusestirnfläche nach der Antriebseite.
	V 10	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Antriebseite, freiem Wellenstumpf unten. Anschlußfläche nach der Antriebseite.
	V 11	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Bürstenseite, freiem Wellenstumpf unten. Anschlußfläche nach der Antriebseite.
	V 12	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Antriebseite, freiem Wellenstumpf unten. Anschlußfläche nach der Bürstenseite.
	V 13	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Bürstenseite, freiem Wellenstumpf unten. Anschlußfläche nach der Bürstenseite.
	V 14	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Antriebseite, freiem Wellenstumpf oben. Anschlußfläche nach der Antriebseite.



Noch nicht endgültig

Elektrische Maschinen

Formen

Elektrotechnik

Ergänzung zu DIN VDE 2950

Bild	Bezeichnung	Erklärung
	V 15	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Bürstenseite, freiem Wellenstumpf oben. Anschlußfläche nach der Antriebseite.
	V 16	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Antriebseite, freiem Wellenstumpf oben. Anschlußfläche nach der Bürstenseite.
	V 17	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Bürstenseite, freiem Wellenstumpf oben. Anschlußfläche nach der Bürstenseite.
	V 18	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Antriebseite an der Stirnfläche des Schildes, freiem Wellenstumpf unten. Nur für kleinste Maschinen bis $\frac{W}{n} = 0{,}15$.
	V 19	Mit 2 Schildlagern, Befestigungsflansch auf der Antriebseite an der Stirnfläche des Schildes, freiem Wellenstumpf oben. Nur für kleinste Maschinen bis $\frac{W}{n} = 0{,}15$.

ders zu kennzeichnen ein Bedürfnis vorlag, neu aufzunehmen.

Außer den nachfolgenden Erweiterungsvorschlägen wird der letzte Satz des Vermerkes über der Tafel auf Blatt 1 des Normblattes DIN VDE 2950, wie folgt, geändert:

„Zusätze wie „mit freiem Wellenstumpf auf der Kommutatorseite", „mit zwei Wellenstümpfen", „mit Riemenscheibe", „mit Spannschienen", „mit Fundamentklötzen", „mit Grundplatte" und „mit Erregermaschine" sind bei Aufgabe der Formen besonders anzugeben."

Einsprüche gegen den vorliegenden Entwurf sind bis zum 1. Dezember 1929 in dreifacher Ausfertigung an die Geschäftsstelle des VDE zu richten.

Kommission für Bahnwesen.

Nachdem für die R. E. M. und die R. E. T. eine Neufassung durch die Jahresversammlung mit Inkraftsetzung zum 1. Januar 1930 angenommen ist, war auch eine Neufassung der

„Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren auf Bahnfahrzeugen R. E. B./1930"

erforderlich.

Da diese Neufassung der R. E. B. nur auf der Grundlage der neuen R. E. M. und R. E. T. aufgestellt werden konnte, hat die Jahresversammlung 1929 den Vorstand bevollmächtigt, nach Bekanntgabe des Entwurfes für die Öffentlichkeit und ordnungsgemäßer Bearbeitung eingegangener Einsprüche die Neufassung der R. E. B./1930 zu verabschieden und ebenfalls mit dem 1. Januar 1930 in Kraft zu setzen.

Die Entwurfsfassung ist in einem Sonderdruck niedergelegt, der den interessierten Kreisen kostenlos von der Geschäftstelle des VDE zur Verfügung gestellt wird.

Einsprüche gegen diesen Entwurf sind bis zum 30. November 1929 in 3-facher Ausfertigung an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Kommission für Benennungen.

Die durch die Unterkommission für Systematik geschaffene

Stoffeinteilung der Elektrotechnik

wurde in der ETZ 1927, S. 409, 515 und 821 den außenstehenden Kreisen als Sonderdruck VDE 387 angekündigt und bei dieser Gelegenheit wurden die außenstehenden Kreise ersucht, ihre Abänderungs- bzw. Ergänzungsvorschläge zu der Stoffeinteilung der Geschäftstelle des VDE einzureichen, da die Stoffeinteilung später als Unterlage für die weitere Ausgestaltung der Brüsseler Dezimalklassifikation der zuständigen Zentrale eingereicht werden sollte.

Der Zeitpunkt für die Weitergabe der Stoffeinteilung an die Zentrale ist jetzt herangekommen, so daß wir als letzte Frist für die Einreichung von Änderungs- bzw. Ergänzungsvorschlägen den 31. Dezember 1929 festlegen.

Wir bitten daher, diesen Zeitpunkt für von Ihnen beabsichtigte Vorschläge unter allen Umständen einzuhalten.

Etwaige Einsendungen erbitten wir in 3-facher Ausfertigung an die Geschäftstelle des VDE.

Bericht über die XXXIV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker am 8. und 9. Juli 1929 im Städtischen Konzerthaus zu Aachen.

1. Verbandsversammlung (Ferntagung)

am

Montag, dem 8. Juli 1929, 9 Uhr vormittags.

Den Vorsitz führt Herr Generaldirektor Dr. Krone, Dortmund.

Vorsitzender: Meine sehr verehrten Damen und Herren! Zum vierunddreißigsten Male haben sich die Mitglieder des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" zu ihrer Jahresversammlung zusammengefunden, um den Bericht über die Tätigkeit des Verbandes im letzten Arbeitsjahr entgegenzunehmen, um die während dieser Zeit vollendeten wichtigen Arbeiten unserer technischen Ausschüsse zu verabschieden, um Vorträge hervorragender Fachleute über zur Zeit besonders interessierende Gebiete der Elektrotechnik und zahlreiche Fachberichte zu hören und dadurch, wie durch die Berührung und den Gedankenaustausch mit so vielen Berufskollegen, das eigene Wissen und Können zu vervollkommnen, den eigenen Blick zu weiten.

Durch die stattliche Anzahl, in der Sie, meine sehr verehrten Damen und Herren, heute hier erschienen sind, beweisen Sie das große lebendige Interesse, das in allen Kreisen unserer vielseitigen Wissenschaft und Technik für den „Verband Deutscher Elektrotechniker" besteht und auch in aller Zukunft unwandelbar bestehen muß; ist doch unser Verband seit nun bald vier Jahrzehnten die allein durch eigene Kraft aufgebaute und in freier Selbstverwaltung arbeitende Spitzenorganisation, die alle Gebiete der gesamten deutschen Elektrotechnik umfaßt, an ihrem Fortschreiten stets den lebhaftesten Anteil nimmt und ihre Entwicklung anregend und richtunggebend beeinflußt.

So heiße ich Sie denn alle, meine Damen und Herren, im Namen unseres Vorstandes herzlich willkommen und begrüße mit besonderer Freude unsere Ehrenmitglieder, die auch heute durch ihr Erscheinen ihre alte Treue zu unserem Verbande bekräftigen.

Wir sind in diesem Jahre mit besonders freudiger Bereitwilligkeit einer Einladung der alten urdeutschen Kaiserstadt Aachen gefolgt, um sie in der schweren Zeit, unter der sie noch immer zu leiden hat, unserer niemals wankenden, unverbrüchlichen Treue zu versichern, und ihr, wie unserem gesamten Vaterlande, herzlichst zu

wünschen, daß die Freiheit und die Wiederkehr besserer Zeiten nicht allzu ferne sein möchten.

In Aachens Mauern, die Karls des Großen ehrwürdiges Münster als gewaltiger Zeuge tausendjähriger Kultur überragt, sind wir von herzlicher Gastfreundschaft empfangen worden. Neben dem trutzigen und doch so wunderbar fein gegliederten Bau des herrlichen Rathauses, der uns noch heute lebendige Kunde gibt von den klugen, tatkräftig aufwärts strebenden und freiheitsliebenden Bürgergeschlechtern dieser Grenzwarte deutscher Art, deutscher Sprache und deutscher Kunst, erhebt sich seit der Wiedererstehung des Deutschen Reiches als kraftvolles Wahrzeichen der neuen Zeit die Technische Hochschule Aachen, die allen technischen Wissenschaften, im besonderen dem für das Land um Aachen so bedeutsamen Bergbau- und Hüttenwesen, aber auch unserer jungen elektrotechnischen Wissenschaft eine erfolgreiche, in aller Welt anerkannte Pflegstätte geworden ist.

Wir danken der Verwaltung der Stadt Aachen, der Technischen Hochschule und unserem hiesigen Bezirksverein, dem „Elektrotechnischen Verein Aachen", an seiner Spitze seinem Vorsitzenden, Herrn Oberpostdirektor Petzel, herzlich für die uns im vorigen Jahre übermittelte freundliche Einladung und für die Mühe und Arbeit, die sie für die sorgsame Vorbereitung unserer Tagung aufgewandt haben. Ich freue mich deshalb besonders, unter unseren verehrten Gästen, als Vertreter der Stadt Aachen, Herrn Oberbürgermeister Dr. Rombach sowie die Herren Bürgermeister Dr. Scheuer und Servais, ferner als Vertreter der Technischen Hochschule Aachen, S. Magnificenz, den Rektor Herrn Prof. Hoff, sowie den Pro-Rektor, Herrn Prof. Dr. Wentzel, und die Herren Professoren Dr. Rogowski, Finzi und andere Herren begrüßen zu dürfen. Dem Rektor und Senat der Technischen Hochschule schulden wir besonderen Dank für die Gastfreundschaft, die unseren Fachberichten heute und morgen nachmittag in den Räumen der Hochschule gewährt wird.

Das Wesen und Wirken des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" nach außen hin, das besonders in seinen für die Allgemeinheit bestimmten Arbeiten, in den von ihm aufgestellten Vorschriften und Richtlinien für Ausführung, Betrieb und Sicherheit elektrotechnischer Anlagen und ihrer Einzelteile zur Geltung kommt, wäre undenkbar, wenn der Verband nicht von seiner Gründung an engsten Kontakt mit allen in Betracht kommenden wissenschaftlichen Stellen, mit den maßgebenden Reichs- und Staatsbehörden, der Reichs-Post und Telegraphenverwaltung und den Reichsbahnen sowie mit der gesamten elektrotechnischen Industrie gehalten hätte und weiter hielte. Auch mit den sonstigen, in ähnlichen Aufgabenkreisen tätigen technisch-wissenschaftlichen Vereinen und wirtschaftlichen Verbänden Deutschlands steht der „Verband Deutscher Elektrotechniker" in freundschaftlicher, verständnisvoller Zusammenarbeit, auf deren Erhaltung wir auch für die Zukunft größten Wert legen. Es bedeutet deshalb eine große Ehre und Freude für uns, daß auch an unserer diesjährigen Tagung in großer Zahl Vertreter der Behörden und hervorragende Fachleute aller dieser Kreise als unsere Mitglieder oder als unsere verehrten Gäste teilnehmen. Leider verbietet mir die Rücksicht auf die Zeit, jeden Einzelnen besonders zu begrüßen. Ihnen allen, meine Herren, gilt unser Dank für Ihr Erscheinen und mein herzlicher Willkommgruß! Nicht minder herzlich begrüße ich die Herren Vertreter der Fach- und Tagespresse, die unseren Aufgaben und Leistungen wie unseren Veranstaltungen stets warmes Interesse entgegenbringt.

Ist somit der „Verband Deutscher Elektrotechniker" auch auf seiner diesjährigen Tagung gewissermaßen die Repräsentation des gesamten elektrotechnischen Deutschlands, so empfinden wir darüber hinaus um so mehr Freude und Stolz über die guten freundschaftlichen Beziehungen, die uns auch mit den Berufskollegen anderer Länder verbinden.

Die Wissenschaft ist frei! Ledig aller Fesseln, an keine Grenzen gebunden, will sie allen Völkern des Erdballes dienen. Kein Land kann und darf sich heute noch gegen die übrige Welt abkapseln, wenn es nicht Gefahr laufen will, in Eigenbrötelei zu erstarren. Wissenschaft und Technik, von einsichtigen Führern geleitet, sind die besten Brücken für das Verständnis der Völker untereinander. Gerade die Elektrotechnik ist in allen ihren Zweigen, im Nachrichtenwesen, in Licht-, Kraft- und Wärme-Übermittlung, zum unentbehrlichen Gemeingut der gesamten Menschheit geworden. In diesem Sinne hat es der „Verband Deutscher Elektrotechniker" von jeher als seine Pflicht angesehen, soweit es ihm möglich war, gute Verbindungen und bereitwilligsten Gedanken- und Erfahrungsaustausch mit hervorragenden elektrotechnischen Fachleuten und Körperschaften des Auslandes zu halten. Unter bewährter Führung unseres allseits hochgeschätzten Ehrenmitgliedes, des Herrn Geheimrat Prof. Dr. Strecker, nimmt z. B. unser Verband mit seinem Generalsekretär und mit den Besten seiner wissenschaftlich tätigen Mitglieder lebhaften Anteil an den Arbeiten der „Internationalen Elektrotechnischen Kommission", der sogenannten „IEC", der die wichtige Aufgabe obliegt, die Entwicklung und die Fortschritte der elektrotechnischen Wissenschaft auf der ganzen Welt so zu beeinflussen und zu regeln, daß kein Durcheinander, kein Gegeneinander, sondern allmählich eine Weltnormierung entsteht.

Unsererseits verdient dabei anerkannt zu werden, daß bei dieser Zusammenarbeit, die in ähnlicher Weise wie die 1930 in Berlin tagende „Weltkraftkonferenz" ein wirkungsvolles Instrument der Völkerversöhnung geworden ist, der deutschen Wissenschaft, der deutschen Elektrotechnik wieder die Stellung eingeräumt worden ist, die wir nach unserer Geschichte, unserer Entwicklung und unseren Erfolgen glauben beanspruchen zu müssen. Dabei werden wir selbstverständlich auch die von anderen Nationen geleistete Arbeit und ihre Fortschritte stets neidlos anerkennen und dankbar sein, wenn sie uns und unseren Leistungen Interesse und gerechte Beurteilung schenken. So sind wir stets auf das angenehmste berührt, wenn wir auf unseren Jahresversammlungen Vertreter des befreundeten Auslandes begrüßen können, wie ich mich heute besonders freue, außer unseren Volksgenossen aus Österreich Vertreter Hollands, Ungarns und der Schweiz sowie Teilnehmer aus Amerika, der Tschechoslowakei, Belgien, Dänemark, Italien und Luxemburg herzlich bei uns willkommen heißen zu dürfen.

Aber, meine sehr verehrten Damen und Herren, der Kreis, der sich zu unserer heutigen Tagung zusammengefunden hat, ist diesmal viel größer, als er sich unseren Augen in diesem Saale darbietet. Unser Ohr reicht dank der erstaunlichen Fortschritte, die in den letzten Jahren das Fernsprechwesen zu verzeichnen hat, heute viel weiter.

Einer dankenswerten Anregung und den persönlichen Bemühungen meines Herrn Vorgängers im Vorsitz unseres Verbandes, unseres hochverehrten Herrn Ministerialdirektors, Geheimrat Dr. Craemer, der sich in liebenswürdigster Weise bereitgefunden hat, uns heute einen Vortrag über den „Weltfernsprechverkehr und dessen Entwicklung und Bedeutung für Wirtschaft und Kultur" zu halten, ist es unter freundlicher Beihilfe der Reichstelegraphenverwaltung und der Siemens & Halske A. G. gelungen, die Jahresversammlung des „Verbandes Deutscher Elektroniker" in Aachen zu einer Ferntagung zu erweitern, an welcher zu gleicher Stunde und in gleichen Mitgliederversammlungen drei unserer besten und seit Jahrzehnten bewährten ausländischen Freunde,

das „Königlich holländische Ingenieur-Institut, Abteilung für Elektrotechnik", im Haag,
der „Österreichische Elektrotechnische Verein" in Wien und
der „Ungarische Elektrotechnische Verein" in Budapest

teilnehmen.

Unsere Freunde in Holland, Österreich und Ungarn sind also heute unter uns, sie sitzen im Geiste neben Ihnen, meine Damen und Herren; sie hören uns durch die telephonischen Kabelübertragungen, die zwischen Aachen, dem Haag, Wien und Budapest hergestellt sind; wir werden sie hören, und ein gemeinsames Band des freundschaftlichen Verstehens, der Zusammengehörigkeit in der Liebe zu unserer elektrotechnischen Wissenschaft, die alle Fernen überwindet, umspannt uns in diesem Augenblick in wahrer menschlicher Brüderlichkeit.

Meine sehr verehrten Damen und Herren im schönen Budapest, im lieben alten Wien, im nachbarlich befreundeten Haag, ich begrüße Sie im Namen des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" und seiner heute in Aachen versammelten Mitglieder herzlichst und danke Ihnen, insbesondere auch den Fernsprechverwaltungen Ihrer Länder, daß Sie unserer Anregung so bereitwillig und freundlich gefolgt sind und heute mit uns vereint der Welt dieses bedeutsame Beispiel menschheitsverbindenden, menschheitsbeglückenden Fortschrittes geben.

Meine Damen und Herren! Eine „Ferntagung" stellt naturgemäß an das Zeitprogramm besonders präzise Anforderungen; darum muß ich mich mit dem, was ich Ihnen noch zu sagen habe, möglichst kurz fassen.

Über die Arbeiten des Verbandes und seine Entwicklung im vergangenen Jahr wird Ihnen im weiteren Verlaufe der heutigen Sitzung, soweit es die Zeit zuläßt, unser Generalsekretär, Herr Direktor Schirp, mündlich berichten. Der ausführliche gedruckte Bericht unserer Ge-

schäftstelle liegt Ihnen vor, und Sie finden ihn auch in unserem Verbandsorgan, der „Elektrotechnischen Zeitschrift", von der ich bei dieser Gelegenheit nur kurz erwähnen möchte, daß sie zusammen mit dem „Archiv für Elektrotechnik" seit dem 1. Januar 1929 aus dem Besitz der Verlagsfirma Springer, Berlin, in das Eigentum des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" und des „Elektrotechnischen Vereins" (Berlin) übergegangen ist. Verlag und Schriftleitung beider Zeitschriften werden von einer neugegründeten Gesellschaft, der „ETZ-Verlag, G. m. b. H.", Berlin, weitergeführt, deren Geschäftsanteile zu ¾ der Verband, zu ¼ der „Elektrotechnische Verein" (Berlin) übernommen haben. Die Geschäftsführung dieser Gesellschaft liegt in den Händen der Generalsekretäre beider Korporationen. Eine endgültige Einigung zwischen Verband und Verein über das Eigentumsverhältnis an beiden Zeitschriften steht noch aus. Man darf aber hoffen, daß eine unter Berücksichtigung der Rechtslage sowie der historischen Entwicklung beiderseits tragbare Verständigung bald zustande kommen wird. Vorstand und Ausschuß des Verbandes sowie der Vorstand des E.V. (Berlin) beschäftigen sich mit der Lösung dieser Frage angelegentlichst.

Nun ist es in unserem Verbande üblich geworden, daß der Vorsitzende zu Beginn der Jahresversammlung einen Bericht über die Leistungen und Fortschritte der Elektrotechnik im abgelaufenen Jahr sowie über die wirtschaftliche Lage und die weiteren Aussichten der elektrotechnischen Industrie Deutschlands erstattet.

Aber meine Damen und Herren, angesichts des heutigen Umfanges und der immer mehr zunehmenden Vielseitigkeit unserer Wissenschaft und Technik muß ich mir auch in diesem Punkte, im Hinblick auf die zur Verfügung stehende Zeit, versagen, so ausführlich zu sein, wie es dem vorliegenden, interessanten Material entsprechen würde. — Ich muß mich darauf beschränken, nur das Allerwichtigste kurz hervorzuheben. Den historischen Akten des Verbandes konnte über die Fortschritte auf allen Gebieten der Elektrophysik und der Elektrotechnik, wie in früheren Jahren, so auch für 1928 eine sehr umfassende Zusammenstellung des Herrn Prof. Dr. Windel, Berlin, einverleibt werden, für die ich auch an dieser Stelle Herrn Windel herzlichsten Dank sagen möchte.

Meine Damen und Herren! Wissenschaft und Technik der Erzeugung elektrischer Energie und ihrer vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten haben in Deutschland auch im vergangenen Berichtsjahre erfreulicherweise keinen Stillstand gezeigt.

Zahlreiche physikalische Forschungsarbeiten konnten weiter durchgeführt werden und belohnten die intensive Arbeit unserer Gelehrten mit hochinteressanten Ergebnissen.

Ich erwähne die schon in meinem vorjährigen Bericht genannten Versuche von Lange, Brasch und Urban (vom physikalischen Institut der Universität Berlin) am Monte Generoso zwecks Verwertung der atmosphärischen Elektrizität; die Versuche von Rother über den Elektronenaustritt aus Metallen unter Einwirkung hoher elektrischer Felder; die Durchführung der Elektronenbeugung an Kristalloberflächen, die Rupp gelang und ein Hilfsmittel bei Untersuchung des Aufbaues von Werkstoffen zu werden verspricht; die Untersuchungen von Schulze über die Magnetostriktion verschiedener Eisenlegierungen; Untersuchungen von Kußmann und Scharnow, die zeigten, daß im allgemeinen kein direkter Zusammenhang zwischen der Koerzitivkraft und der mechanischen Härte bei Legierungen vorhanden ist, wie dergleichen beim gehärteten Stahl geläufig ist; sowie neuere Versuche über die Ausbreitung sehr kurzer elektrischer Wellen (unter 10 m), die zwischen Flugzeugen und Bodenstationen, wie auch von höheren Berggipfeln, z. B. vom Brocken aus, vorgenommen wurden.

In der Fernmeldetechnik wurde für den Fernverkehr die Tonfrequenzwahl bereits soweit eingeführt, daß z. B. das Berliner Fernamt die Teilnehmer in Mannheim direkt wählt.

Die Betriebserfahrungen am bisherigen Fernkabelnetz haben zu dem Vorschlag einer neuen Pupinisierungsart der Fernkabel geführt, deren wesentliche Merkmale in einem einheitlichen Übertragungsbereich von 300 ... 2400 Hz für alle Leitungsarten sowie in der Anwendung der Phasenentzerrung bei großen Entfernungen, bis zu 10 000 km, bestehen. Das erste Kabel dieser Art ist zwischen Hannover und Minden fertiggestellt.

Das neue Nachrichtenmittel der Bildtelegraphie nach dem System Siemens-Telefunken-Karolus ist im öffentlichen Verkehr auf den Linien

Berlin—Wien,
Berlin—Frankfurt a. M.,
Berlin—Stockholm und
Berlin—Kopenhagen.

Auch die deutsche, englische, französische und japanische Presse verwenden für ihren Bilder-Nachrichtendienst Siemens-Bildtelegraphen mit zur Zeit 18 Stationen.

Die wärmetechnische Betriebsüberwachung hat im Berichtsjahr, besonders in neuzeitlichen Kraftwerken, weitere Fortschritte gemacht.

Auch für die mit der Gasfernversorgung verbundene Aufgabe, eine Reihe von Meßwerten über den Zustand des Gases auf große Entfernungen zur Anzeige zu bringen, wurden in ähnlicher Weise, wie bei der Fernmessung in Kabelnetzen, elektrische Lösungen gefunden.

In der Funktechnik treten die langen Wellen in ihrer Bedeutung für den Übersee-Funkverkehr immer stärker in den Hintergrund. Der transozeanische Telegraphierbetrieb wird sich immer mehr auf die kurzen Wellen umstellen. Die im Vorjahre erwähnten Vorbereitungen für Kurzwellentelephonie zwischen Europa und Südamerika sind beendet. Die Linien Berlin—Buenos Aires und Paris—Buenos Aires sind dem Verkehr übergeben.

Auf dem Gebiete der technischen Navigation schreitet die Einführung des Rahmenfunkpeilers günstig fort; ein automatisch arbeitender Empfänger für Seenotruf dürfte bald in größerem Umfange zur Anwendung kommen.

Für den Rundfunk wurde der Bau von Netzanschlußempfängern durch die Entwicklung wechselstromgeheizter Röhren sehr gefördert.

Auch der „Fernseher" bietet heute Aussicht auf allgemeinere Verbreitung. Auf der großen Funkausstellung im Herbst 1928 in Berlin wurden verschiedene Modelle von Prof. Karolus und von Mihály vorgeführt.

An der Entwicklung und Einführung des Tonfilmes wurde im verflossenen Jahre besonders eifrig gearbeitet.

Auf dem Gebiete des Eisenbahnsicherungswesens kommt die elektrische Übertragung von Befehlen auf die fahrenden Züge für den Personenverkehr immer mehr zur Anwendung. Es handelt sich dabei im wesentlichen darum, die Beachtung der Haltesignale durch den Lokomotivführer zu erzwingen. Diese sogenannten Zugbeeinflusungs-Einrichtungen, durch die bei Nichtbeachtung der Signale eine selbsttätige Bremsung der Züge herbeigeführt wird, sind schon auf etwa 3000 km der Reichsbahn-Gesellschaft im Probebetrieb.

Auch auf dem Gebiete des Starkstromes stand im abgelaufenen Geschäftsjahr die Technik nicht still.

Im Kraftwerkbau ist man für Dampfbetrieb in der Anwendung des Hochdruckes noch etwas zurückhaltend.

Im Vordergrund des Interesses steht bei uns in Deutschland zur Zeit der Übergang zum Großkessel. Eng verbunden hiermit, wie mit den Fragen des Hochdrucks, ist die Wahl der Feuerungsart. Die Staubfeuerung steht heute mit dem Unterschubrost verschiedener Ausgestaltung in scharfem Wettbewerb. Für das neu zu erbauende Westwerk der Bewag wurde z. B. die Unterschubfeuerung gewählt.

Im Kraftwerkbetrieb spielt nach wie vor die Spitzendeckung eine große Rolle. Neben der Wirtschaftlichkeit wird möglichste Augenblicksbereitschaft und unbedingte Sicherheit verlangt. Die Möglichkeit der Verbindung beider Richtlinien durch geschickte Maßnahmen haben unter anderem die praktischen Ausführungen der Diesel-Motorenanlage der „Hamburger Elektrizitätswerke" sowie des „Märkischen Elektrizitätswerkes" bewiesen.

Den markantesten Ausdruck finden diese Bestrebungen in Deutschland augenblicklich in einer Reihe großer Ruths-Speicheranlagen.

Wo günstige Bodenverhältnisse für Wasserspeicherung vorliegen, bevorzugt man für die Spitzendeckung Wasserspeicheranlagen mit Pumpwerken.

Im Maschinenbau ist man bei Drehstromgeneratoren mit 3000 U/min auf Leistungen bis zu 64 000 kVA gekommen.

Für chemische Werke sind Gleichstrom-Wasserturbinen-Generatoren bis 7000 kV Nennleistung geliefert.

Einankerumformer wurden bis zu 5000 kW gebaut.

Die Gleichrichter haben, bei 800 V, Stromstärken bis 6400 A erreicht. Die von mir im vorigen Jahr erwähnten Maßnahmen zur Beseitigung der Rückzündungen haben sich als zweckmäßig erwiesen. Die Gleichstromversorgung der Berliner Stadt- und Ringbahn durch Gleichrichter hat sich bis jetzt gut bewährt.

Für den Kurzschluß-Läufermotor haben fast alle Firmen Käfigwicklungen neuerer Bauart in verschiedenen Ausführungsformen, fußend auf dem Grundprinzip des Boucherot-Ankers, herausgebracht. Eine Weiterentwicklung der Anwendung des in Deutschland noch immer etwas stiefmütterlich behandelten Kurzschluß-Ankermotors wäre wünschenswert.

Die Arbeiten für die Einführung der elektrischen Zugförderung auf den Strecken der Deutschen Reichsbahn wurden planmäßig gefördert. Zwischen Halle und Leipzig wurde ein Schnellverkehr mit Wechselstrom-Triebwagen für eine Geschwindigkeit von 100 km/h eingeführt.

Die Umstellung der Berliner Stadt- und Vorortbahnen in dem zunächst geplanten Umfang ist nahezu vollendet, so daß dort in Kürze nur noch elektrische Züge verkehren werden. Der elektrische Betrieb entspricht durchaus den gehegten Erwartungen.

In jüngster Zeit hat sich die Elektrofilterung zur Entstaubung und Entnebelung von Gasen und Gasgemischen mittels hochgespannten pulsierenden Gleichstromes, besonders in chemischen Fabriken und in der Eisenindustrie, entwickelt. In den Dampfkraftwerken bedient man sich des Elektrofilters für die Flugascheentfernung aus den Rauchgasen, besonders bei Staubkohlenfeuerungen sowie in den Aufbereitungsanlagen der Kohle. Die Vorteile des Elektrofilters sind geringer Energiebedarf, Staubabscheidung in trockener Form und die Möglichkeit der Filterung heißer Gase.

Mehrere Fracht- und Passagiermotorschiffe für deutsche Reedereien wurden mit elektrischem Propellerantrieb ausgerüstet. Als Primärmaschinen dienen auf diesen Schiffen meist Dieselmotoren in direkter Kupplung mit Gleichstromgeneratoren. Der Antrieb der Propeller erfolgt durch Gleichstrommotoren, die mit dem Steuergenerator in Leonardschaltung verbunden sind.

Mit Erfolg wird planmäßig daran gearbeitet, Überspannungs- und sonstige Störungserscheinungen genau zu erforschen, um Richtlinien für die Weiterentwicklung des Überspannungsschutzes zu gewinnen. Die laboratoriumsmäßige Prüfung verschiedener Überspannungschutz-Einrichtungen mittels des Kathodenstrahl-Oszillographen ist fortgesetzt worden, wie Sie heute nachmittag durch den Vortrag des Herrn Prof. Dr. Rogowski hören werden.

Durch die weiter fortschreitende Verbindung der einzelnen Großkraftwerke untereinander und durch die im Zusammenhang damit erfolgte Gründung der „Aktiengesellschaft für deutsche Elektrizitätswirtschaft, Berlin", wird der Ausbau eines einheitlichen Höchstspannungsnetzes für ganz Deutschland mit 110 und 220 kV Übertragungsspannung immer mehr zur Tatsache. In den Vorträgen, die uns die Herren Generaldirektor Dr. Frank, Prof. Dr. Rüdenberg und Dr. Piloty für morgen vormittag gütigst zugesagt haben, werden Sie, meine Damen und Herren, darüber allerlei Interessantes hören.

In der Starkstrom-Kabeltechnik konnte durch Einführung der ölgefüllten Hochspannungskabel ein beachtenswerter Fortschritt erzielt werden. In Nürnberg wurden die ersten Kabel dieser Art für 100 kV Betriebsspannung auf einer Strecke von 9,6 km in Betrieb genommen.

Die Bestrebungen, große Leistungen durch Schaltapparate, die als Löschmittel kein Öl besitzen, abzuschalten, sind auch im Berichtsjahr von verschiedenen Seiten weiterverfolgt worden. Nach Vorschlägen von Prof. Ruppel, Frankfurt, scheint es gelungen zu sein, einen Druckluftschalter zu entwickeln, der unter Rücksichtnahme auf alle den Schaltvorgang beeinflussenden Bedingungen große Leistungen bis zu 500 000 kVA gefahrlos abzuschalten gestattet.

In landwirtschaftlichen Betrieben macht sich eine Zunahme der elektrisch angetriebenen Melkmaschinen bemerkbar, deren Anzahl zur Zeit in Deutschland schon auf etwa 10 000 geschätzt wird. Auch für Milchzentrifugen wird immer mehr und mehr der elektrische Betrieb bevorzugt.

Durch die aufschlußreichen Arbeiten des „Milchforschungsinstituts in Kiel" in Verbindung mit der „Vereinigung der Elektrizitätswerke" nimmt allgemein der elektrische Betrieb in Molkereien ständig zu; er ist wesentlich hygienischer als der Dampfmaschinenantrieb. Wie in den Städten findet man heute auch im ländlichen Haushalt Heiz- und Kochapparate sowie Heißwasserspeicher und besonders Futterdämpfer zu Tausenden in Anwendung.

Ebenso wird der elektrische Strom mit gutem Erfolg zur Erwärmung von Frühbeeten und Treibhäusern benutzt, die in diesem kalten Winter ihre Probe bestehen konnten.

Auch die elektrische Beheizung von Brutapparaten macht neuerdings gute Fortschritte. Wir finden heute in Deutschland schon Brutapparate mit einem Fassungsraum bis zu 20 000 Eiern.

Wenn trotz aller Anstrengungen der Wissenschaft, der elektrotechnischen Industrie und der Elektrizitätswerke und trotz der zum Teil recht guten Erfolge der Landwirt noch immer kein besonders großer Abnehmer elektrischer Erzeugnisse und elektrischer Arbeit geworden ist, so liegt dies in der Hauptsache an der schlechten Finanzlage der Landwirtschaft, die ja bekanntlich in Deutschland ganz besonders stark hervortritt.

Die Entwicklung und Anwendung der Elektrowärme ist von Wissenschaft, Technik und Praxis auch im vergangenen Jahre stark gefördert worden. Das von Prof. Dr. Dettmar an der Technischen Hochschule in Hannover gegründete und vom preußischen Staat, von der Industrie, vom „Verband Deutscher Elektrotechniker" und von anderen Organisationen unterstützte „Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik" konnte seine erste Arbeit „Über die Einzelverluste und den Wirkungsgrad direkt beheizter elektrischer Kochgeräte" herausgeben.

Die Elektroheizung erobert sich allmählich auch in industriellen Anlagen ein immer umfangreicheres Anwendungsgebiet. Für den Bergbau wurde ein schlagwettersicherer Kabelmassekocher entwickelt. Die Verwendung von Elektroöfen zur Herstellung von Edelstahl nimmt zu; Öfen für ein Fassungsvermögen bis zu 8 t wurden dem Betrieb übergeben. Hochfrequenzschmelzöfen versprechen ein interessantes Anwendungsgebiet zu werden.

Durch rationelle Herstellung war es der Industrie möglich, vollwertige elektrische Heizgeräte und sonstige Haushaltapparate in großen Mengen zu billigen Preisen auf den Markt zu bringen.

Die öffentlichen Elektrizitätswerke leisteten diesen Fortschritten durch Verbilligung und Vereinfachung ihrer Tarife wesentlichen Vorschub. Es erscheint notwendig, auch einmal an dieser Stelle auszusprechen, daß die oft in Laienkreisen, aber zum Teil auch von prominenten Vertretern der elektrotechnischen Industrie erhobene und besonders auch in der Tagespresse immer wieder auftretende Kritik an der Preispolitik der Elektrizitätswirtschaft in hohem Maße unzutreffend und ungerecht ist. Die öffentliche Elektrizitätserzeugung und -verteilung ist so ziemlich die einzige Industrie in Deutschland, die ihre Verkaufspreise auf der Vorkriegshöhe gehalten, ja vielfach schon wesentlich heruntergesenkt hat und andauernd bemüht ist, ihre Tarife noch weiter zu ermäßigen, obgleich doch alle ihre Ausgaben, sowohl in den Anlagekosten als auch für den Betrieb, mindestens so wie für andere Industriearten gestiegen sind und weiter steigen, und der von Jahr zu Jahr wachsende Kapitaldienst sich gerade in den Elektrizitätswerken immer drückender geltend macht.

Die Organisationen der Elektrizitätswirtschaft in Deutschland, besonders die „Vereinigung der Elektrizitätswerke", der „Elektrobund" und die „Interessengemeinschaft kommunaler Elektrizitätswerke" unterstützen ihre Mitgliederwerke bei ihren für die Allgemeinheit so vorteilhaften Bestrebungen in jeder möglichen Weise. Darüber hinaus fördern die meisten Elektrizitätswerksverwaltungen, in Verbindung mit den ebenfalls sehr tätigen Kreisen der Elektroindustrie, des Elektrogroßhandels und der Installationsfirmen, die richtige Anwendung und Ausnutzung elektrischer Gebrauchsgegenstände und Einrichtungen in ihren Versorgungsgebieten durch zeitgemäße Propaganda und Aufklärung in Vorträgen und praktischen Vorführungen, durch kostspielige Ausstellungen, Wanderschauen, durch Werbewagen usw. sowie durch Überlassung der Geräte zu erleichterten Zahlungsbedingungen, was na-

turgemäß wiederum eine recht erhebliche finanzielle Anspannung für die Elektrizitätswerke bedeutet.

Dafür verlangt die Elektrizitätswirtschaft nur, in Übereinstimmung und Zusammenarbeit mit dem „Verband Deutscher Elektrotechniker", daß die anzuschließenden elektrischen Geräte selbstverständlich solide und gebrauchsfähig sein und den Sicherheitsanforderungen entsprechen müssen, was dadurch gewährleistet wird, daß die Fabrikate durch die von unserem Verbande eingerichtete Prüfstelle untersucht und im Bewährungsfalle mit dem bekannten VDE-Zeichen gestempelt werden.

Alle diese Bestrebungen und Maßnahmen sollten von der Öffentlichkeit dankbar anerkannt werden, denn sie dienen in erster Linie dem Interesse der Allgemeinheit.

Ob es der Elektrizitätswirtschaft auf die Dauer möglich sein wird, ihren „Dienst am Volke" in dieser großzügigen und entgegenkommenden Weise fortzusetzen, wird angesichts ihrer von Jahr zu Jahr drückender werdenden Finanzlasten kein Fachmann garantieren können. Ich, für meine Person, bin eher vom Gegenteil überzeugt.

Wenn wir nun — zum Schluß — noch einen Blick auf die wirtschaftliche Lage der elektrotechnischen Industrie Deutschlands werfen wollen, so müssen wir feststellen, daß die abflauende Konjunktur, die sich allgemein im deutschen Wirtschaftsleben seit der Jahreswende 1927/28 bemerkbar machte, auch auf den Geschäftsgang der elektrotechnischen Industrie eingewirkt hat, wenn auch teilweise etwas später als in anderen Industriezweigen. Im allgemeinen war im Jahre 1928 die Beschäftigung noch befriedigend. Im laufenden Kalenderjahr aber hat die allgemeine Verschlechterung der wirtschaftlichen Verhältnisse weite Kreise und Fabrikationszweige der Elektrotechnik recht fühlbar erfaßt.

Die Gründe für diese rückläufige Bewegung sind ja bekannt:

Im Inland: Kapitalmangel, bei der Industrie selbst wie bei ihren Auftraggebern, zu hohe Belastung durch Steuern und soziale Aufwendungen, Erhöhung der Arbeitslöhne und dementsprechend der Werkstoffpreise, durch verschärften Konkurrenzkampf beeinträchtigte Verkaufspreise und Gewährung langer Zahlungsziele, dadurch steigende Zinsenlasten für die geliehenen Betriebskapitalien usw.

Im Ausland: Keine Möglichkeit, einen Ausgleich für das Nachlassen des Inlandbedarfs herbeizuführen. Zwar hat sich der deutsche Export elektrotechnischer Erzeugnisse mengenmäßig gehoben: er betrug 1928 mehr als 536 Mill RM, fast 22 % mehr als im Vorjahr. Aber die Auslandsaufträge konnten zu einem großen Teil nur unter erheblichen Opfern an Preisen und Zahlungsbedingungen erzielt werden und wurden vielfach nur hereingenommen, um sich nicht vom Weltmarkt verdrängen zu lassen und um der Belegschaft Beschäftigungsmöglichkeit zu erhalten. Den hohen Zollschranken des Auslandes gesellt sich für die deutsche Industrie die Unmöglichkeit, der Kundschaft so langfristige Kredite zu gewähren, wie es die Konkurrenz aus kapitalkräftigen Ländern, z. B. den V. S. Amerika, vermag. Auch der Einfluß ausländischer Finanzgruppen zugunsten der ausländischen Industrie macht sich in steigendem Maße geltend, wie denn allgemein der Wettbewerb des Auslandes auf dem Weltmarkt für die deutsche Elektrotechnik von Jahr zu Jahr fühlbarer wird, sogar in Deutschland selbst, da die deutschen Zölle keinen ausreichenden Schutz mehr gewähren. Die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse nach Deutschland betrug im abgelaufenen Jahr mehr als 48 Mill RM; sie hat sich in den beiden letzten Jahren mehr als verdoppelt.

Der Abschwächung des Geschäftsganges suchte die deutsche Elektroindustrie durch möglichste Vervollkommnung und Verbilligung ihrer Herstellungsmethoden, durch Verbesserung ihrer Betriebseinrichtungen und Erhöhung ihrer Nutzleistung sowie durch zweckmäßigere Ausgestaltung ihrer Erzeugnisse entgegenzuwirken. Die Möglichkeit der Verbilligung durch die teilweise schon zum wirtschaftspolitischen Schlagwort gewordene „Rationalisierung", die doch nur in beschränktem Umfange für Serienfabrikation in Betracht kommt, sollte man nicht überschätzen.

Zur Zeit ist das Gesamtbild der elektrotechnischen Industrie Deutschlands noch nicht so, daß unmittelbarer Anlaß zu Besorgnissen bestände. Auf Einzelheiten, so interessant sie auch zum Teil sind, kann ich leider diese wirtschaftlichen Betrachtungen aus Mangel an Zeit nicht ausdehnen. Wie sich die Zukunft gestalten wird, vermag unter den obwaltenden Umständen kein Prophet zu weissagen. Es liegt auf der Hand, daß sie in hohem Maße von der zukünftigen Lage des allgemeinen deutschen Wirtschaftslebens abhängig sein wird. Deutschlands Schicksal wird naturgemäß auch das Wohl oder Wehe unserer Elektroindustrie sein.

Wir wollen aber die Hoffnung nicht aufgeben, daß es den Anstrengungen aller guten, ihr Vaterland liebenden Deutschen doch allmählich gelingen möge, sowohl auf politischem wie auf wirtschaftlichem Gebiete unser durch die gewaltigen Stürme des letzten Jahrzehnts arg havariertes Lebenschifflein flott zu erhalten und bald wieder in ein freies, ruhiges Fahrwasser zu bugsieren. Dann braucht uns auch um die Zukunft der deutschen Elektroindustrie nicht bange zu sein. Im friedlichen und freundschaftlichen Wettstreit mit allen Völkern des Erdballes wird sie sich dann wissenschaftlich und technisch weiter entwickeln und mit den Erzeugnissen ihres Geistes und ihrer fleißigen Hände Arbeit dem Wohl, dem Aufwärtsstreben der ganzen Menschheit dienen können.

In diesem Sinne möchte ich dem Wunsche Ausdruck geben, daß auch die diesjährige Tagung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" einen Schritt vorwärts auf dem mühsamen Wege bedeuten möge, den wir Deutsche zu gehen haben. Ich hoffe, daß unsere Verhandlungen, von Einigkeit, Sachlichkeit und freundschaftlichem Interesse auch in dem uns befreundeten Auslande getragen, einen guten und Sie alle, meine Damen und Herren, befriedigenden Verlauf nehmen und wertvolle Arbeit für die deutsche Elektrotechnik zeitigen mögen.

Das Wort erteile ich nunmehr dem Oberbürgermeister der Stadt Aachen, Herrn Dr. Rombach.

Rombach, Aachen: Die tausendjährige Stadt Karls des Großen entbietet Ihnen durch meinen Mund herzlichen Gruß und Dank! Wir grüßen Sie als die Vertreter der Welteroberin Technik und freuen uns, daß Sie uns heute Gelegenheit geben, in unseren Mauern dem Wunder der Aufhebung aller Entfernungen beizuwohnen und mitzuerleben, wie der Raum von Haag bis Budapest in ein Nichts zusammenschrumpft. Die erdumspannende Macht des elektrischen Funkens rückt Aachen heute in den Mittelpunkt der Beachtung aller technisch Interessierten, und wohl keiner möchte oder könnte sich aus diesem Kreise ausschließen in unserm Jahrhundert der Technik.

Dafür aber, daß Sie unsere Stadt zu dieser Ferntagung gewählt haben, spreche ich Ihnen den Dank der Verwaltung und der ganzen Bürgerschaft aus. Aachen, die einstige Hauptstadt des ersten germanischen Weltreichs, die Krönungsstätte der deutschen Herrscher bis tief in das 16. Jahrhundert hinein, das Weltbad der Feudalzeit, hat sich von jeher auch als Hort der Wissenschaften eines hohen Rufes erfreut. Schon der große Ahnherr dieser Stadt umgab sich hier mit den gelehrtesten Männern seines Reiches und erhob den Ort der heißen Quellen zu einer der ersten Kulturstätten in deutschen Gauen. Zu eng bemessen ist die Zeit, als daß ich auch nur in flüchtiger Skizze die Entwicklung dieser Kultur im „Rom diesseits der Alpen", wie man Aachen rühmend nannte, nachzuzeichnen vermöchte. Heute ist Aachen Sitz der einzigen Technischen Hochschule in Rheinland und Westfalen, und es ist stolz auf diesen Besitz. Wir wissen, was die Hochschule uns, und ahnen auch, was sie Ihnen bedeutet: ein Kraftzentrum, von dem aus immer neue Wellen geistiger Energie hinausstrahlen in die Welt diesseits und jenseits der politischen Grenzpfähle. Wir Grenzmärker halten es für eine besonders glückliche Fügung, daß wir gerade hier, im Schützengraben des Deutschtums, ein solches Kraftzentrum aufzuweisen haben. Wir haben es brauchen können; das weiß jeder, der auch nur die letzten zehn Jahre rheinischer Geschichte kennt: wir werden es auch in Zukunft brauchen, wenn es gilt, den Weg der internationalen Verständigung mit Hilfe von Wirtschaft und Technik zu bahnen, mit Hilfe nicht zuletzt der ausländischen jungen Leute, die hier die wissenschaftliche Grundlage finden für ihren zukünftigen Lebensberuf.

In den letzten zehn Jahren hatte die Westmark und hatte vor allem auch das Aachener Randgebiet politisch und wirtschaftlich Schwerstes zu tragen. Wenn wir auch glauben und hoffen, daß der vielgenannte Silberstreifen endlich am Horizont unserer engeren Heimat aufzudämmern beginnt, — wir sind dankbar für jede Freundeshand, die sich uns zur Mitarbeit am Wiederaufbau entgegenstreckt. Als die Hergabe einer solchen Freundeshand empfinden wie Ihren Besuch. Wir schlagen ein in diese Hand und schütteln sie mit kräftigem Druck, eins mit Ihnen in der tiefen Überzeugung, daß da, wo der Deutsche zum Deutschen hält, die Zeit der Not und die



Not der Zeit nicht ewig dauern können. In diesem Geiste heißt Aachen Sie willkommen und wünscht Ihrer Arbeit vollen Erfolg.

Möge die Erinnerung an diese Tagung so angenehm sein und bleiben, daß Sie alle gern wieder einmal in die alte Kur- und Kaiserstadt zurückkehren, und möge sie alsdann wieder eine freie Stadt sein, die Ihr Kommen begrüßt.

Vorsitzender: Das Wort erteile ich dem Vertreter der Reichs-, Staats- und sonstigen Behörden, Herrn Ministerialdirektor Dr. Staudinger.

Staudinger, Berlin: Namens der Reichsregierung und der Preußischen Staatsregierung begrüße ich die Jahresversammlung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker". Es ist mir eine ganz besondere Freude, an dieser Versammlung teilzunehmen, zu der die führenden Männer der elektrotechnischen Industrie und der Elektrizitätsversorgung zu einem Meinungsaustausch zusammengekommen sind. Die Elektrizitätswirtschaft gehört zu denjenigen Wirtschaftzweigen, die ein Musterbeispiel der durch Krieg und wirtschaftliche Bedrängnisse ungebrochenen deutschen Schaffenskraft geben. Gewaltig sind die in der Elektroindustrie in den letzten Jahren erzielten Leistungen, die auch überall im Ausland die höchste Anerkennung finden. Die im nächsten Jahre in Berlin stattfindende Weltkraftkonferenz ist dazu berufen, von dem Stande der Kraftwirtschaft überhaupt und der Stellung, die die deutsche Elektrowirtschaft darin einnimmt, ein umfassendes Bild zu geben.

Nur durch die Zusammenarbeit zwischen der elektrotechnischen Industrie und den Versorgungsunternehmungen sowie den Versorgungsunternehmungen untereinander war es möglich, die zum Wohl der gesamten Wirtschaft so notwendigen Fortschritte in der Elektrizitätswirtschaft herbeizuführen. Es gibt wohl kaum eine andere Industrie, in der die Vorteile einer rationellen Zusammenfassung so offenbar und unbestreitbar sind wie hier.

Die heutige Versammlung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" findet zu einem Zeitpunkt statt, den ich, ohne daß ich glaube, mich damit einer Übertreibung schuldig zu machen, als einen historischen Moment in der Geschichte der Elektrizitätsversorgung bezeichnen möchte: Der Zusammenschluß der deutschen Großerzeugungs- und Verteilungsunternehmungen ist vollzogen, nachdem auch die großen westdeutschen Unternehmungen ihren Beitritt in die Aktiengesellschaft für Deutsche Elektrizitätswirtschaft angemeldet haben. Damit ist die Organisation vollendet, die eine wirklich umfassende Rationalisierung der Großerzeugung und Großverteilung im gesamten deutschen Wirtschaftsgebiet ermöglicht.

Die Tagesordnung Ihrer morgigen Sitzung ist diesem Problem des Zusammenschlusses der großen Netze gewidmet. Ich möchte meinerseits nur darauf hinweisen, daß der erfolgte Zusammenschluß der Großerzeuger mir auch dadurch ausgezeichnet erscheint, daß er aus volkswirtschaftlicher Erkenntnis im Wege freier Vereinbarung zustande gekommen ist. Auf dieser Grundlage erhofft die Staatsregierung eine fruchtbare Arbeit, so daß der viel erörterte Weg einer gesetzlichen Regelung auf diesem Gebiete endgültig entbehrlich geworden ist. Der „Verband Deutscher Elektrotechniker" hat sich ein großes Verdienst damit erworben, daß er den größten Teil dieser Tagung neben dem Austausch technischer Erfahrungen der Erörterung der Fragen der elektrizitätswirtschaftlichen Zusammenarbeit gewidmet hat, und ich schließe meine Worte mit dem Wunsche, daß die Tagung für alle Teilnehmer und für die deutsche Wirtschaft reichen Nutzen tragen möge.

Vorsitzender: Das Wort hat S. Magnifizenz Herr Prof. Hoff, Rektor der Techn. Hochschule Aachen, für die Technischen Hochschulen und wissenschaftlichen Institute.

Hoff, Aachen: Meine sehr geehrten Herren! Ich habe die Ehre und die Freude dem „Verband Deutscher Elektrotechniker" zu seiner 34. Jahresversammlung im Namen der deutschen Technischen Hochschulen beste Grüße zu übermitteln. Die Technischen Hochschulen haben stets lebhaften Anteil an Ihren Aufgaben und Bestrebungen genommen. Es bestehen alte lebhafte Wechselbeziehungen zwischen Ihnen und uns. Davon zeugen die Namen Ihrer Gründer, Ihrer bisherigen Verbandsleiter und Ihrer Ausschußmitglieder. Wir wünschen Ihnen von Herzen einen glücklichen und erfolgreichen Verlauf Ihrer diesjährigen Tagung. Zum ersten Male haben Sie unsere Stadt Aachen als Sitz Ihrer Hauptversammlung gewählt. Dieser Entschluß hat lebhaften Widerhall bei den Angehörigen unserer Hochschule gefunden, die im Begriff steht, ein neues Lehr- und Forschungsinstitut für Elektrotechnik seiner Bestimmung zu übergeben Im Namen des Lehrkörpers unserer Hochschule entbiete ich Ihnen einen ersten herzlichen Willkommgruß in unserer Hochschulstadt. Es gereicht uns zur besonderen Freude, daß wir Ihnen die Räume unserer Hochschule für Ihre Vorträge und Fachberichte zur Verfügung stellen durften. Ihr Verband nimmt unter den technisch-wissenschaftlichen Vereinen unseres Landes einen hervorragenden Platz ein. Keiner hat aber einen so schnellen und glänzenden Aufstieg genommen, wie der Ihrige. Die Geschichte Ihres Verbandes spiegelt die ganze glanzvolle, von beispiellosem Erfolg begleitete neuere Geschichte der Elektrotechnik wider. Wir erblicken in Ihrem Verband den berufenen Vertreter der Elektrotechnik überhaupt sowie aller der wichtigen Belange, die mit der Elektrotechnik in Zusammenhang stehen. Schon bei der Gründung Ihres Verbandes wurde als seine vornehmste Aufgabe bezeichnet: Förderung, Vertiefung und Verbreitung der Wissenschaft. Die Berichte Ihrer Vorsitzenden auf den Jahresversammlungen stehen da wie Meilensteine auf dem Wege, den die elektrotechnische Wissenschaft und Hand in Hand mit ihr die elektrotechnische Industrie in den letzten 34 Jahren zurückgelegt hat. Aus diesen Berichten ersieht man auch deutlich die große volkswirtschaftliche Bedeutung der elektrotechnischen Industrie und der Elektrizitätswirtschaft. Überdies geben sie ein lebendiges Bild von dem Zusammenhang der Elektrotechnik mit dem Leben und Streben der Kulturvölker. Die Anwendung der Elektrizität in den Großstädten sowohl wie in den kleinsten und entlegensten menschlichen Siedlungen, in der Großindustrie wie im Kleingewerbe, für den Fern- und Nahverkehr, im Nachrichtenwesen, wie zur täglichen Unterhaltung wird heute als eine Selbstverständlichkeit, als eine Notwendigkeit angesehen. Dabei wird fast vergessen, daß kaum mehr als ein Menschenalter vergangen ist, seitdem die ersten Anfänge dieser neueren Entwicklung der Elektrotechnik festgestellt werden konnten.

Darauf hinzuweisen, daß Ihr Verband hierbei einen großen, einen überragenden Einfluß gehabt hat, darf Ihre Jahresversammlung willkommener Anlaß sein. Die stattlichen Bände Ihrer „Elektrotechnischen Zeitschrift" sind unvergängliche Dokumente von Ihrem Wirken und Streben, von Ihren Mühen und Arbeiten, aber auch von Ihren Erfolgen.

Die Wirksamkeit Ihres Verbandes erfreute sich von Anfang an allseitiger voller Anerkennung und Unterstützung sowohl seitens der Industrie als auch seitens der Behörden, sowohl durch die Hersteller als durch die Verbraucher, durch die Gesetzgeber und durch die Vertreter der Wissenschaft. Ihre Arbeiten sind zum Teil vorbildlich gewesen für gleichartige in anderen Organisationen.

Ich darf am heutigen Tage zum Ausdruck bringen, daß die Technischen Hochschulen Ihre fernere gedeihliche Entwicklung wünschen und erhoffen, und daß sie gewillt sind, Sie dabei mit allen Kräften zu unterstützen.

Vorsitzender: Das Wort erteile ich für die befreundeten inländischen Vereine und Verbände dem Staatsminister a. D., Herrn Dr. Dr. h. c. Wendorff.

Wendorff, Berlin: Hochgeehrte Versammlung! Namens der berufsverwandten Vereine und Verbände Deutschlands habe ich die Ehre, den „Verband Deutscher Elektrotechniker" zu seiner 34. Jahresversammlung herzlich zu begrüßen, ihm für die freundliche Einladung zu seiner Tagung verbindlichen Dank zu sagen und seinen Verhandlungen einen erfolgreichen Verlauf zu wünschen. Damit bitte ich die Begrüßung der befreundeten Verbände und Vereine verbinden zu dürfen, die außerhalb der Grenzen unseres deutschen Vaterlandes zwar räumlich von uns getrennt, aber dennoch in enger Geistesgemeinschaft und unmittelbarem Gedankenaustausch an der heutigen Veranstaltung teilnehmen. In der Erweiterung der Versammlung zu einer Ferntagung großen Ausmaßes dürfen wir, glaube ich, den sinnfälligen Ausdruck der erfolgreichen Fortentwicklung der Elektrizität in wissenschaftlicher, technischer und wirtschaftlicher Beziehung erblicken und hoffnungsvoll begrüßen. Wir stehen damit in den erfolgversprechenden Anfängen einer noch unabsehbaren Kette von Fortschritten und Entwicklungsmöglichkeiten.

Die Elektrizität als Überwinderin räumlicher Entfernungen, als Brücke zwischen den Nationen und Weltteilen, das ist das hohe Ziel, nach dem wir alle streben und



zu dem die Entwicklung hindrängt. Gemeinschaftsarbeit zu wirtschaftlicher und kultureller Hebung der Welt, das ist bisher die Grundlage, das wird möglichst noch in erhöhtem Maße künftig die Aufgabe unserer elektrizitätswirtschaftlichen Betätigung sein.

Unter diesem Leitsatze steht die diesjährige Verbandsversammlung als Ferntagung und mit den wichtigsten Gegenständen ihrer Tagesordnung: „Der Weltfernsprechverkehr", „Der Zusammenschluß großer Netze im Lichte der Elektrizitätswirtschaft" sowie „Das Verhalten der Kraftwerke und Netze beim Zusammenschluß" und dessen Wirkungen auf den Betrieb: all das steht unter dem einen Nenner der Zusammenarbeit über weite Entfernungen hinweg.

Dankbar beglückwünsche ich den VDE, daß er, wie bisher, auf dem Wege weltwirtschaftlicher Entwicklung der Elektrizität auch weiterhin Wegbereiter und Bahnbrecher sein und bleiben wird. Der Mitarbeit der befreundeten inländischen Vereine und Verbände dabei darf er versichert sein.

In diesem Sinne nochmals ein kräftiges Glückauf für die heute beginnende Tagung und die zukünftige Entwicklung des verehrten, gastgebenden VDE!

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Für die freundlichen Worte der Herren Vorredner spreche ich diesen Herren im Namen des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" herzlichen Dank aus. Ihren Ausführungen, meine sehr verehrten Herren, durften wir für uns eine wohlwollende und wohltuende Anerkennung entnehmen, die wir sehr zu schätzen wissen. Wir werden allezeit bemüht bleiben, uns dieser freundlichen Gesinnung würdig zu erweisen. Ich bitte nunmehr Herrn Ministerialdirektor Dr. C r a e m e r, das Wort zu seinem Vortrage ergreifen zu wollen.

(Der Vortrag des Herrn Ministerialdirektor Dr. C r a e m e r: „Der Weltfernsprechverkehr. Seine Entwicklung und Bedeutung für Wirtschaft und Kultur" ist in der ETZ 1929, S. 959 veröffentlicht.)

Herr Ministerialdirektor Dr. Craemer hat uns mit seinem glanzvollen Vortrage einen so anschaulichen Einblick und Ausblick in das Wesen und die Zukunft des internationalen Fernsprechverkehrs gewährt, daß ich sicher bin, in Ihrer aller Namen zu sprechen, wenn ich Herrn Craemer dafür aufrichtigen und herzlichen Dank sage. — Zu Herrn Craemer gewandt — Dank für Ihre hochinteressanten und trotz knapper Kürze so viel sagenden fachmännischen Ausführungen und ganz besonderen Dank dafür, daß Sie sich in Ihrem otio cum dignitate der großen Mühe unterzogen haben, diesen Vortrag und die mit ihm eng verknüpfte heutige Ferntagung so ausgezeichnet vorzubereiten.

Nunmehr darf ich Sie, meine verehrten Damen und Herren, um besondere Aufmerksamkeit für unsere ausländischen Freunde bitten. — Ich erteile zuerst das Wort Herrn Direktor B e e k m a n vom Königlich Niederländischen Ingenieur-Institut im Haag.

Beekman, Haag: Sehr geehrte Zuhörer! Als Vorsitzender der Abteilung für Elektrotechnik des Königlichen Ingenieur-Instituts in Holland ist es mir eine große Freude, die uns heute gebotene Gelegenheit zu benutzen, den „Verband Deutscher Elektrotechniker", tagend in Aachen, begrüßen zu dürfen.

Ihr Verband hat uns auch diesmal eingeladen, um teilzunehmen an seinen Beratungen, und wir haben gern die Einladung angenommen. Aber Sie haben mehr getan, Sie haben die Initiative zu einer Ferntagung ergriffen, so daß unsere ganze Abteilung gewissermaßen in Aachen anwesend ist.

Die in den verschiedenen Ländern verlegten Fernkabel, welche im Anfang nur dem inländischen Verkehr dienten, sind in raschem Tempo ausgebaut, so daß Angliederung an andere Staaten möglich war. Mittels des internationalen Komitees für Fernsprechverbindungen auf große Entfernungen wurden Richtlinien festgesetzt, welche grundlegend sind für Ausbau und Instandhaltung.

Die heutige Tagung soll den Beweis erbringen, daß die Fernverbindungen nicht nur dazu dienen, Nachrichten von Person zu Person zu übermitteln, sondern auch daß Gruppen von Personen, mehrere hunderte Kilometer voneinander entfernt, in enge Verbindung gebracht werden können, so wie es heute der Fall ist. Es ist etwas Neues, und wir werden dies ebenso lernen müssen wie früher das normale Telephonieren, auch dies war einmal neu, nur sind die Schwierigkeiten, welche jetzt zu überwinden sind, trotz der Erfahrung, bedeutend größer. So verlangt eine Lautsprecheranlage mehr Vorbereitung als ein persönlicher Anruf, eine direkte Kupplung von Mikrophon und Lautsprecher, welche Eigenschwingungen hervorrufen kann, soll vermieden werden und müssen Einschwingvorgänge und Verzerrung berücksichtigt werden.

Einer Reihe von deutschen theoretischen und experimentellen Arbeiten verdanken wir, daß die Schwierigkeiten praktisch beseitigt sind, wie wir das von deutscher Wissenschaft und Technik, von deutscher Ausdauer gewohnt sind. Selbstverständlich bilden Ferntagungen keinen vollkommenen Ersatz für die Anwesenheit an Ort und Stelle; der persönliche Kontakt, das Sehen fehlt noch, aber es ist doch schon viel erreicht, und der stetige Fortschritt der Fernbildübertragung läßt uns hoffen, daß wir z. B. auch das Bild des Redners und vielleicht auch der nächsten Umgebung sehen werden. Ich benutze die uns gebotene Gelegenheit gerne, auch ein kurzes Wort an die Kollegen in Ungarn und Österreich zu richten.

Namens des Herrn Prof. F e l d m a n n, Präsident der IEC, und Herrn Dr. B ä h l e r, welche zu Pfingsten mit mir in Budapest waren, bringe ich Herrn Prof. Z i p e r n o w s k y nochmals Dank für seine freundliche Aufnahme durch den „Ungarischen Elektrotechnischen Verein" und in seinem Heim. Ich begrüße ferner Herrn Hofrat B l a t h y, Herrn Direktor W i l c z e c k und bitte, uns ihren Damen empfehlen zu wollen. Desgleichen begrüße ich auch die Herren aus Österreich; in erster Linie diejenigen, welche ich kennenzulernen gelegentlich der Tagung der „Vereinigung der Elektrizitätswerke" in Wien die Ehre hatte.

Zum Schlusse spreche ich die Hoffnung aus, daß diese und folgende Ferntagungen dazu beitragen mögen, die Entfernungen zwischen Ländern und Völkern auf ein Minimum zu reduzieren; ich wünsche der VDE-Versammlung eine gedeihliche Beratung und bitte unser auch heute Abend gedenken zu wollen. Good bye, every body, good bye.

Vorsitzender: Ich bitte nunmehr den Vorsitzenden des Elektrotechnischen Vereins Wien, Herrn Hofrat Prof. Dr. R e i t h o f f e r, das Wort nehmen zu wollen.

Reithoffer, Wien: Sehr verehrte Damen und Herren! Ich habe die ehrenvolle Aufgabe, die diesjährige Tagung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" im Namen des „Elektrotechnischen Vereins in Wien" als dessen derzeitiger Präsident zu begrüßen. Den Tagungen dieses Verbandes wird von der Fachwelt immer mit großem Interesse entgegengesehen, denn in der wissenschaftlichen und praktischen Entwicklung der Elektrotechnik spielt Deutschland eine hervorragende Rolle. Wichtige Fragen der Gegenwart werden auf der Verbandstagung behandelt, und neue Ausblicke in die Zukunft eröffnet. Nach der hohen Entwicklung der Starkstromtechnik stehen gegenwärtig die Aufgaben der Schwachstromtechnik im Vordergrunde. Die Entwicklung der Radiotechnik und der Fernkabeltelephonie haben den elektrischen Nachrichtenverkehr in einer ununterbrochenen Reihe von Verbesserungen auf eine hohe Stufe der Vervollkommnung gebracht, und immer noch werden neue Aufgaben gestellt und gelöst. Welche wichtige wirtschaftliche und kulturelle Bedeutung der Entwicklung der Nachrichtentechnik zukommt, braucht wohl nicht besonders ausgeführt zu werden. In einer klassischen Form bringt dies die Eröffnungssitzung der Aachener Tagung zum Ausdruck. Vier Versammlungssäle von Fachvereinen in entfernt liegenden Städten, Haag, Aachen, Wien und Budapest, sind durch Fernkabel und entsprechende Einrichtungen zu einer akustischen Einheit verbunden worden, und die Versammlungen von Fachgenossen in diesen vier Städten sind in die Lage versetzt, gegenseitigen Gedankenaustausch zu pflegen. Nicht fern mehr liegt die Zeit, in der die Technik auch die Möglichkeit bieten wird, nicht bloß die fernen Vorträge zu hören, sondern auch experimentelle Vorführungen zu sehen. Großartige Ausblicke in die Zukunft eröffnen sich dadurch. Da die Verhandlungen der Aachener Tagung auch durch den Sender „Langenberg" und den Deutschlandsender übertragen werden, so gehört der Zuhörerkreis dieser Eröffnungssitzung wohl zu den größten, den je eine solche Versammlung erreichen konnte.

Der „Elektrotechnische Verein in Wien" ist mit dem „Verband Deutscher Elektrotechniker" aufs engste befreundet, und zwischen vielen der beiderseitigen Mitglieder bestehen persönliche Beziehungen. An den Tagungen



des Verbandes war unser Verein immer durch Abgesandte vertreten. Auch in diesem Jahre haben wir einen solchen in der Person unseres Vizepräsidenten, des Herrn Direktor Dr. Markt, entsendet. Aber diesmal wird uns mehr ermöglicht. Die Gesamtheit unseres Vereines kann durch die geschaffenen technischen Einrichtungen an der Eröffnungssitzung der Verbandstagung teilnehmen. Wir haben zu diesem Zwecke unsere Mitglieder zu einer außerordentlichen Sitzung in den Festsaal des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines einberufen und viele andere Vereine und Körperschaften, bei denen wir technisches oder wirtschaftliches Interesse voraussetzen durften, zu dieser bemerkenswerten Vorführung eingeladen. Zahlreich ist die Versammlung, die unserem Rufe gefolgt ist, um diese neue Großtat der Elektrotechnik zu erleben.

Forschen und Schaffen sind in Deutschland nach schwerer Krise trotz hemmender wirtschaftlicher Belastung zu neuer Blüte gelangt, und deutscher Geist und deutsche Tatkraft sind wieder am Werke. Mit deutschem Schlage unserer österreichischen Herzen verfolgen wir jede Kulturtat unserer Brüder im Reiche.

Wir entbieten unseren deutschen Fachkollegen unsere besten Grüße und wünschen der Aachener Tagung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" vollsten Erfolg.

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Nunmehr wird der Vorsitzende des Ungarischen Elektrotechnischen Vereins, Herr Hofrat Prof. Carl Zipernowsky, in Budapest die Güte haben, zu uns zu sprechen.

Zipernowsky, Budapest: Geehrte Ferntagung! Im Namen des Ungarischen Elektrotechnischen Vereins begrüße ich die Jahresversammlung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker". Ich beginne mit Worten unseres tiefgefühlten Dankes an die Leitung des Verbandes für die Auszeichnung, die uns durch die Einladung zu dieser gemeinsamen Tagung zuteil wurde. — Wir schätzen diese Ehrung um so höher, als sie uns Gelegenheit bietet, an einem Ereignis elektrotechnischen Charakters teilzunehmen, welchem in vielen Beziehungen eine bahnbrechende Bedeutung zukommt. — Es sei mir persönlich gestattet, als vermutlich dem Ältesten unter den Versammelten, der auf eine etwa 53jährige Tätigkeit in der Elektrotechnik zurückblicken kann, meiner dankbaren Befriedigung darüber Ausdruck zu geben, daß es mir gegönnt war, dieses sowohl fachlich als auch seelisch epochale Ereignis miterlebt zu haben.

Ich benutze diese gute Gelegenheit dazu, um den gemeinsam tagenden deutschen, österreichischen und holländischen Vereinen wiederholt unseren wärmsten Dank dafür auszusprechen, daß Sie sich anläßlich der jüngst abgelaufenen Jubiläums-Feierlichkeiten unseres Vereins so glänzend haben vertreten lassen und auf diese Weise Ihren freundschaftlichen Gefühlen für uns und unser Land einen so ehrenden Ausdruck verliehen haben.

Wenn ich nun aus der Ferne einen Blick werfe auf das, was hier eigentlich geschieht, so finde ich ein eigenartiges Bild. Wir alle, die wir hier sprechen, hören und gleichgerichtet denken und fühlen, bilden den Gegenstand einer großartigen elektrotechnischen Experimentalvorführung, veranstaltet in einem Versuchsraum von etwa 1000 km Längenausmaß, auf welchem sieben Apparatesätze mit sieben Beobachtergruppen verteilt sind. An vier Stellen dieses Laboratoriums befinden sich die Objekte des Versuches, — nämlich wir selbst, die Teilnehmer mit unseren Sprach- und Hörorganen, nicht weniger aber mit unseren geistigen und emotionellen Funktionen. Dieser Massenaustausch von Gedanken und Gefühlen auf elektrischem Wege zwischen Menschengruppen, die auf einen halben Kontinent verteilt sind, bildet wahrlich für alle Teilnehmer ein unvergeßliches Erlebnis.

Wir als Elektrotechniker geben durch diesen an uns selbst durchgeführten Großversuch auch allen anderen Menschen eine Anleitung dazu, wie sie unsere technischen Mittel zur internationalen Verständigung verwenden können. Die Folgen dieser neuentstandenen Möglichkeit für eine friedliche Zusammenarbeit der Völker sind heute kaum abzusehen. Weitausblickende Politiker werden wohl mit den grenzüberschreitenden Fähigkeiten der strömenden und strahlenden Elektrizität rechnen müssen.

Wenn ich nun auf die Zeit zurückblicke, die seit etwa 50 Jahren verstrichen ist, so sehe ich am Anfang Elektrotechniker, für die es eine sensationelle Befriedigung bietet, eine Dynamomaschine hergestellt oder eine neue Bogenlampen-Konstruktion erfunden zu haben. Die Telegraphentechniker waren um diese Zeit allerdings schon viel weiter. Überseetelegraphie und Ferndruckapparate sind längst gelöste Probleme. Das Telephon wird eben erfunden, aber seine Bedeutung noch gar nicht erkannt. Es heißt damals allgemein, daß die Elektrotechnik noch in den Kinderschuhen stecke. Heute hingegen können wir schon von wahrhaftigen Umwälzungen sprechen, welche sich auf das Gesamtgebiet der menschlichen Zivilisation erstrecken. Ein anderes Schlagwort aus jener Zeit ist das von der Proteus-artigen Natur der elektrischen Energie. Diese Feststellung hat sich glänzend bewährt. Es gibt kaum einen Zweig der menschlichen Tätigkeit, der die Elektrizität nicht in seinen Dienst gestellt hätte. Auch die Wissenschaft hat der Elektrotechnik unschätzbares zu danken — gleichsam als Gegendienst für alles das, was die elektrotechnische Praxis den Forschungsergebnissen der Gelehrten entnommen hat.

Und trotz alledem müssen wir uns das gegenseitige Geständnis ablegen, daß die Elektrotechnik den Kinderschuhen noch immer nicht entwachsen ist. Einige Beispiele mögen die Lage beleuchten. Die moderne Glühlampe weist wohl einen etwa fünfmal so hohen Wirkungsgrad auf als die erste. Wie weit sind wir aber noch von dem etwa 50prozentigen Wirkungsgrad, den die Physiker als voraussichtliches Optimum errechnet haben? Auch die Konstrukteure von Maschinen und Transformatoren sind mit den isolierten Leitern unzufrieden, welche ihnen die Kabeltechnik zur Verfügung stellt. Sie haben die Hoffnung auf eine hitzebeständige Isolation wohl schon beinahe aufgegeben, aber trotzdem darf man voraussagen, daß es der Stoffkunde einmal gelingen wird, eine haltbare Drahtisolation herzustellen, welche sich konstruktiver ansehen wird, als die aus Pflanzenfasern hergestellte. Von gleicher Bedeutung wären magnetische Legierungen mit höheren Permeabilitäten und geringeren Verlustwerten, als die bekannten Legierungen aufweisen. So könnte man noch zahlreiche Verbesserungen anführen, wie die des Überstrom- und Überspannungsschutzes, der großen Schalter, vieler Fernübertragungsverhältnisse usw. usw., deren Durchführung nicht nur Teilprobleme lösen, sondern zufolge der Beseitigung großer Schwierigkeiten auch prinzipiell das Betreten neuer Wege ermöglichen würde. Nicht weniger wichtig wäre die Einstellung neuer technischer Mittel, wie z. B. die der Elektronenströmung, welche allerdings nicht unter dieser Bezeichnung schon in den Anfangsjahren als Arbeitselement der Bogenlampen verwendet wurde, heute aber nur in Quecksilbergleichrichtern den Zwecken der Starkstromtechnik dient. Hier liegt ein sehr umfangreiches und dankbares Arbeitsgebiet für die heutige und nächste Generation.

Ich hege die bestimmte Hoffnung, daß ein Redner der drahtlosen Weltferntagung im Jahre 1979 ebenso wohlwollendnachsichtig auf den gegenwärtigen Stand der Elektrotechnik zurückblicken wird, wie die heutige elektrotechnische Jugend auf die siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts zurückblickt. Die Voraussicht liegt nahe, daß dieser noch ungeborene Kollege wieder feststellen wird, daß die Elektrotechnik sich noch immer in den Kinderschuhen befinde.

Geehrte Ferntagung! Gestatten Sie nun, daß ich zum Schluß als einer der Veteranen der Elektrotechnik und als langjähriger Lehrer meine Worte an die Jugend unter Ihnen richte. Ich weiß wohl, daß Sie keiner Anfeuerung bedürfen. Hat ja die Elektrotechnik die Eigentümlichkeit, ihre Jünger mit einem unzerreißbaren Bande festzuhalten. Es geht von ihr wie eine magische Wirkung aus, sozusagen als Symbol der mehr geahnten als bewußten Tatsache, daß die Elektrizität die Urkraft des Lebens ist. Wer sich der Elektrotechnik ergeben hat, ist ihr für Zeitlebens ausgeliefert. Wenn Sie nun, meine jüngeren Fachgenossen, zu Ihrer täglichen Arbeit zurückkehren, so bitte ich Sie, eines nicht außer acht zu lassen: es ist dies die Erkenntnis der Tatsache, daß die Elektrizität, als Gegenstand der menschlichen Betätigung betrachtet, ähnlich bipolarer Natur ist, wie sie sich uns als natürliches Agens zeigt. Der eine Pol heißt: Wissenschaft, der andere: Wirtschaft. So soll auch die Arbeit des praktischen Elektroingenieurs stets bipolar vor sich gehen. Pflegen Sie beide Richtungen! Nur so wird Ihre Tätigkeit der Menschheit den vollen Nutzen bringen, den Ihre Vorgänger von Ihnen als Anerkennung für die geleistete Vorarbeit zu erwarten sich berechtigt fühlen.

(Fortsetzung folgt)

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.



Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Betr.: Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Es befinden sich Schraubkappen (Stöpselköpfe) im Handel, welche das dem Verband Deutscher Elektrotechniker gesetzlich geschützte VDE-Zeichen und ein Ursprungszeichen (HK) tragen. Für Erzeugnisse mit diesem Herkunftszeichen ist die Genehmigung zur Führung des Verbandszeichens nicht erteilt worden. Vor dem Ankauf solcher Erzeugnisse, die also das Verbandszeichen zu Unrecht führen, wird daher gewarnt.

Prüfstelle des
Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Thüringer Elektrotechnischer Verein, Erfurt. 8. XI. 1929, abds 8h, Restaurant Münchener Bürgerbräu: Vorführung neuer Rundfunkgeräte.

Lichttechnische Gesellschaft Karlsruhe. 15. XI. 1929. vorm. 9¼h, kl. Saal des Konzerthauses Karlsruhe: 8. Jahresvers. mit folg. Vorträgen: Prof. J. Teichmüller, „Über die Erfind. d. el. Glühlampe u. ihre kulturgeschichtl. Bedeut." Dir. H. Pohl, „Über die Herstell. d. el. Glühlampe von den ersten Kohlefadenlampen bis zu den modernen Wolframdrahtlampen". Dr. W. Köhler, „Über die Bedeut. d. el Glühlampe f. d. moderne Lichttechnik". Dr. H. Lux, „Edison als Mensch u. Erfinder". Vorführ. historischer Glühlampen.

———

Akotech, Berlin. (Arbeitsgemeinschaft für Auslands- und Kolonialtechnik), Vortragsreihe über „Technische Sonderbedürfnisse im Ausland. Die Technik in warmen und heißen Ländern." Hörsaal H 120 der T. H. Berlin, abds. 6 ... 8h.
6. XI. 1929 Prof. Dr. Gg. Wegener, „Das Bevölkerungsproblem der Erde". 13. XI. Dr. A. Dix, „Die Rohstoffe der heißen Länder". 27. XI. Dir. J. Loag, „Die Tropen und Subtropen als Absatzgebiete". 4. XII. Dr. R. Böhmer, „Besiedlung der heißen Länder". 11. XII. Prof. Dr. Ziemann, „Hygiene und Krankheiten in den Tropen". 18. XII. Prof. Dr. Kaßner, „Begriff und Klima der Tropen und Subtropen". 15. I. 1930. Dr.-Ing. Keller, „Wassererschließung und Entsumpfung". 22. I. Dipl.-Ing. Marggraff, „Bau und Betrieb von Verkehrswegen in Übersee". 29. I. a) Dr.-Ing. K. Lubowsky, „Krafterzeugung". b) Ing. Kleemann, „Kraftantrieb". 5. II. Dipl.-Ing. Lörcher, „Wohnungs-, Siedlungs- und Städtebauten". 12. II. Obering. Mertz, „Mechanisierung der tropischen Landwirtschaft". 19. II. Dr. Karstedt, „Arbeiterbeschaffung und -behandlung".
Karten für den ganzen Kursus 4 RM, für Angehörige aller Hochschulen 2 RM (gegen Ausweis). Karten für einzelne Vorträge je 1 RM, für Angehörige aller Hochschulen je 0,50 RM, erhältlich im Außeninstitut der T. H., Zimmer 138 a (Frl. Koch).

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Bei der Fakultät für Allgemeine Wissenschaften der T. H. Aachen wurde dem Privatdozenten Dr. L. Strauss ein Lehrauftrag für Literaturwissenschaft erteilt.

LITERATUR.

Besprechungen.

Lehrbuch der Elektrotechnik. Von Dr. E. Blattner, 4. Aufl. 2. Teil. Mit 342 i. d. Text gedr. Fig., VIII u. 393 S. in 8°. Verlag K. J. Wyss Erben, Bern 1928. Preis geb. 15 RM.

Das flüssig geschriebene, mit guten Abbildungen ausgestattete Buch erfuhr innerhalb von 20 Jahren die vierte Auflage, die der Verfasser selbst den Fortschritten der Neuzeit entsprechend umarbeitete. Blattner bringt zunächst Grundlegendes über den Ein-, Zwei- und Dreiphasen-Wechselstrom. Er beschränkt sich hierbei auf die Vektordarstellung der Wechselstromgrößen; ein Hinweis auf die symbolische Darstellung durch komplexe Zahlen fehlt. Die Verwendung des Buchstabens V statt U als Formelzeichen für die Klemmenspannung hätte in der neuen Auflage vermieden werden sollen, da V außerdem als Abkürzung der Maßeinheit Volt auftritt. Ebenso wäre für die Leistung besser das Formelzeichen N (nach AEF) statt P zu setzen gewesen.

In gedrängter Form behandelt der Verfasser dann weiter Wechselstrommessungen, Transformatoren und Wechselstrommaschinen. Der folgende Abschnitt über Leitungsberechnung (Gleich- und Wechselstrom) hat durch die ausführliche Behandlung von Selbstinduktion, Kapazität und Ableitung sowie durch Einfügung des Kapitels über Kabel eine wesentliche Erweiterung erfahren. Das Buch schließt mit einem Abschnitt über Energieverteilungsanlagen. Es nimmt unter den vielen Büchern gleichen Titels in jeder Hinsicht eine Mittelstellung ein. M. Zorn.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Von Prof. Dr. F. Auerbach u. Prof. Dr. W. Hort. Liefg. 2, Bd. VII. Mit 68 Abb. im Text, VI u. 251 S. in gr. 8°. Verlag Joh. Ambr. Barth, Leipzig 1929. Preis geh. 24 RM, Subskr.-Pr. 19,20 RM.

In der vorliegenden Lieferung finden vorzugsweise einige theoretische Gegenstände Platz, welche mehr oder weniger an der Grenze des dem Handbuch bestimmten Rahmens liegen. So kommt es, daß das Heft sechs Artikel enthält, von denen fast jeder einen Stoff behandelt, der in der physikalischen Literatur einen Band für sich zu füllen pflegt. Es kam also darauf an, überall die Grundlinien herauszuarbeiten und sich im übrigen auf die Spezialprobleme zu beschränken, welche mit Fragen der Mechanik irgendwie in Zusammenhang stehen. Dies ist durchweg gut gelungen.

In den ersten beiden Artikeln behandelt F. Auerbach „Thermodynamik" und „Kinetische Gastheorie" in didaktisch interessanter Weise, wobei insbesondere auch der Sprachgebrauch der technischen Thermodynamik Berücksichtigung findet. Etwas störend ist nur, daß die Abbildungen nicht immer ausreichend beschriftet und erläutert sind (etwa Abb. 155 und 160). Ausgezeichnet sind die dann folgenden Abschnitte „Statistische Mechanik" und „Schwankungserscheinungen" von R. Fürth, besonders wertvoll die klare Darstellung des Verhältnisses der Quantentheorie zur statistischen Mechanik. Das schwierige und noch wenig abgeschlossene Gebiet „Zustand der festen Körper" erfährt durch W. Braunbek eine bei aller Knappheit doch klare und bemerkenswert vielseitige Beleuchtung. Den Schluß des Heftes bildet eine von G. Joos gegebene Übersicht über die „Atommechanik", welche beim Rutherfordschen Atommodell beginnend und wesentlich historisch vorgehend bis zum heutigen Stande der Quantentheorie der Atome führt.

Für den Praktiker, welchem diese Gegenstände z. T. ferner liegen mögen, bietet das Heft bequeme und zuverlässige Möglichkeit, sich einen Überblick über ihren gegenwärtigen Stand zu verschaffen. Bothe.

Der Dampfbetrieb. Leitfaden f. Betriebsing., Werkführer u. Heizer. Auf Veranlass. d. Schweiz. Vereins v. Dampfkessel-Besitzern herausg. v. Obering. E. Höhn. Mit 229 Abb. i. Text, 10 Zahlentaf. u. 240 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 6 RM.

Mit vorstehender Veröffentlichung ist ein Buch der Allgemeinheit zugänglich gemacht worden, das vollste Beachtung verdient. In kurzer und trotzdem leicht anschaulicher Weise führt der Verfasser den Leser durch das ganze große Gebiet des Dampfbetriebes. Nach einer kurzen Einführung und Erläuterung einiger physikalischer und chemischer Begriffe werden alle mit einem Dampfbetriebe zusammenhängenden Gebiete gestreift und zum Teil auch länger besprochen. Wertvoll erscheinen auch die besonderen Kapitel über Heizungsanlagen, vor allem



auch die Warmwasser- und Dampfheizungen, die in letzter Zeit an Bedeutung gewonnen haben. Seiner Bestimmung nach soll dieses Buch ein Leitfaden sein, der es den in Dampfbetrieben beschäftigten Ingenieuren, Werkführern und Heizern ermöglichen soll, sich ohne große Vorkenntnisse das unbedingt Wissenswerte über Wärme, Dampf usw. anzueignen. Bei dem Umfang des in Frage kommenden Stoffes kann es natürlich nicht ausbleiben, daß sich der Verfasser, wie er es selbst in seinem Vorwort betont, zu erheblichen Einschränkungen gezwungen sah. Das ist ja auch nicht der Zweck des vorliegenden Buches, jedes Gebiet eines Dampfbetriebes bis ins Kleinste zu behandeln. Hierfür stehen besondere Spezialveröffentlichungen zur Verfügung, auf die der Verfasser wiederholt hinweist. Für Heizerschulen und -kurse verspricht dieses Werk ein brauchbares Lehr- und Nachschlagebuch zu werden. Man kann diesem Leitfaden nur wünschen, daß er seinen Weg in recht viele Dampfbetriebe nimmt.

W. Reinhard.

Der Aufbau der chemischen Verbindungen (Molekülbau). Von Prof. Dr. R. Müller. (Sonderausg. aus d. Samml. chem. u. chem.-techn. Vorträge. Herausg. v. Prof. Dr. W. Herz, Bd. 30.) Mit 53 Abb. u. 150 S. in gr. 8°. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart 1928. Preis geh. 15 RM.

Das Werk von Robert Müller unterrichtet vom Standpunkt der Atomphysik aus über die Fragen des Molekülbaus. Der Stoff ist außerordentlich reichhaltig; beginnend bei den einfachsten Salzen, bei denen wir über den Bindungsmechanismus recht gut orientiert sind, wird die Darstellung über alle bekannten Molekültypen, homöopolare und unpolare Moleküle, komplexe Salze, freie Radikale, Verbindungen der Metalle untereinander usw. ausgedehnt. Hierin liegt der eine Vorzug des Buches. Der andere ist in der einfachen, ungekünstelten und leicht verständlichen Darstellungsweise zu suchen. Leider muß man feststellen, daß der Autor der Versuchung, die Exaktheit der Darstellung hinter ihre Popularität zurücktreten zu lassen, mehrfach nachgegeben hat. So heißt es, um nur ein Beispiel zu nennen (S. 67): „aus der höheren Molekularrefraktion der Doppelbindung ergibt sich also eindeutig ein größerer Bahndurchmesser der Valenzelektronen" (bei der Doppelbindung des Äthylens); abgesehen davon, daß wir im Augenblick noch nicht einmal mit Sicherheit sagen können, ob wir von Elektronenbahnen im Atom wirklich sprechen dürfen, muß doch betont werden, daß wir heute noch keinerlei eindeutige Zusammenhänge etwa zwischen der Lorenz-Lorentzschen Refraktionsformel und den Elektronentermen der Bandenspektren besitzen. Jeder, der auf dem Grenzgebiete zwischen Atomphysik und Chemie arbeitet, weiß, wie vieles an unbewiesenen Annahmen heute noch in Kauf genommen werden muß. Das ist gewiß gerade hier heute notwendig und hat sich im höchsten Maße als fruchtbar bewährt. Man darf es aber nicht vergessen und sollte es gerade bei einem Werke, das unter andern speziell für Chemiker bestimmt ist, unterstreichen. Demgegenüber muß anerkannt werden, daß der Autor durch derartige Vereinfachungen eine sehr anschauliche und leichtverständliche Darstellung erzielt, die besonders für das erste Eindringen in dieses Gebiet warm zu empfehlen ist.

R. Samuel.

Streifzüge durch die Empfangstechnik. Von M. v. Ardenne. Mit 106 Abb. u. 99 S. in 8°. Verlag Rothgießer & Diesing A.-G., Berlin 1929. Preis geb. 3,50 RM.

Das kleine Buch enthält 10 Aufsätze, die einzelne Fragen der Funkempfangstechnik behandeln und von denen die meisten bereits in Zeitschriften veröffentlicht waren. Der Verfasser, insbesondere durch seine Arbeiten auf dem Gebiete des Widerstandsverstärkers bekannt, berichtet über die Ergebnisse verschiedener Untersuchungsreihen, die er offenbar für die Entwicklung des neuen Fernempfängers der Radiofrequenz G. m. b. H. angestellt hat. Von diesen sehr sorgfältig ausgeführten Arbeiten ist am umfangreichsten die erste, welche sich mit dem Rahmen als Empfangsantenne und den nicht ganz einfachen Maßnahmen befaßt, die erforderlich sind, um einem Rahmen praktisch die Eigenschaften zu geben, die man theoretisch von ihm erwartet. Die hier wiedergegebenen Erkenntnisse und Erfahrungen sind für Bastler, Techniker und Physiker gleich interessant. Von anderen Aufsätzen seien einer (Nr. 4) über die Rückkopplung erwähnt, in dem u. a. die Bedingung für weichen Schwingungseinsatz (Arbeitspunkte an der steilsten Stelle der Charakteristik) erörtert ist, zwei (Nr. 5 und 6) über Anoden- und Gittergleichrichtung (Anodengleichrichtung erweist sich als vorteilhafter) und einer (Nr. 7) über die schädliche Wirkung der inneren Kapazität von Röhren.

Burstyn.

Los majistrales de fuerza electromotriz i el culombmetro de plata reproducible. Von Prof. A. E. Salazar. Mit 20 Textabb., XIV u. 133 S. in 8°. Universität Santiago (Chile). 1928.

Aus dem Zwang der Verhältnisse ist in Santiago eine wertvolle Arbeit über die Fehlerquellen der Normalelemente von Weston, Clark, Daniell usw. entstanden. Man empfand das Fehlen von Normalelementen mit wirklich konstanter Spannung so sehr, und die an allen Typen beobachteten Abweichungen waren derart große, daß sich Prof. Salazar von der Universität Santiago der Aufgabe unterzog, den Ursachen dieser unerwartet hohen Schwankungen auf den Grund zu gehen. Als interessantes Ergebnis seiner jahrelangen, in dem Buche genau geschilderten Studien kann der Verfasser nun feststellen, daß es keine Elemententype gibt, welche ihre Spannung nicht unter gewissen Umständen verändert, und daß die auftretenden Spannungen auch nicht immer einem erkennbaren Gesetz folgen. Bescheinigungen der Eichanstalten erweisen sich als mehr oder weniger wertlos, da sie nur den Zustand zur Zeit der Eichung wiedergeben. Um in entlegenen Überseeländern dennoch Vergleichswerte für genaue Spannungsmessungen zu haben, muß die Spannung der vorhandenen Eichelemente zeitweise durch ein Silber-Coulombmeter mit Hilfe einer Kompensationsbrücke nachgeprüft werden. Wenngleich unsere Laboratorien in der glücklichen Lage sind, Nacheichungen jederzeit vornehmen lassen zu können, und obwohl der größte Teil der Ursachen für die von Salazar beobachteten Erscheinungen unter hiesigen Verhältnissen entfällt, wird das vorliegende Werk doch auch in Europa von Physikern, Chemikern und Elektrotechnikern, die mit „konstanten" Normalelementen zu arbeiten haben, eingehend studiert werden. Die reiche Ausstattung mit Bildern und sehr deutlichen Kurvenblättern vermag auch dem der spanischen Sprache Unkundigen einen Überblick über den reichen Inhalt des Buches zu vermitteln.

Dr. v. Stritzl.

Patentgesetz u. Gebrauchsmusterschutzgesetz (Gewerbe- u. Industrie-Kommentar Bd. V, 1). Kommentar unt. Berücks. d. schon vorgeschlagenen u. weiter beantragt. Abänderungen d. Patentgesetzes v. Dr. jur. E. Pietzcker. 1. Halbbd. Mit 427 S. in gr. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1929. Preis geh. 26 RM, geb. 28 RM.

Das Buch stellt den Niederschlag der langjährigen Mitarbeit eines Mitglieds des Reichsgerichts an der Patentrechtsprechung dar und steht daher überall auf dem sicheren Boden der Praxis, ohne daß dabei die wissenschaftliche Durchdringung des Stoffes zu kurz kommt. Die Rechtsprechung des Reichsgerichts aus den letzten 25 Jahren ist, auch soweit nicht veröffentlicht, nach den Angaben des Verfassers in vollem Umfange berücksichtigt, ebenso ist weitgehend die Literatur zitiert.

Bei zahlreichen Entscheidungen ist der Kern des technischen Tatbestandes kurz, aber doch in solchem Umfange wiedergegeben, daß man sich ohne weiteres Material ein Bild davon machen kann, inwieweit die Entscheidung für einen speziellen Fall benutzbar ist. Diese Wiedergabe ist besonders wertvoll bei nicht veröffentlichten Entscheidungen. In vielen Fällen hat der Verfasser seine von der Praxis des Reichsgerichts abweichende Auffassung entwickelt und in einer immer anregenden und sorgfältigen Weise begründet. Dabei finden sich nicht selten wertvolle Anregungen zur Behandlung schwieriger Probleme bei der bevorstehenden Gesetzreform. Interessant sind die häufigen Vergleiche mit der englischen, amerikanischen und französischen Rechtsprechung, um neue Gesichtspunkte zur Behandlung von Einzelfragen zu finden.

Zu allen diesen Vorzügen kommt noch eine klare Darstellungsweise, die diese ausgezeichnete Arbeit leicht benutzbar macht. Sie wird sich sicher einen Platz in der ersten Reihe der Kommentare dieses viel bearbeiteten Gebietes erobern, und die Fachwelt wird mit Spannung der zweiten Hälfte des Werkes entgegensehen. Eine detaillierte Übersicht vor jedem Paragraphen und ein Sachregister erleichtern den Gebrauch des Buches wesentlich, das sich auch mit allen in der letzten Zeit aufgetauchten Problemen auseinandersetzt.

H. Herzfeld I.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Die Bilanzen der deutschen Elektroaktiengesellschaften vom 31. XII. 1928. — Das Statistische Reichsamt hat kürzlich die Bilanzergebnisse derjenigen deutschen Elektroaktiengesellschaften veröffentlicht, die zwischen dem 1. X. und 31. XII. 1928 abschlossen und an der Börse zugelassen waren bzw. deren Nominalkapital mindestens 1 Mill RM beträgt[1]. In folgender Zahlentafel sind die Werte (Mill RM) zusammengestellt:

	Elektroindustrie		Elektrizitätswerke	
	1927[1]	1928	1927[1]	1928
Gesellschaften	31	31	64	64
Nominalkapital	235,0	270,7	685,7	740,3
Aus den Aktiven				
Anlagen[2]	126,6	127,1	1013,2	1142,9
Vorräte	125,0	131,3	28,3	31,3
Beteiligungen, Effekten	47,2	53,9	109,0	121,9
Flüssige Mittel[3]	219,3	245,7	179,9	223,3
Aus den Passiven				
Nominalkapital[4]	233,1	263,9	682,3	735,3
Genußscheine	0	—	—	—
Ausgewiesene Reserven	25,7	30,5	45,0	53,0
Unterstützungsfonds	1,9	3,0	5,7	6,7
Langfristige Verschuldung[5]	47,6	56,8	326,6	483,3
Sonstige Schulden	191,8	181,6	215,8	235,7
Dividendenberechtigtes Aktienkapital	230,7	250,5	663,3	715,2
Abschreibungen[6]	12,7	14,5	47,8	53,6
Jahresreingewinn[7]	17,5	21,0	50,8	55,3
Jahresreinverlust[8]	0	—	0,1	—
Jahresreingewinn in % des Eigenkapitals	6,85	7,47	7,17	7,20
Jahresreinverlust in % des Eigenkapitals	0	—	0,01	—
Dividendensumme	15,8	18,9	47,0	50,6
Dividendensumme in % des dividendenberechtigten Aktienkapitals	6,85	7,54	7,09	7,07

[1] Mit 1928 vergleichbare Abschlüsse. — [2] Abzüglich Erneuerungskonto. — [3] Einschl. Vorausleistungen und -zahlungen. — [4] Abzüglich ausstehender Einzahlungen. — [5] Schuldverschreibungen, Hypotheken und langfristige Darlehen. — [6] Einschl. Zuweisungen zum Erneuerungsfonds. — [7] Ausgewiesener Gewinn ausschließlich des etwaigen Gewinnvortrags und vor Abzug des etwaigen Verlustvortrags. — [8] Ausgewiesener Verlust ausschl. des etwaigen Verlustvortrags und vor Abzug des etwaigen Gewinnvortrags.

Es sind also 31 Aktiengesellschaften der fabrizierenden Elektroindustrie erfaßt worden, deren Nominalkapital sich um 15,19 % auf 270,7 Mill RM erhöht hat, und 64 Elektrizitätswerksunternehmen, die über ein Nominalkapital von 740,3 Mill RM (Zunahme 7,96 %) verfügten.

In der Elektroindustrie haben auf seiten der Aktiva die Anlagen und Vorräte dem Wert nach nur eine mäßige Steigerung erfahren, während die Effekten und Beteiligungen und namentlich die flüssigen Mittel stärker gewachsen sind (letztere um 26 Mill RM, d. s. 12,04 %). Insgesamt läßt sich eine Vermehrung des Vermögens dieser untersuchten Aktiengesellschaften um 7,54 % auf 558 Mill RM feststellen. Dieser Erhöhung steht auf der Passivseite für 30 Mill RM neues Aktienkapital gegenüber, das aus größeren Aktienemissionen von fünf Gesellschaften entstanden ist. Das bilanzmäßige Eigenkapital zeigt eine Zunahme von 256,4 auf 281,0 Mill RM, das Fremdkapital eine Verringerung von 239,4 auf 238,4 Mill RM; tatsächlich gesunken sind nur die kurzfristigen Schulden, während Schuldverschreibungen, Hypotheken und langfristige Darlehen sich um fast den gleichen Betrag erhöht haben. Die Anlagebewegung und die Kapitalbewegung dieser 31 Aktiengesellschaften kommen in folgenden Ziffern (Mill RM) zum Ausdruck:

	1927	1928
Anlagen abzüglich Erneuerungskonten und Beteiligungen	173,8	181,0
Vorräte und flüssige Mittel	344,3	377,0
Bilanzmäßiges Eigenkapital[1] und langfristige Verschuldung	308,3	354,2
Sonstige Verschuldung	191,8	181,6

[1] Aktienkapital (abzügl. ausstehender Einzahlungen), ausgewiesene Reserven, Beamten- und Arbeiterunterstützungsfonds.

Die Abschreibungen haben sich verhältnismäßig in stärkerem Maße erhöht als die Anlagewerte. Sämtliche 31 Gesellschaften arbeiteten im letzten Jahr mit Gewinn, u. zw. betrug der Jahresreingewinn ausschl. des etwaigen Gewinnvortrags und vor Abzug des etwaigen Verlustvortrags 21 Mill RM gegen 17,5 Mill RM im Vorjahr, das bedeutet 7,47 % gegenüber 6,83 % des Eigenkapitals. Infolgedessen konnte sich die Dividende von durchschnittlich 6,85 % auf 7,54 % erhöhen. Von diesen Aktiengesellschaften waren 1928 der Anzahl nach 25,81 % (29,03 % i. V.), dem dividendenberechtigten Aktienkapital nach 8,85 % (10.25 % i. V.) dividendenlos. 9,68 % (6,45 % i. V.) der Gesellschaften mit 3,71 % (2,08 % i. V.) des Kapitals verteilten bis 5 % Dividende. Während sich die Aktiengesellschaften mit einer Dividendenausschüttung von 5 bis 10 % verringerten, u. zw. nach der Zahl von 61,29 % auf 58,06 % und nach dem Kapital von 86,83 % auf 85,52 %, konnten 6,45 % (3,23 % i. V.) der Gesellschaften und 1,92 % (0,84 % i. V.) des Kapitals mehr als 10 % Dividende verteilen.

Bei den 64 in die Untersuchung einbegriffenen Elektrizitätswerken ist das Gesamtvermögen von 1330,4 auf 1519,4 Mill RM gestiegen. Davon entfallen fast 130 Mill RM auf Neuanlagen und rd. 13 Mill RM auf Beteiligungen und Effekten. Die Finanzierung der Neuanlagen erfolgte fast vollständig durch langfristige (d. h. vorwiegend ausländische) Darlehen, während die Einnahmen aus der Kapitalerhöhung wohl in der Hauptsache dazu dienten, das Betriebsvermögen, d. h. die flüssigen Mittel einschl. Vorauszahlungen und Leistungen (die Vorräte spielen bei den Elektrizitätswerken eine untergeordnete Rolle) zu vermehren. Eine Gliederung der gesamten arbeitenden Mittel zeigt, daß das bilanzmäßige Eigenkapital sich von 708,3 auf 768,2 Mill RM, also um 8,46 %, das Fremdkapital von 542,4 auf 719,0 Mill RM, d. h. um 32,56 % erhöhte. Während 1928 bei den Aktiengesellschaften der Elektroindustrie die langfristige Verschuldung am gesamten Fremdkapital mit 23,83 % (19,88 % i. V.) beteiligt war, besteht das fremde Kapital bei den Elektrizitätswerken zu 67,22 % (60,21 % i. V.) aus Obligations- und Anleiheschulden und nur zu 32,78 % (39,79 % i. V.) aus kurzfristigen Verpflichtungen. Diese Ziffern lassen erkennen, in welch starkem Maß das rasche Fortschreiten der Elektrizitätsversorgung zur Erweiterung der Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen und damit zur Kreditaufnahme nötigt. Der Jahresreingewinn dieser Elektrizitätswerke betrug 55,3 Mill RM (50,8 i. V.) bzw. 7,20 % (7,17 i. V.) des Eigenkapitals, von denen 50,6 Mill RM (47,0 i. V.) als Dividende zur Verteilung kamen, d. s. 7,07 % (7,09 % i. V.) des dividendenberechtigten Kapitals. Dr. C. Albrecht.

[1] Wirtsch. u. Stat. Bd. 9, 1929, S. 625. Vgl. ETZ 1928, S. 1732.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Für den September 1929 ergibt sich bei der Einfuhr gegen den Parallelmonat des Vorjahres die erhebliche Zunahme um 303 613 £ (63 %) und im Vergleich zum August (748 286 £) eine solche um 34 645 £ (4,6 %). Die Ausfuhr andererseits zeigt im Vergleich mit dem Vormonat (1 678 755 £) eine Verringerung um 348 215 £ (21 %) und gegenüber dem September 1928 eine Abnahme um 148 038 £ (10 %). In den abgelaufenen neun Monaten ist der Import, verglichen mit der gleichen Zeit des Vorjahres, um 1 076 980 £ (24 %) und die Ausfuhr um 366 732 £ (2,7 %) gewachsen. Ihr Überschuß betrug 8 486 907 £ (9 197 155 i. V.).

Erzeugnisse	Einfuhr in £		Ausfuhr in £	
	1929	1928	1929	1928
	September			
Maschinen	137 867	97 649	432 548	399 024
Waren u. Apparate	645 064	381 669	897 992	1 079 554
	782 931	479 318	1 330 540	1 478 578
	Januar/September			
Maschinen	1 347 831	1 283 737	4 694 347	4 977 736
Waren u. Apparate	4 235 460	3 222 574	9 375 851	8 725 730
	5 583 291	4 506 311	14 070 198	13 703 466

[1] The Electrician Bd. 103, 1929, S. 465. Vgl. ETZ 1929, S. 1468.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 318: Wer fertigt die Blechzylinder zu den Zylinder-Blech-Endverschlüssen DIN VDE 7694 an?

Frage 319: Wer stellt stiftförmige hochohmige (2500 Ω) Silit- oder Karborundumwiderstände (8 × 100 mm) her?

Abschluß des Heftes: 26. Oktober 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

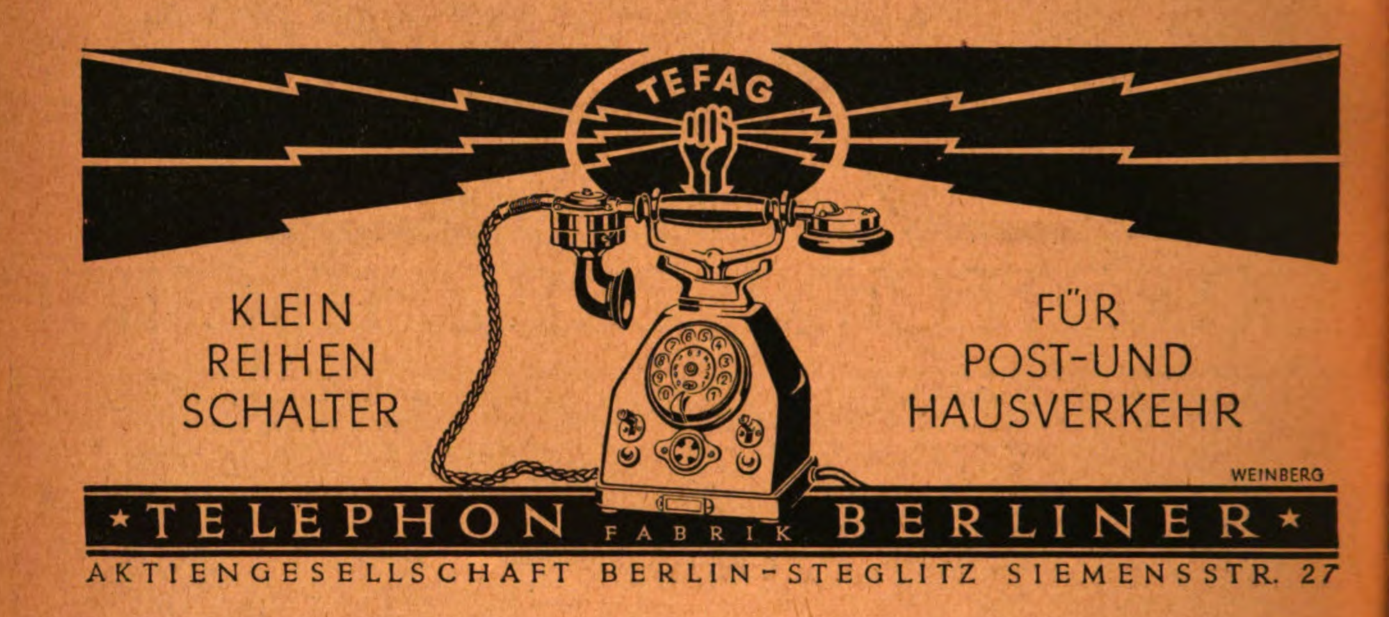
Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

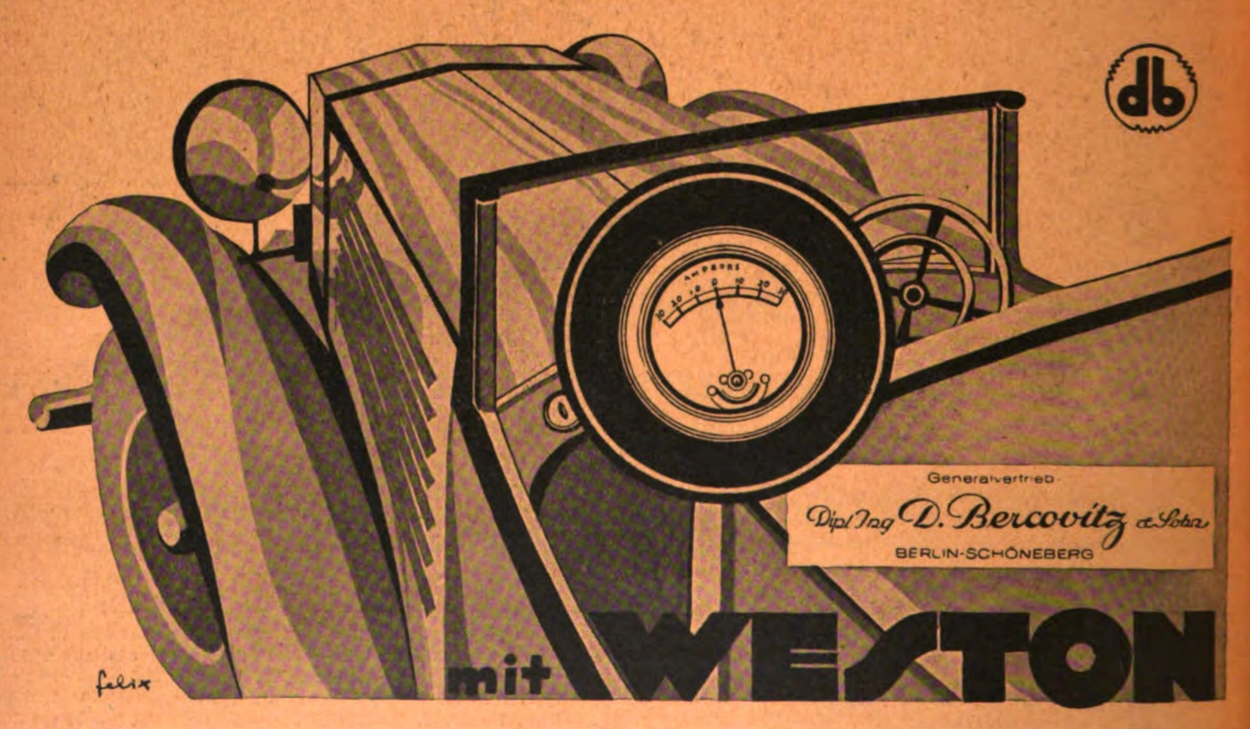
50. JAHRGANG

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

…HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
(…13–1644)
7. NOVEMBER 1929



ÜBERWACHEN SIE IHRE BATTERIE



SPRITZBRETT AMPEREMETER

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang — Berlin, 7. November 1929 — Heft 45

Vorschlag zur Berechnung von Mastfundamenten*.

Von **Th. Müller**, Berlin.

Übersicht. Um bei der Dimensionierung von Mastfundamenten den neuzeitlichen technischen Anforderungen gerecht zu werden und vor allem um die Tragfähigkeit verschiedener Bodenarten in einfacher Weise berücksichtigen zu können, soll die Frage der Tragfähigkeit von Mastfundamenten unter Zugrundelegung der im Boden hervorgerufenen Pressungen untersucht werden. Es werden hierzu vier Formeln entwickelt, diese sind zum einfachen Gebrauch in einem Kurvensystem zusammengefaßt. Sie führen gegenüber der bisherigen Methode bei größeren Fundamenten zu einer Vergrößerung des Betoninhalts (bei einem Fundament für rd. 300 000 mkg etwa um 30 %), während kleine Fundamente kleiner gemacht werden können, so daß gegebenenfalls Schwellenfundierungen wirtschaftlich durch Betonfundamente ersetzt werden können, wogegen zur Übertragung von größeren Momenten auf die Ecken verteilte Einzelfundamente notwendig werden. Zum Schluß wird eine Versuchsreihe zur Prüfung des Verfahrens vorgeschlagen.

Die heute bei der Berechnung von Mastfundamenten gebräuchliche und von den Behörden vorgeschriebene Methode[1] entstand zu einer Zeit, in der man im Vergleich zu heute noch nicht so sehr große Fundamente benötigte. Eine etwaige Unzulänglichkeit trat deshalb kaum in Erscheinung, außerdem machte man bei den Belastungsannahmen große Zuschläge, so daß auch deshalb die meisten Fundamente standhielten, weil die Belastungsannahmen in Wirklichkeit kaum erreicht wurden. Bei den heutigen Größenverhältnissen, wo man 100 und 200 m³ in ein Fundament einbaut, ist man sich in Fachkreisen einig, daß das bisherige Verfahren nicht mehr ausreicht. Man hilft sich entweder mit noch übermäßigeren Belastungsannahmen oder durch Einführung von mehr oder weniger zutreffenden zusätzlichen Koeffizienten in die bisherige rein empirische Formel. Dadurch erhält man aber weder ein genaueres Bild über die Standsicherheit des Fundaments, noch hat man eine Gewähr dafür, daß nun auch keine Materialverschwendung getrieben wurde, d. h. auch die Wirtschaftlichkeit erfordert ein Verfahren, welches gestattet, die Sicherheit des Bauwerkes etwas genauer in ein Verhältnis zum Materialaufwand zu bringen. Dazu gehören in erster Linie in ganz anderem Sinne aufgezogene Versuche und zweitens ein Rechenverfahren, das im Resultat und in seinen Einzelheiten kontrolliert werden kann. Nachstehend soll ein Verfahren in Vorschlag gebracht werden, das wieder auf die Ermittlung der auftretenden Pressungen zurückgreift.

Um den bei allen Erdberechnungen naheliegenden und als solchen auch berechtigten Vorurteilen gleich von vornherein den Boden etwas zu entziehen, mag bemerkt werden, daß es sich ja gar nicht darum handelt, nun wirklich die genauen auftretenden Bodenpressungen berechnen zu wollen. Es muß lediglich ein Zusammenhang festgestellt werden, der es gestattet, in seinem Verfolg möglichst genau den Einfluß der Veränderung der Form und Größe des Fundaments auf dessen zu erwartende Tragfähigkeit zu bestimmen, und dazu bieten gerade der Begriff der spezifischen Pressung und deren örtliche Verteilung eine vorzügliche Handhabe. Form und Bewegungsvorgänge am Fundament sind eben rein geometrische Angelegenheiten ebenso wie die Spannungsfiguren, und deshalb kann diese Frage auch nur auf dem Wege über die Spannungsfiguren mit Aussicht auf Erfolg angefaßt werden.

Das Verhältnis der theoretischen Spannungen zu den wirklich gemessenen kann dann durch Versuche festgestellt werden, jedoch ist dies zur Lösung der ersten Aufgabe, eine Funktion für die Tragfähigkeit von Fundamenten in Abhängigkeit von deren Größe zu finden, durchaus nicht nötig. Dies wird erst notwendig, wenn die verschiedenen Bodenarten berücksichtigt werden sollen, d. h. deren verschiedene zulässige Pressungen, und das ist der zweite Grund, der die Lösung der ganzen Frage von dieser Seite empfiehlt. Die Anpassung an die Bodenart ist ohne Zweifel das bedeutendste Moment beim Entwurf von Fundamenten, und dazu bietet die bisherige Methode keine Möglichkeit.

I. Entwicklung des Verfahrens.

Ein Mastfundament von der heutigen Stufenform ist im Hinblick auf seine Berechnung, so einfach es aussieht, ein äußerst komplizierter Gegenstand. Seine Wirkung beruht auf einer Gesamtheit von Einzelwirkungen, Druck, Schub, Reibung, Kohäsion, Auftrieb. Sie sind jedoch nicht alle von gleichgroßer Bedeutung und man kann Vereinfachungen vornehmen (die später durch geringe Zuschläge ausgeglichen werden können) und braucht nur die Hauptwirkungen in Betracht ziehen. Es bleiben zunächst übrig Druck und Auftrieb, und da der letztere nur in wasserreichem Boden in Frage kommt, soll bei der Entwicklung des Verfahrens nur mit Druck gerechnet werden.

Um einen komplizierten Körper der Rechnung zugänglich zu machen, versucht man ihn auf seine einfachen Elemente, aus denen er bestehend gedacht werden kann, zurückzuführen, für deren einzelne Berechnung man bereits einwandfreie und durch Versuche erhärtete Theorien hat.

Nach solcher Teilung besteht die Aufgabe darin, festzustellen, welchen Anteil die Einzelwirkung an der gesamten Tragfähigkeit hat, um dann beurteilen zu können, wie sich die Gesamttragfähigkeit verändert, wenn die eine oder andere Teilwirkung variiert. Die einfachen Elemente, in die ein abgestuftes Blockfundament zerfällt, sind erstens der vertikal eingegrabene Stab bzw. die Platte, welche sich aus seiner Vervielfältigung ergibt, und zweitens der durch ein Biegungsmoment belastete, jedoch nur auf Druck beanspruchbare Balkenquerschnitt.

Es bedeuten (siehe auch Abb. 5):

- p_1 die maximale spezifische Pressung an den Seitenwänden des Fundamentes,
- p_2 die maximale spezifische Pressung an der Grundplatte des Fundamentes,
- M das gesamte vom Fundament zu übertragende Moment, welches durch den Spitzenzug und Winddruck auf den Mast usw. hervorgerufen wird,
- M_1 denjenigen Teil des Gesamtmomentes, welcher durch die Seitenflächen des Fundamentes und
- M_2 denjenigen Teil, welcher von der Grundplatte auf den Boden übertragen wird,
- G das Gewicht des Fundamentes einschließlich des senkrecht über dem Vorsprung der Grundplatte stehenden Erdreiches,
- c den Abstand der Resultierenden des Spannungskeiles an der Grundplatte von deren Außenkante in Richtung der Momentenebene,
- a die Länge der Grundplatte in Richtung der Momentenebene,

* Über das vorliegende Thema hat Verfasser bereits vergangenes Jahr einen kurzen Fachvortrag auf der Jahrestagung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Berlin gehalten, worin das Verfahren in großen Umrissen besprochen wurde (VDE-Fachberichte 1928, S. 19).

[1] Fröhlich, Beitrag zur Berechnung von Mastfundamenten. Verlag Wilh. Ernst & Sohn, Berlin.



b_1 die Breite des Sockels in Richtung senkrecht zur Momentenebene,
b_2 die Breite der Grundplatte in Richtung senkrecht zur Momentenebene,
b_m die mittlere Breite aus b_1 und b_2,
t die Eingrabetiefe des gesamten Fundamentes.

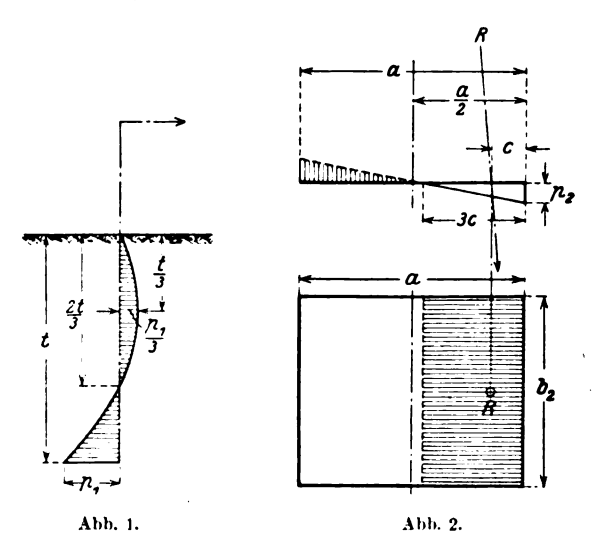


Abb. 1. Abb. 2.

Es besteht zunächst die Bedingung, daß das gesamte vom Fundament zu übertragende Moment aus der Summe der Teilmomente besteht. Die Teilmomente sind

1. das Moment aus der seitlichen Einspannung der Fundamente im Erdreich, welches sich in bekannter Weise[2] mittels der Mohrschen Parabel für die vertikal eingegrabene Platte berechnen läßt:

$$M_1 = \frac{p_1 b t^2}{12} \quad \text{(Abb. 1)},$$

und

2. das Moment aus der horizontalen Auflage der Grundplatte im Erdreich, dessen Spannungsbild sich aus der ebenfalls als bekannt[3] vorausgesetzten Kantenspannungsformel ergibt (Abb. 2).

Es ist: $p_2 = \frac{2\,G}{3\,b_2\,c}$, wobei $c = \frac{a}{2} - \frac{M_2}{G}$, während G anstatt der Resultierenden R aus Spitzenzug und Vertikallast eingesetzt wird, so daß

$$M_2 = G\,\frac{a}{2} - \frac{2\,G^2}{3\,b_2\,c}.$$

Diese letzte Form kann angewandt werden, da in den praktisch vorkommenden Fällen immer $c < \frac{a}{3}$.

ziehung zueinander zu bringen. Man könnte versucht sein, sie beide gleichzusetzen oder sie im Verhältnis ihrer Wirkflächen oder ihrer Wirklängen zu unterteilen, jedoch erweisen sich diese Verhältnisse sogleich als ungenau, wenn man folgendes bedenkt. Jede der beiden Spannungsfiguren geht von einem Nullpunkt aus, d. h. von einem Punkt, bei dessen Überschreitung die Spannungen durch Null gehen und das Vorzeichen wechseln, und der somit die spezifischen Eigenschaften eines Drehpunktes zeigt. Die einfache Addition beider Spannungsbilder, unter Annahme irgendeines gegenseitigen Verhältnisses, würde demnach zwei gleichzeitig an ein und demselben Körper vorhandene Drehpunkte voraussetzen. Die Unmöglichkeit dieses Umstandes liefert einen Weg zur Bestimmung des Verhältnisses der beiden maximalen Spannungen zueinander. Jede Bewegung eines Körpers kann in jedem Augenblick nur e i n e n Drehpunkt zur Folge haben, und da der Verlauf der Spannungen in jedem einzelnen Fall vom Drehpunkt aus bekannt ist, so ergibt sich der Verlauf sämtlicher Spannungen dann, wenn sie alle auf einen Drehpunkt bezogen werden (Abb. 3).

Die Aufgabe reduziert sich darauf, die Lage des in Wirklichkeit schon vielfach nachgewiesenen Drehpunktes rechnerisch festzustellen. Die Möglichkeit dazu ergibt sich wiederum auf dem Wege über die Betrachtung der Einzelwirkungen.

Vertikal eingegrabene Stäbe und Platten besitzen glücklicherweise die Eigenschaft, daß sie bei horizontaler Belastung über Erde in weiten Grenzen im Hinblick auf Länge und Belastung ihren Drehpunkt stets an derselben Stelle, nämlich in ⅔ der Eingrabetiefe beibehalten. Die Spannungsparabel ist also in allen Fällen so zu legen, daß sie die Vertikale an der Einspannstelle und im unteren Drittelpunkt schneidet, wobei die Spannung im Scheitel der Parabel ⅓ derjenigen am unteren Ende des Stabes beträgt, wenn man in erster Annäherung voraussetzt, daß die Festigkeit des Bodens linear mit der Tiefe anwächst. Diese Eigenschaft gibt schon eine große Vereinfachung an die Hand. Der Einfluß der von der Grundplatte übertragenen Spannungen kann sich bei den wirklich auftretenden Bewegungen in der Hauptsache nur mehr in einer seitlichen Verlagerung des Drehpunktes bemerkbar machen, und diese läßt sich, durch die maximale Spannung an der Grundplatte ausgedrückt, als einzige Unbekannte in Abhängigkeit von dem durch den Versuch festgestellten Moment berechnen. In der Tat ergibt eine Nachrechnung des Versuchs Nr. 1 von F r ö h l i c h, wie später gezeigt wird, ziemlich genau die in Wirklichkeit festgestellte Lage des Drehpunktes. Die Höhenänderung, die bei dem Drehpunkt in den Fröhlichschen Versuchen eingetreten war, ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß die Versuche bis in ein Gebiet ausgedehnt wurden, wo die Festigkeit des Bodens längst zerstört war und man bereits von einem Transport des Fundamentes aus der Tiefe an die Erdoberfläche reden konnte. Innerhalb der Elastizitätsgrenze des Erdreiches kann eine vertikale Wanderung des Drehpunktes allenfalls im Bereich zwischen den beiden extremen Drehpunktslagen der einzelnen Fundamentelemente erwartet werden aber nicht

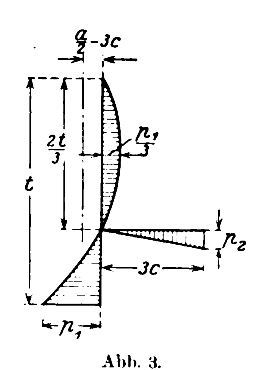


Abb. 3.

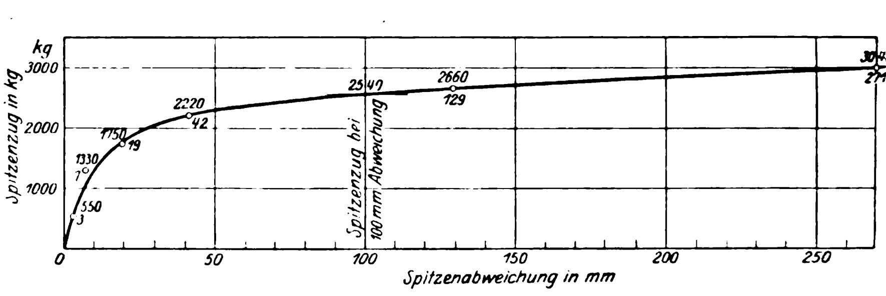


Abb. 4.

Die Summe der Momente dieser beiden Spannungsflächen muß gleich dem zu übertragenden Gesamtmoment sein, d. h. sämtliche auftretenden Spannungen müssen in eine einzige Abhängigkeit voneinander gebracht werden. Die Teilabhängigkeit der Spannung an der vertikal eingespannten Platte von der maximalen Pressung am unteren Ende ist bereits bekannt, ebenso diejenige an der horizontal eingespannten Platte. Es handelt sich noch darum, die beiden maximalen Spannungen p_1 und p_2 in eine Be-

etwa darüber hinaus, denn der Drehpunkt für den vertikalen Stab allein liegt fest und der horizontale Stab allein hat nur die Tendenz zu einer horizontalen Verschiebung des Drehpunktes innerhalb seiner ja auf jeden Fall unter dem Ende des vertikalen Stabes liegenden Auflagelinie. Man könnte diesem Gesichtspunkt Rechnung tragen dadurch, daß man etwa den Schnittpunkt der Parabel nicht auf ⅔ der Eingrabtiefe sondern um einen geschätzten geringen (nur um einen solchen kann es sich handeln) Betrag tiefer legt, jedoch wäre die Auswirkung dieser Maßnahme von einer Kleinheit höherer Ordnung im Vergleich zur Bedeutung der prinzipiellen Anord-

[2] S. a. Kapper, Freileitungsbau. Verlag R. Oldenbourg, München-Berlin.
[3] Wie Fußnote 1.

nung des Drehpunktes in etwa ⅔ Tiefe und in Abhängigkeit von der Pressung der Grundplatte. Man setzt ferner mit größter Annäherung an Stelle des Zweiges der Parabel für die seitlichen Spannungen, welcher sich unterhalb des Drehpunktes befindet, eine Gerade und erhält damit die einfache Beziehung, daß sich bei Bewegung des Fundamentes um einen Drehpunkt nunmehr alle Spannungen am unteren Teil des Fundamentes verhalten müssen wie die Wege der Fundamentteilchen, auf denen die Spannungen senkrecht stehen, wobei sich die Wege ihrerseits wieder verhalten wie ihre Abstände vom Drehpunkt (Abb. 5).

Es ist daher

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{t}{3}}{3\,c}.$$

Hieraus kann in einfacher Weise eine maximale Spannung expliziert und in die Gleichung für das Gesamtmoment eingesetzt werden. Setzt man nun noch, um bei der seitlichen Einspannung die über die Sockelbreite hinausragenden Teile der Grundplatte zu berücksichtigen, an Stelle der Sockelbreite in erster Annäherung als mittlere Breite die Länge ein, welche sich ergibt bei Umwandlung der gesamten Seitenfläche des Fundamentes in ein Rechteck, dessen eine Seite die gesamte Eingrabetiefe ist, so daß

$$b_m = b_1 + \frac{(b_2 - b_1)^2}{2\,t},$$

dann erhält man die endgültige Gleichung dritten Grades. Nach M aufgelöst, ergibt sie sich in der Form (1) als Momentengleichung, nach Spannungen geordnet in Form (2) als Spannungsgleichung. (3) und (4) sind Dimensionierungsgleichungen, wovon Form (3) für rechteckigen und Form (4) für quadratischen Grundriß des Fundaments gelten.

II. Zusammenstellung der Formeln.

$$M = G\,\frac{a}{2} - \frac{2\,G^2}{b_2 \,.\, 3\,p_2} + \frac{p_2^2\, b_2 \left(b_1 + \frac{(b_2 - b_1)^2}{2\,t}\right) t^3}{72\,G}. \quad (1)$$

$$p_2^3 + p_2 \frac{\left(G\,\frac{a}{2} - M\right) .\, 72\,G}{b_2 \left(b_1 + \frac{(b_2 - b_1)^2}{2\,t}\right) t^3} - \frac{48\,G^3}{b_2^2\, t^3 \left(b_1 + \frac{(b_2 - b_1)^2}{2\,t}\right)} = 0. \quad (2)$$

$$b_2^4 - b_2^3 \,.\, 2\,b_1 + b_2^2 (b_1^2 + b_1 \,.\, 2\,t) + b_2 \frac{\left(G\,\frac{a}{2} - M\right) .\, 144\,G}{p_2^2\, t^2} - \frac{96\,G^3}{p_2^3\, t^2} = 0. \quad (3)$$

$$b_2^4 - b_2^3 \,.\, 2\,b_1 + b_2^2 \left(b_1^2 + b_1 \,.\, 2\,t + \frac{72\,G^2}{p_2^2\, t^2}\right) - b_2 \frac{144\,M\,G}{p_2^2\, t^2} - \frac{96\,G^3}{p_2^3\, t^2} = 0. \quad (4)$$

Es muß nun an einem Versuchsfundament die Unbekannte, d. i. die maximale Spannung, durch das von dem Fundament übertragbare Moment festgestellt werden. Aus ihm leiten sich alle anderen Größen ab und aus der Veränderung der letzteren können dann neue Fundamente berechnet werden.

Mangels eigener Versuche wurde dazu der Versuch Nr. 1 von Fröhlich gewählt (Abb. 6). Als größte Tragfähigkeit dieses Fundamentes sei mit Fröhlich diejenige angesehen, bei welcher der aufgeschraubte Versuchsmast von 6 m Höhe eine Spitzenabweichung von 100 mm aufweist. Hierzu ist zunächst folgendes zu sagen:

Trägt man die bei diesem Versuch ermittelten Spitzenzüge über den Spitzenabweichungen auf, so ergibt sich Abb. 4. Etwa bei 2000 kg macht die Kurve eine deutliche Schwenkung nach der Horizontalen, d. h. sie sieht der bekannten Festigkeitskurve für Metalle ziemlich ähnlich, die an der Stelle, wo sie nach der Horizontalen umschwenkt, aus dem elastischen in den unelastischen Bereich übergeht. Dies ist auch hier der Fall und man erkennt deutlich, daß die Spitzenabweichung von 100 mm bereits im Fließbereich liegt, d. h. die Widerstandsfähigkeit des Bodens ist bereits zerstört und es genügen ganz geringe Mehrlasten, um sehr bedeutende Spitzenabweichungen zu erreichen. In Zukunft müßte also die Belastungsgrenze bis vor den Knick in der Kurve zurückgesetzt werden. Trotzdem soll einer direkten Vergleichsmöglichkeit zuliebe die Spitzenabweichung von 100 mm als Maß für die Tragfähigkeit angesehen werden.

Man erhält nach Fröhlich aus der Kurve Abb. 4 den Spitzenzug von 2540 kg als Grenze für die Tragfähigkeit des vorliegenden Versuchsfundamentes. Dies ergibt mit einem Mast von 6 m Höhe über Erde ein auf Drehpunkttiefe bezogenes Moment von

$$M = 2540 \,.\, \left(600 + \frac{200 \,.\, 2}{3}\right) = 1\,870\,000 \text{ cmkg.} \quad (5)$$

Als Gewicht wird in die Rechnung mit einbezogen dasjenige des Betons und das der senkrecht auf dem den Sockel überragenden Teil der Grundplatte lastenden Erde, u. zw. unter Zugrundelegung der in Wirklichkeit gemessenen spezifischen Gewichte. Das Gewicht des Mastes und seiner Belegung wird vernachlässigt. Es ergeben sich für den Beton mit einem spezifischen Gewicht von 2,2 9,9 t und für die Erde mit einem spezifischen Gewicht von 2,18 5,6 t, zusammen ein Wirkgewicht von 15,5 t.

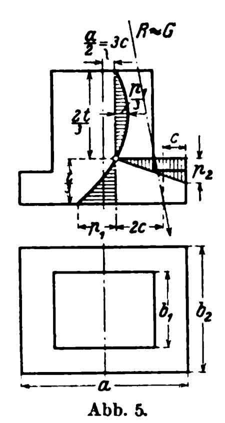


Abb. 5.

Die Werte ergeben, in die Formel für die maximale Pressung in t/m² eingesetzt, die kubische Gleichung

$$p_2^3 + p_2 (-2{,}23) - 4{,}56 = 0, \quad (6)$$

aus der man die maximale Bodenpressung erhält zu

$$p_2 = 21 \text{ t/m}^2 = 2{,}1 \text{ kg/cm}^2, \quad (7)$$

während sich die maximale Seitenpressung zu

$$p_1 = \frac{21{,}0 \,.\, 200}{9 \,.\, 0{,}264} = 17{,}7 \text{ t/m}^2 = 1{,}77 \text{ kg/cm}^2 \quad (8)$$

errechnet.

Der Wert 2,1 kg/cm² ist der größere und sagt aus, daß der vorliegende Boden in einer Tiefe von 2 m, wie sie das Versuchsfundament hatte, bis zur Grenze seiner Tragfähigkeit belastet ist. Diese Pressung kann nun mit neuen Fundamentabmessungen zusammen wieder in Gl. (1) eingesetzt werden und man erhält die Tragfähigkeit des neuen Fundamentes.

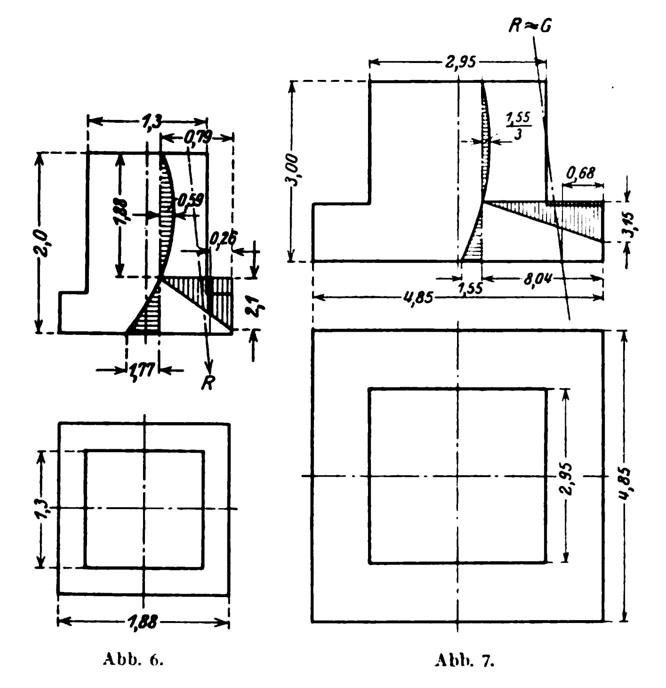


Abb. 6. Abb. 7.

Mit dem gefundenen Wert soll das Spannungsbild konstruiert werden. Man zeichnet das Fundament maßstäblich auf; c ergibt sich gemäß Abb. 6 zu

$$c = \frac{1{,}88}{2} - \frac{10{,}49}{15{,}5} = 0{,}94 - 0{,}676 = 0{,}264 < \frac{1{,}88}{3} < 0{,}626. \quad (9)$$

Der dreifache Wert hiervon stellt den Abstand der Nullinie, d. h. des Drehpunktes, von der Fundamentkante dar. Seine Höhenlage war zu ⅔ der Eingrabetiefe bestimmt. Die Spannungen werden in irgendeinem Maßstab aufgetragen und damit fällt der rechnerisch ermittelte Drehpunkt tatsächlich ziemlich genau an die Stelle, wo ihn die Versuche andeuten.

Nachdem somit der an der Grenze der Fundamenttragfähigkeit auftretende Bodendruck mit 2,1 kg/cm² gefunden ist, können nun weitere Fundamente mit diesem Wert be-

rechnet werden, der natürlich nur für gleichartigen Boden gilt.

Beispiel. Als Beispiel soll ein neues großes Fundament bestimmt werden für eine Eingrabetiefe von 3,0 m und mit den Maßen

$$t = 3{,}0\,,\quad b_2 = 4{,}85\,,\quad b_1 = 2{,}95.$$

Die Stufenhöhe ist gleich der halben Differenz zwischen b_2 und b_1. Die mittlere Breite beträgt

$$b_m = 2{,}95 + \frac{(4{,}85 - 2{,}95)^2}{2\,.\,3{,}0} = 3{,}55.$$

Das Gewicht des Betons mit $s = 2{,}2$ beträgt bei einem Betoninhalt von 40,3 m³

$$G_B = 88{,}7\ \text{t}.$$

Das Gewicht der Erde, soweit sie senkrecht auf der den Sockel überragenden Stufe liegt, beträgt

$$G_E = 66{,}3\ \text{t},$$

also

$$G_B + G_E = G = 155\ \text{t}.$$

Die zulässige Bodenpressung für 3 m Tiefe ergibt sich proportional aus derjenigen für 2 m Tiefe beim Versuchsfundament festgestellten von 2,1 kg/cm²:

$$\frac{2{,}1\,.\,3}{2} = 3{,}15\ \text{kg/cm}^2$$

Mit diesen Werten, eingesetzt in die Momentengleichung, ergibt sich das Moment zu

$$\left.\begin{aligned} M &= \frac{155{,}0\,.\,4{,}85}{2} - \frac{2\,.\,155{,}0^2}{4{,}85\,.\,3\,.\,31{,}5} + \frac{31{,}5^2\,.\,4{,}85\,.\,3{,}552\,.\,3{,}0^3}{72\,.\,155{,}0} \\ &= 376{,}0 - 105{,}0 + 41{,}3 = 312{,}3\ \text{mt}. \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

Aus Abb. 7 ist ersichtlich, daß auch hier der Drehpunkt an die Stelle fällt, die der Versuch voraussichtlich angeben wird. Zum Vergleich soll nun für dasselbe Moment ein Fundament nach der Fröhlichschen Methode bestimmt werden. Unter Beibehaltung derselben Eingrabetiefe und der gleichen Sockelbreite errechnet sich die untere Breite zu

$$b_2^3 - 1{,}88\,\frac{3{,}0 + 2{,}95}{3{,}0 + 0{,}94}\,b_2^2 + 1{,}88\,\frac{3{,}0 + \frac{2{,}95}{2}}{3{,}0 + 0{,}94}\,2{,}95\,b_2 = \frac{2\,.\,312{,}3}{1{,}19\,.\,3{,}0\,(3{,}0 + 0{,}94)}\,. \quad (11)$$

$$b_2^3 - 2{,}84\,b_2^2 + 6{,}3\,b_2 = 44{,}3 \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

$$b_2 = 4{,}04. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

Die erforderliche Betonmenge verringert sich dadurch auf

rd. 30 m³,

beträgt also gegenüber dem nach der neuen Methode berechneten Fundament um 25 % weniger.

Auf dem Kurvenblatt Abb. 8 sind die für eine Anzahl von Fundamenten mit vorstehendem Verfahren errechneten Momente in Kurvenform zusammengestellt. Sie gelten mit der Maßgabe, daß die im Fröhlichschen Versuch bei 100 mm Spitzenabweichung auftretende Bodenpressung noch zulässig ist, obwohl, wie aus der Kurve Abb. 4 ersichtlich ist, die Grenze schon bei etwa 30 mm erreicht war, u. zw. ohne Berücksichtigung des Mastgewichtes, da dieses bei Versuchen nur in geringem Maß vorhanden ist. Bei Fundamenten von schweren Masten müßte das Mastgewicht natürlich mit in Rechnung gestellt werden. Jedoch ist der Unterschied nicht sehr groß, da das Mastgewicht im Verhältnis zum Beton- und Erdgewicht meistens gering zu veranschlagen ist. Die Fundamente sind in der Weise ausgewählt, daß deren Abmessungen, ausgehend von einer kleinsten Form ähnlich derjenigen, welche dem Versuch 1 von Fröhlich zugrunde lag, nach allen Richtungen kontinuierlich wachsen, u. zw. in Abhängigkeit von dem zu übertragenden Moment und außerdem nach der Breite etwas rascher als nach der Tiefe. Bei der Bestimmung dieses letzteren Verhältnisses ist davon ausgegangen, daß einerseits die Sockelbreiten für die zu erwartenden Mastbreiten an der Einspannstelle ausreichen, anderseits davon, daß bei großen Fundamenten die Eingrabetiefe nicht übermäßig groß wird. In den Fällen, wo die Sockelbreite trotzdem nicht passen sollte, kann dann mit Hilfe der Gl. (3) oder (4) zur passend gewählten Sockelbreite die erforderliche Grundplatte berechnet werden.

Grundsätzlich ist Verfasser dafür, daß das System der gleichen Eingrabetiefe für verschiedene Momente verlassen wird, u. zw. nicht allein aus Gründen der vereinfachten graphischen Darstellung sondern einer natürlichen Anpassung an die Grundform der Versuchsfundamente zuliebe, auf welcher ein Teil der Sicherheit jeder Rechenmethode basiert.

Gebrauch des Kurvenblattes.

Das Kurvensystem gilt für quadratische Fundamente und ist in der Weise zusammengestellt, daß eine Vertikale, welche von der auf der Abszissenachse eingetragenen Eingrabetiefe aus gezogen wird, sämtliche wissenswerten Daten auf den betreffenden Kurven als Ordinaten abschneidet, welche dann an den Seiten des Kurvenblattes abgelesen werden können. Die Abszissenachse ist oben angenommen, damit die Momentenkurve beliebig nach unten verlängert werden kann, lediglich die Beton- und

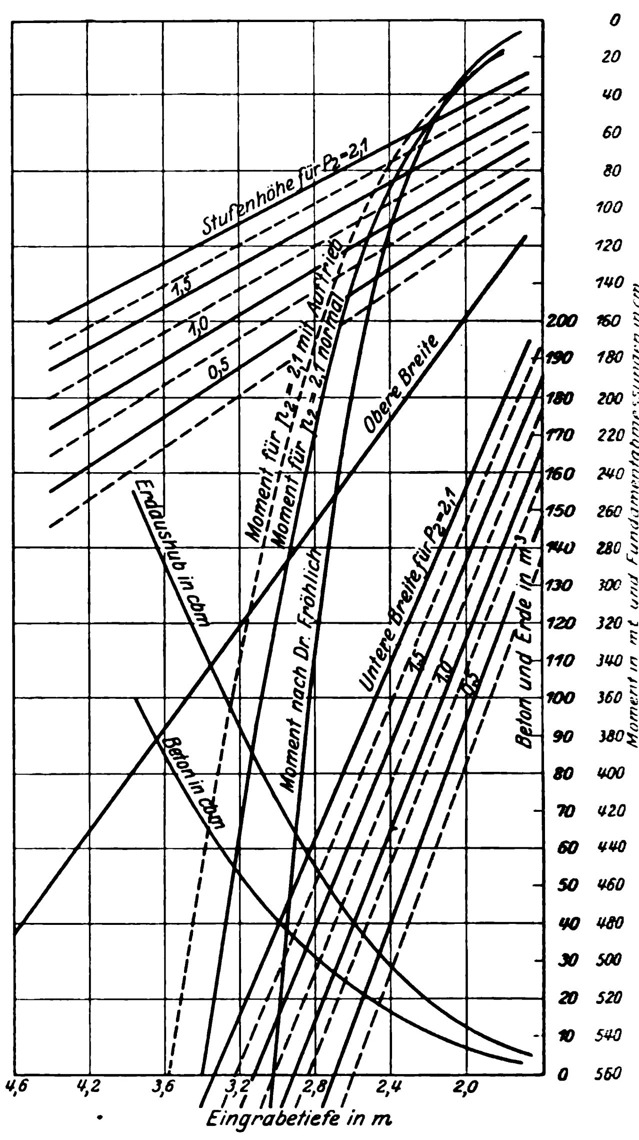


Abb. 8. Kurventafel zur Bestimmung von Stufenblockfundamenten.

Erdvolumina werden von unten nach oben abgelesen und haben deshalb eine besondere Abszissenachse auf dem unteren Teil des Blattes. Bei Gebrauch des Kurvenblattes wird auf der Momentenkurve das gewünschte Moment festgelegt und durch diesen Punkt eine Vertikale gezogen, die dann von oben nach unten der Reihe nach auf den entsprechenden Kurven die oben abzulesende Eingrabetiefe und die an den Seiten abzulesenden Werte für die obere Breite, untere Breite, den Erdaushub und das Betonvolumen abschneidet.

Für das Moment sind zwei Kurven eingetragen, u. zw. bezieht sich die eine auf eine Bodenpressung, wie sie sich aus dem beim Versuch vorhandenen Boden nach der vorliegenden Methode ermittelt und die u. U. als normal angesehen werden könnte, während die zweite Kurve für dieselben Fundamente mittels der Fröhlichschen Methode ermittelt ist. Die beiden Kurven schneiden sich, d. h. vom Schnittpunkt aus sind die nach der neuen Methode berech-

neten kleinen Fundamente kleiner und die großen Fundamente größer als die nach Fröhlich berechneten.

Im Anfang ist der Unterschied im erforderlichen Beton für das gleiche Moment verhältnismäßig gering, während er bei etwa 300 000 mkg doch rd. 30 % der kleineren und rd. 25 % der größeren Fundamente ausmacht. Diese Tendenz der Vergrößerung entspricht rein äußerlich schon dem Ergebnis, das man von einer neuen Methode erwartet. Es steht nun nichts im Wege, die Anzahl der Kurven durch Einsetzen verschiedener zulässiger Pressungen, d. h. verschiedener Bodenarten, beliebig zu erweitern. Hier ist dies durchgeführt bis zu einer Pressung von 0,5 kg/cm² herab in Intervallen von 0,5 kg/cm². Die darunter liegenden gestrichelten Linien sind für dieselben Fundamente unter Berücksichtigung des Auftriebes ermittelt. Die Kurven für Beton und Erde gelten jedoch nur für 2,1 kg/cm².

Die Berücksichtigung des Auftriebes geschah vorläufig in der Weise, daß einfach das Gewicht des verdrängten Wassers in Abzug gebracht ist. Inwieweit diese Maßnahme ausreichend bzw. zu hoch gegriffen ist, müßte ebenfalls noch durch Versuche erwiesen werden. Verfasser neigt zu der Ansicht, da ja der Vorgang des Auftriebs an die Möglichkeit des Druckausgleichs in der Trägermaterie gebunden ist, daß sich der Auftrieb wenigstens bei feinkörnigen dichten Böden auf dem Weg über die durch das Wasser verminderte Bodenfestigkeit berücksichtigen lassen müsse und erst dann in vollem Umfang eingesetzt zu werden braucht, wenn das Wasser dem Boden bereits derart seine Festigkeit, d. h. seinen Schubwiderstand genommen hat, daß aus dem vorhandenen Wasser-Erde-Gemisch eine leicht bewegliche, den Druckausgleich ermöglichende Materie geworden ist. Bei durchlässigem Geröll, wo der Druckausgleich des Wassers durch die Hohlräume erfolgt, kann über das Vorhandensein des vollen Auftriebs kein Zweifel bestehen.

III. Schlußbemerkung und Vorschlag für neue Versuche.

Der Verlauf der beiden Momentenkurven bietet mit Rücksicht auf die Erhöhung der Tragfähigkeit der kleinen Fundamente vor dem Kurvenschnittpunkt die Möglichkeit, unter gewissen Verhältnissen die gebräuchliche Schwellenfundierung ebenfalls wirtschaftlich durch Betonfundamente zu ersetzen. Anderseits zwingt das rasche Anwachsen der notwendigen Betonmengen für die Übertragung größerer Momente recht bald zum Verlassen des Blocksystems und man wird von einer gewissen Grenze an zu vorteilhafteren Fundierungsmethoden übergehen, z. B. im Sinne der Einzelfundierung der vier Eckstiele des Mastes. Vor allem wird dies nötig, wenn Fundamente in stark wasserführenden Boden eingebaut werden sollen, wo meistens durch die Wasserhaltung in den Baugruben unverhältnismäßig hohe Beträge verschlungen werden.

Mit welchem Grad der Annäherung an die Wirklichkeit die errechneten Momente an die tatsächlich gemessenen herankommen, muß durch neue Versuche festgestellt werden. Diese müßten in erster Linie darauf gerichtig sein festzustellen, inwieweit sich bei ähnlicher Vergrößerung der Fundamente deren errechnete Tragfähigkeit mit der durch den praktischen Versuch gemessenen deckt, u. zw. müßte der Versuch in Größenverhältnissen durchgeführt werden, wie sie dem heutigen Stand der Technik entsprechen, etwa in der Weise, daß eine erste Reihe von etwa 3 Fundamenten in aufsteigender Größe von rd. 3 m³ angefangen bis zu rd. 30 m³ Betoninhalt für das größte Fundament hergestellt und in gleichen Boden eingebaut werden. Ferner müßte durch eine zweite Reihe von Fundamenten mit ein und derselben Form und Größe, jedoch in verschiedenartigen Boden eingebaut, der Einfluß der Bodenart festgestellt werden. Vorliegende Methode wird mit größerer Annäherung eine Funktion für die Veränderung der Tragfähigkeit von Fundamenten in Abhängigkeit von ihrer Vergrößerung geben, als es nach der bisherigen Methode der Fall ist; jedoch kann ein exaktes Werturteil erst nach neuen Versuchen in obiger Richtung abgegeben werden. Aber abgesehen davon wäre auch bei Gleichwertigkeit der Methoden im Hinblick auf Tragfähigkeitsergebnisse derjenigen Methode der Vorzug zu geben, welche Schlüsse auf die Bodenbeanspruchung und damit auf die Fundamentbeanspruchungen zuläßt; denn gerade die neuesten Vorkommnisse weisen darauf hin, daß man in der Praxis noch kein Auge für diese Zusammenhänge hat.

Der aperiodische Verstärker in der Meßtechnik*.

Von **Manfred von Ardenne**, Berlin.

Übersicht. Auf die vorzügliche Eignung von Verstärkern mit Widerstandskopplung und Mehrfachröhrenaufbau für die Messung sehr kleiner Hoch- und Niederfrequenzspannungen wird hingewiesen. Die zweckmäßige Ausführung eines solchen Verstärkers wird an Hand eines Modelles beschrieben. Besonders wird auf eine Einrichtung eingegangen, in der ein Meßverstärker für Hochfrequenz mit einem Röhrenvoltmeter kombiniert ist und mit der noch Hochfrequenzspannungen von 10^{-5} V bestimmt werden können. Weiterhin wird die Kombination des Meßverstärkers mit einer Braunschen Röhre besprochen.

Die Empfindlichkeit elektrischer Meßinstrumente ist begrenzt. Es ist daher schon frühzeitig versucht worden, die Verstärkerwirkung von Elektronenröhren auszunutzen, um die untere Meßgrenze herabzusetzen. Wie weit es möglich ist, durch einen vorgeschalteten Gleichstromverstärker die Empfindlichkeit bei Gleichspannungs-Messungen zu verbessern und welche neuen Grenzen sich hierbei einstellen, ist bereits ausführlich von Jäger und Kußmann[1] untersucht worden. Über die Ausführung und Anwendung von Vorverstärkern für die Messung sehr kleiner Wechselspannungen und insbesondere für die Messung sehr kleiner Hochfrequenz-Wechselspannungen ist bisher kaum etwas veröffentlicht worden.

Forderungen, die an einen Meßverstärker zu stellen sind.

Ein Verstärker, der zur Erhöhung des Meßbereiches eines Wechselspannungsmessers benutzt werden soll, muß nach der Eichung einen auch über große Zeiträume konstanten Verstärkungsgrad aufweisen. Ebenso wie bei dem nachgeschalteten Wechselspannungsmesser soll auch der Vorverstärker innerhalb des in Frage kommenden Meßbereichs frequenzunabhängig sein. Ist eine Frequenzabhängigkeit nicht zu vermeiden, wie beispielsweise bei Hochfrequenzmessungen, so soll diese möglichst gering sein, damit der Meßfehler auch dann klein bleibt, wenn keine sehr genauen Frequenzbestimmungen vorgenommen werden. Um verschiedene Empfindlichkeitsstufen einstellen zu können, muß weiterhin der Verstärkungsgrad innerhalb gewisser Grenzen in definierter Weise veränderlich sein. Der Widerstand des Meßverstärkers an der Eingangseite soll groß sein gegenüber den Widerständen, an denen die zu messenden Spannungen abgenommen werden, damit er keine Belastung darstellt. Der Widerstand an der Ausgangseite des Meßverstärkers muß anderseits so klein und so geartet sein, daß das nachgeschaltete Meßinstrument ebenfalls keine Belastung bedingt, die die Gesamtspannungsverstärkung des Meßverstärkers verringern und noch eine Frequenzabhängigkeit hervorrufen kann. Ist die letztere Forderung nicht zu erfüllen, so darf der Meßverstärker nicht für sich allein geeicht werden sondern nur im Zusammenwirken mit dem Meßinstrument. Die verschiedenen Anforderungen lassen sich praktisch am einfachsten erfüllen, wenn die verschiedenen Stufen des Meßverstärkers über Ohmsche Widerstände miteinander gekoppelt und die Röhren- und Schaltungskapazitäten durch den kapazitätsarmen Mehrfachröhrenaufbau auf ein Minimum reduziert werden.

Der aperiodische Verstärker als Meßverstärker.

Um einen konstanten Verstärkungsgrad zu erhalten, kommt es, konstante Stromquellen vorausgesetzt, darauf an, daß die verschiedenen Teile des Verstärkers sich nicht ändern. Die meisten Fehlermöglichkeiten liegen hier in den Röhren. Bei Anwendung der Widerstands-

* In anderer Form als Vortrag im Elektrotechnischen Verein am 24. IX. 1929 gehalten.

[1] Jäger u. Kußmann, Phys. Z. Bd. 28, S. 645.

kopplung für Niederfrequenz und für Hochfrequenz sind die Röhren jedoch so wenig belastet, daß erhebliche Änderungen der Empfindlichkeiten im Betrieb recht selten zu beobachten sind. Die Widerstandskopplung gewährleistet weiterhin, besonders bei kapazitätsarmem Aufbau und entsprechender Dimensionierung, eine ausgezeichnete Frequenzunabhängigkeit. Bei Frequenzen über etwa 300 kHz, wo wirksame Verstärkungsgrade mit aperiodischen Kopplungen nur zu erreichen sind, wenn eine gewisse Anpassung zwischen dem Widerstand der schädlichen Kapazität und dem inneren Röhrenwiderstand besteht, ist die Frequenzabhängigkeit noch nicht so stark, daß es auf eine sehr genaue Bestimmung der Frequenz ankommt. Auch die Einstellung der verschiedenen Empfindlichkeitsstufen gelingt bei aperiodischer Kopplung zwischen den Röhren recht einfach. Der Widerstand des Meßverstärkers an der Eingangseite ist besonders bei Hochfrequenz aber auch bei Niederfrequenz in erster Linie bestimmt durch den Scheinwiderstand, der infolge der Anodenrückwirkung besteht. Dieser Widerstand ist der Natur seines Entstehens nach sehr frequenzabhängig.

Abb. 1. Schaltung des Meßverstärkers.

Bei Niederfrequenz ($f < 10\,000$ Hz) liegt der Widerstand an der Eingangseite je nach der Dimensionierung etwa in der Größenordnung $10^6\,\Omega$ und mehr. Bei Hochfrequenz ($f < 1300$ kHz) liegt der Eingangswiderstand bei einer Anordnung, wie sie unten beschrieben ist, etwa in der Größenordnung $2 \cdot 10^4\,\Omega$ und mehr. Bei den meisten Messungen werden die genannten Werte für den Eingangswiderstand groß sein gegenüber dem Widerstand, an dem die sehr kleine Spannung gemessen wird. Sollen sehr kleine Spannungen an höheren Widerständen gemessen werden, so kann der Widerstand an der Eingangsseite durch entsprechende Dimensionierung der ersten Stufe des Meßverstärkers sehr heraufgesetzt werden. Dadurch, daß in der ersten Stufe auf eine wirksame Verstärkung verzichtet wird und gleichzeitig eine Röhre mit großem Durchgriff, sehr kleiner Gitter-Anode-Kapazität und ein kleiner Kopplungswiderstand benutzt werden, kann die Rückwirkung hinreichend abgeschwächt werden. Bei einer solchen Ausbildung der Eingangseite des Meßverstärkers ist die Größe des Eingangswiderstandes dann im wesentlichen durch die Gitterströme, den Isolationswiderstand usw. gegeben. Bei der Durchführung von Messungen, bei denen das Eingangsgitter nicht über einen kleinen Widerstand mit der Kathode verbunden ist, muß sehr darauf geachtet und eventuell durch Abschirmung verhindert werden, daß nicht auf kapazitivem Wege unkontrollierbare Spannungen in den Verstärker gelangen, die das Meßergebnis fälschen. Die Verbindung des eigentlichen Meßinstrumentes mit der Ausgangseite des Verstärkers ist meist in einwandfreier Weise möglich, da der Eingangswiderstand des Verstärkers, der durch den inneren Widerstand der letzten Röhre gegeben ist, relativ niedrig liegt. Speziellere Angaben über die Gestaltung der Ausgangseite des Meßverstärkers für Hoch- und Niederfrequenz sind in einem späteren Abschnitt bei der Besprechung eines Ausführungsbeispiels behandelt.

Voraussetzung für ein einwandfreies Arbeiten ist natürlich eine Anordnung, die so getroffen ist, daß keine kritischen Kopplungen zwischen Eingangs- und Ausgangseite bestehen. Gegenüber abgestimmten Verstärkern haben aperiodische Verstärker für Hochfrequenz den Vorteil, daß die Phasenverhältnisse so liegen, daß die Rückwirkung von Stufe zu Stufe über die Kapazität Gitter-Anode keine Schwingneigung bedingt[2]. Für Messungen im Bereich hörbarer Frequenzen sind schon gelegentlich Vorverstärker benutzt worden[3]. Für Hochfrequenz, wo bisher geeignete Verstärker nicht zur Verfügung standen und wo die Schwierigkeiten besonders groß sind, haben bisher kaum Versuche in dieser Richtung stattgefunden. Es soll deshalb im folgenden in erster Linie auf die Konstruktion eines Meßverstärkers für Hochfrequenz eingegangen werden.

Ein Ausführungsbeispiel.

Eine zweckmäßige Schaltung für einen Meßverstärker, der im Frequenzbereich von etwa 50 ... 1000 kHz einwandfrei arbeitet, ist in Abb. 1 wiedergegeben. Damit eine wirksame und stabile Verstärkung der Hochfrequenz stattfindet, sind bei dem Meßverstärker alle die Gesichtspunkte zu beachten, die bereits an anderer Stelle auseinandergesetzt wurden[4]. Da bei dem in Abb. 2 abgebildeten Modellgerät der Anodenstrom einem Netzanschlußgerät entnommen wurde, mußte, um unabhängig von den langsamen Netzschwankungen zu sein, eine besondere Ausgleichvorrichtung vorgesehen werden. Auch bei Batteriebetrieb ist die gleiche Einrichtung zweckmäßig, um eine Regelungsmöglichkeit zu besitzen, wenn die Spannung der Batterien abfällt. Die Regelung kann bei einem Gerät nach Abb. 1 in einfacher Weise dadurch geschehen, daß der Anodenstromverbrauch des gesamten Verstärkers immer auf den gleichen Wert gebracht wird. In allen Stufen des in Abb. 1 gezeichneten Meßverstärkers befinden sich relativ hohe Widerstände im Anodenkreis, die die betreffenden Röhren vor einer Überlastung schützen. Die Frequenzabhängigkeit des aperiodischen Verstärkers ist durch den sehr kapazitätsarmen Aufbau relativ gering. Die konstruktive Ausführung des Modelles ist aus Abb. 3 zu ersehen, in der das Innere des Apparates von oben aufgenommen ist. Durch günstige Leitungsführung und durch sorgfältige Abschirmung aller Röhren und Teile (s. hierzu die Rückansicht Abb. 4) sowie durch sorgfältige Abschirmung der gesamten Apparatur mit dem nachgeschalteten Meßinstrument gelingt es, die Stabilität bei Verstärkungsgraden von 10^4 und mehr aufrechtzuerhalten.

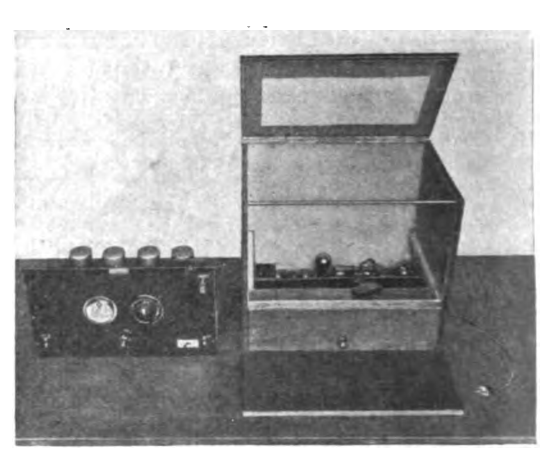


Abb. 2. Meßverstärker mit Netzanschlußteil.

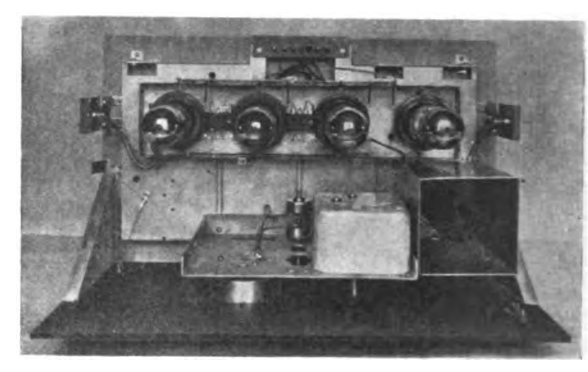


Abb. 3. Innenansicht des aperiodischen Verstärkers.

Um die verschiedenen Meßbereiche zu erhalten, können bei einem Gerät nach Abb. 1 an Stelle der ersten

[2] Auf diese Fragen wurde an anderer Stelle hingewiesen: M. v. Ardenne, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 32, S. 109.

[3] Telef. Zg. H. 45/46, S. 54.

[4] M. v. Ardenne, Jahrb. drahtl. Telegr. Bd. 33, S. 166.

beiden Röhren Zwischenstecker eingesetzt werden, die das Gitter der ersten Stufe und die Anode der zweiten Stufe durch einen kleinen Übertragungskondensator verbinden. Wie die Verstärkungskurven verlaufen, die bei dem Modellgerät für 1, 2 und 3 Zweifachröhren und einem Gesamtstromverbrauch von 4 mA erhalten wurden, geht aus Abb. 5 hervor. Es soll jedoch in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, daß aus diesen Kurven keine direkten Schlüsse auf die Verwendung der entsprechenden Anordnungen für Rundfunkzwecke gezogen werden können, weil bei dem anderen Verwendungszweck hinsichtlich Verstärkung erheblich günstigere Anodenspannungsverhältnisse und damit ein höherer Anodenstromverbrauch zweckmäßig einzustellen sind. Bei den für Rundfunkzwecke günstigen Betriebsverhältnissen verläuft daher insbesondere die Kurve für drei Röhren hauptsächlich im Bereich der Wellen unter 1000 m noch erheblich höher. Die gleichen Betriebsverhältnisse sind für den vorliegenden Zweck nicht angewandt worden, um hinsichtlich der Netzspannungschwankungen und der Stabilität eine Sicherheit zu haben.

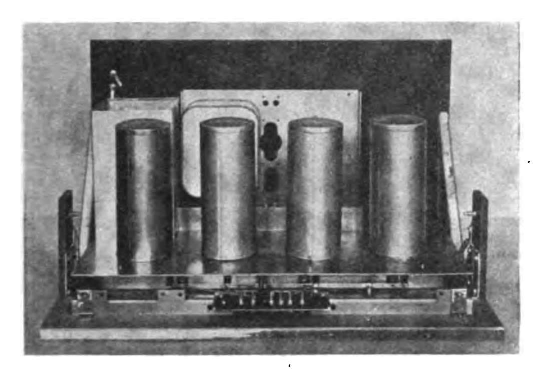


Abb. 4. Rückansicht des aperiodischen Verstärkers.

Der Widerstand an der Eingangseite beträgt für Frequenzen über etwa 300 Hz, wie bereits oben angegeben wurde, mehr als $2 \cdot 10^4\ \Omega$ und erwies sich als ausreichend für die meisten in Frage kommenden Zwecke. Die Meßinstrumente, deren Kombination mit dem Meßverstärker vorteilhaft ist, besitzen meist einen Ohmschen Widerstand, der auch für Hochfrequenz größer ist als $10^6\ \Omega$. Gleichzeitig besitzen die in Frage kommenden Instrumente meist eine Kapazität von einigen Zentimetern. Diese Daten lassen eine Ankopplung, wie sie in Abb. 1 vorgeschlagen ist, zweckmäßig erscheinen. Um einen hohen Gesamtverstärkungsgrad und eine frequenzunabhängige Ankopplung des Meßinstrumentes zu erhalten, kommt es darauf an, daß der angekoppelte Schwingungskreis einen hohen Resonanzwiderstand besitzt und gleichzeitig fest mit dem Ausgangskreis des Hochfrequenzverstärkers gekoppelt ist. Auch für die kürzeren Rundfunkwellen ist auf diese Weise bei Abstimmung der Anodenwiderstand groß gegenüber dem inneren Röhrenwiderstand der letzten Stufe. Infolge der geringen Belastung wird daher die volle EMK der letzten Stufe wirksam. Gleichzeitig ist durch die feste Kopplung auch erreicht, daß es nicht auf eine punktförmig genaue Einstellung auf Resonanz bei dem Schwingungskreis ankommt. Für viele Zwecke wird bei der Messung die gleichzeitige akustische Kontrolle, die in Abb. 1 vorgesehen ist, sehr willkommen sein.

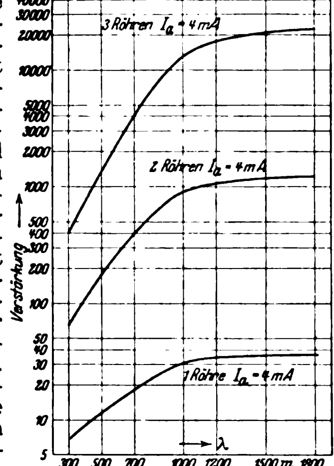


Abb. 5. Eichkurven des Verstärkers.

Für Niederfrequenzmessungen wird es sich empfehlen, eine galvanische Kopplung zwischen Meßverstärker und dem Meßinstrument vorzusehen. Gleichzeitig sind bei Niederfrequenzmessungen die Daten für die Übertragungskondensatoren und die Gitterableitewiderstände in bekannter Weise zu vergrößern. Im Interesse der Stabilität empfiehlt es sich, bei Niederfrequenz nicht mehr als vier Stufen für den Meßverstärker vorzusehen.

Die Eichung des Meßverstärkers.

Eine präzise Eichung des Meßverstärkers wird wegen der hohen Verstärkungsziffern zunächst nicht ganz einfach erscheinen. Mit Hilfe der bereits früher in dieser Zeitschrift beschriebenen Meßeinrichtung[5] gelang die Eichung für Hochfrequenz jedoch verhältnismäßig leicht.

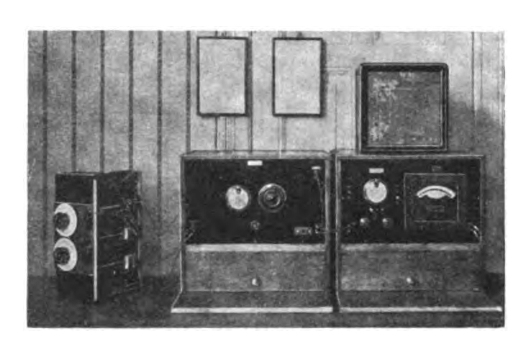


Abb. 6. Einrichtung mit Röhrenvoltmeter für die Messung von Hochfrequenzspannungen von 10^{-5} V.

Nur erwies es sich als notwendig, um die sehr kleinen Teilspannungen zu erhalten, zwei Spannungsteiler hintereinanderzuschalten und eine besondere Abschirmung im Spannungsteiler anzuwenden[6]. Bei der Eichung ist darauf zu achten, daß keine Übersteuerung der letzten Stufe des Hochfrequenzverstärkers stattfindet, die eine Amplitudenabhängigkeit des Verstärkungsgrades bedingen würde. Bei der Eichung empfiehlt es sich weiterhin, die kleine Eingangspannung mit Hilfe verschiedener Spannungsteilerverhältnisse zu erzeugen, um sich über das einwandfreie Arbeiten der Spannungsteiler zu vergewissern und um die ungefähre Größe des Meßfehlers kennenzulernen.

Einige wichtige Anwendungsgebiete des Meßverstärkers.

Eine besondere Bedeutung besitzt die Kombination eines Meßverstärkers mit einem Röhrenvoltmeter oder Elektrometer. Hierbei ist zu beachten, daß die Empfindlichkeit des Instrumentes in einem gewissen Verhältnis zu der letzten Stufe des Hochfrequenzverstärkers

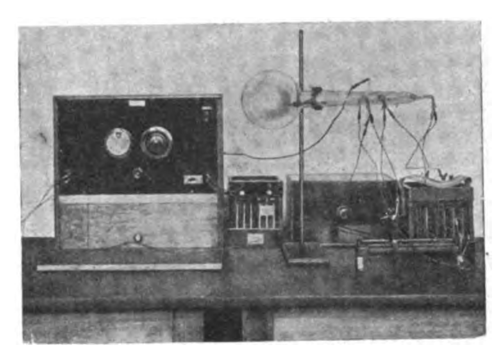


Abb. 7. Aperiodischer Verstärker und Braunsche Röhre.

stehen muß, um die bereits erwähnte Übersteuerung zu vermeiden. Die Kombination des beschriebenen Meßverstärkers mit einem empfindlichen Röhrenvoltmeter, die sich im Laboratorium des Verfassers als außerordentlich nützlich erwiesen hat, ist in Abb. 6 wiedergegeben. Mit Hilfe dieser Einrichtung gelang es, Hochfrequenzspannungen von 10^{-5} V und weniger bei sehr kurzer Meßdauer zu bestimmen. Die Einrichtung ermöglichte Feldstärkemessungen sehr entfernter Stationen unter Anwendung kleiner Rahmenantennen. Besonders vorteilhaft erwies sich die Einrichtung unter anderem bei Untersuchungen über die Abschirmung und über die Leitungsführung in Empfängern mit großen Hochfrequenzverstärkungsgraden. Mit Hilfe der Einrichtung war es mög-

[5] M. v. Ardenne, ETZ 1928, S. 1675.
[6] M. v. Ardenne, Radio-Markt, Pößneck, 1929, H. 28, S. 11.

lich, Spannungsabfälle (Größenordnung 10^{-5} V und weniger) zu ermitteln, die, wie eine entsprechende Nachrechnung ergab, bereits eine Selbsterregung verursachen konnten. Erst mit Hilfe der angedeuteten Einrichtung gelang es beispielsweise für den Loewe-Rahmenempfänger mit aperiodischer Hochfrequenzverstärkung, die Leitungsführung und Anordnung der Teile aufzufinden, die im Betrieb eine Stabilität gewährleisten. Weitere Anwendungszwecke ergaben sich durch die Kombination eines Meßverstärkers mit verschiedenen anderen in einem Buch des Verfassers veröffentlichten Einrichtungen[7]. Unter diesen ist besonders die Kombination mit einer Braunschen Röhre zu erwähnen (Abb. 7). Es gelang auf diese Weise, die Notwendigkeit eines Kompromisses zwischen Helligkeit des Bildpunktes und Empfindlichkeit der Anordnung zu vermeiden. Durch die Kombination des Vorverstärkers mit der Braunschen Röhre[8] sind sehr viele Vorgänge oszillographisch zu erfassen, die sich bisher der Messung durch die Kleinheit der bei ihnen auftretenden Spannungen entzogen. Speziellere Mitteilungen über Ergebnisse mit der beschriebenen Anordnung sollen einer späteren Veröffentlichung vorbehalten bleiben.

[7] M. v. Ardenne, Verstärkermeßtechnik. Verlag Julius Springer, Berlin 1929.

[8] Eine durch die Elektrodenanordnung besonders für diese Kombination geeignete Braunsche Röhre wird neuerdings von E. Leybold, Köln-Bayental in den Handel gebracht.

Die Elektrizität in einem neuzeitlichen Warenhaus.

Bei Ausführung des neuen Karstadt-Warenhauses in Berlin-Neukölln wurden die technischen Fortschritte der letzten Zeit in großzügiger Weise verwertet. Die bauliche Gestaltung ist sowohl in den Einzelheiten als auch im architektonischen Gesamteindruck imponierend, sie wird hervorragend ergänzt durch eine vollkommene technische Inneneinrichtung, die von der Elektrizität als Helferin ausschließlichen und weitgehenden Gebrauch macht. Von der gesamten Transformatorenleistung werden allein 1200 kW für Elektrowärmeverwendung benötigt.



Abb. 1. Zentrale Niederspannungs-Schaltanlage im Tiefkeller.

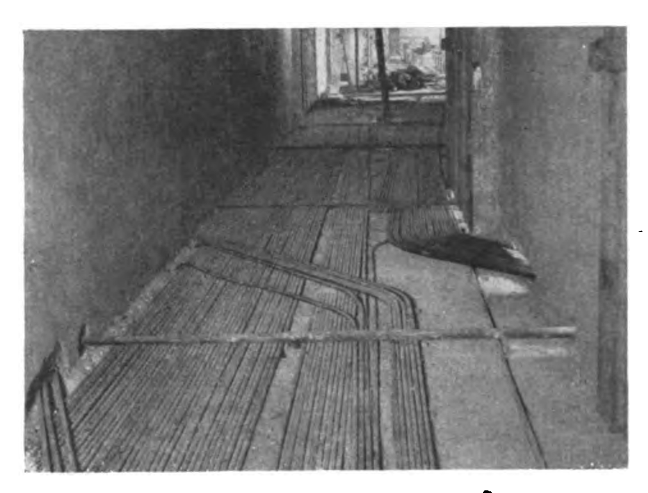


Abb. 3. Das unterirdische „Zentralnervensystem" im Bau.

Der Strombedarf dieses vollelektrischen Warenhauses wird am besten wohl gekennzeichnet durch die Tatsache, daß die mit Hochspannung bezogene Leistung eine gleichzeitige Belastung von 4800 kVA erreichen kann. In 6 großen Transformatoren von je 800 kVA wird die Spannung von 6000 auf 380 V für Kraftzwecke und 220 V für Lichtzwecke herabgesetzt. Für weitere zwei Transformatoren ist der Platz bereits vorgesehen. Während Abb. 1 einen Blick in die im Tiefkeller untergebrachte zentrale Schaltanlage gewährt, zeigt Abb. 2 den Ölschalterraum für die 4800 kV-Transformatorenstation. Der Leistungsbedarf des Karstadt-Hauses entspricht also etwa demjenigen, der vom Kraftwerk einer mittelgroßen Stadt für die Versorgung der Bevölkerung abgegeben wird.

Für die 6, später 8 Transformatoren ist eine empfindliche Wärmeschutzanlage eingebaut, die ein Hupensignal auslöst, wenn der Transformator wärmer als 90 ° wird. Auf einer Signaltafel erscheint dann die Nummer des überlasteten Transformators, und wird das Signal nicht beachtet, so erfolgt bei 100 ° die selbsttätige Auslösung des Ölschalters, der den Transformator spannungs- und stromlos macht, da mit dem Ölschalter auch der Niederspannungs-Selbstschalter anspricht.



Abb. 2. Ölschalterraum für die 6 Transformatoren von je 800 kVA.

Im ganzen Karstadt-Hause ist kein Gas. Auch die umfangreichen Großküchenanlagen für die Beköstigung des Personals und für die Belieferung der Erfrischungs- und Restaurationsräume, die 1700 Personen fassen, werden ausschließlich mit Elektrizität betrieben, so daß auch in diesen Nebenbetrieben die Grundsätze, welche der Gesamtdurchführung zugrunde gelegt wurden, nämlich „höchste Sicherheit, größte Zweckmäßigkeit, vollkommene Schönheit", verwirklicht sind. Die beiden elektrischen Großküchen haben 6 große

Elektroherde mit 54 Kochstellen, 14 Brat- und Backöfen, 11 große Wärmeschränke, 3 Wurstkessel und 2 Kippkesselbatterien, diverse Grills und 14 elektrische Großkaffeemaschinen. Abb. 4, ein Blick in eine der beiden Großküchen, zeigt die musterhafte Raumdisposition und die guten Arbeitsbedingungen, welche durch Verwendung der Elektrizität erzielt sind.

Für die gesamte Licht-, Kraft- und Telephonanlage sind insgesamt nicht weniger als 500 000 m elektrische Leitungen (Abb. 3) im Hause verlegt. Die elektrischen Leitungen (Rohr- und Kabelleitungen) sind von vornherein mit der Planung des Baues bis ins Kleinste bedacht und durch bauseitige Maßnahmen vorbereitet worden, so daß der gesamte Bau trotz der großen Zahl der Leitungen durch keine sichtbaren oder störenden Teile der Installation in seiner Geschlossenheit und Schönheit beeinträchtigt wird.

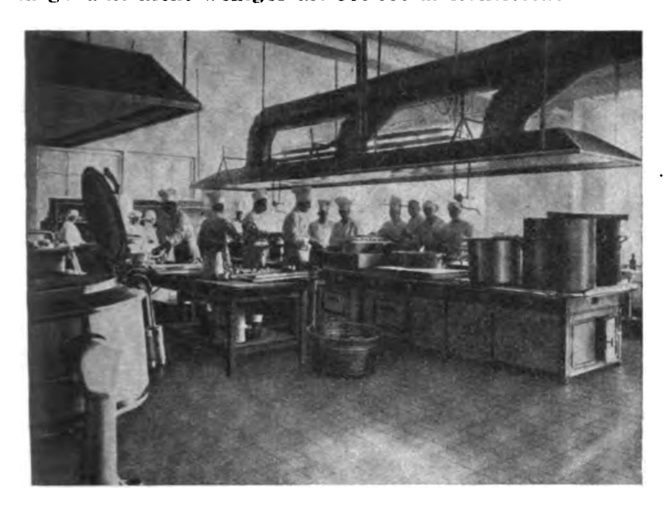


Abb. 4. Die elektrische Großküche für die Gaststätten innerhalb des Karstadt-Hauses (Anschlußwert aller Elektrowärmegeräte im Karstadt-Hause über 1200 kW).



Abb. 5. Lichtarchitektur am Karstadt-Hause durch Flutlichtanstrahlung, verdeckte Glühlampenleisten und (auf den Türmen) Leuchtröhren.

Die Außenfront wird durch Anstrahlung mit Flutlicht beleuchtet und ihre Architektur mittels Leuchtröhren betont (Abb. 5). Die Schaufenster erhielten Leuchten mit Glasspiegeln (Abb. 6). Über 60 000 Glühlampen, darunter 700 Großglühlampen, erfüllen das Haus mit einer wunderbaren Helle. Geschmackvolle Silberleuchten in Kugel- und Kegelformen (Abb. 7) schaffen eine blendungsfreie und lichttechnisch hervorragende Lösung der Beleuchtungsprobleme in den Verkaufslagern und auf den Gängen (Abb. 7 u. 8). Die Nebenkorridore sind mit ebenfalls blendungsfreien Tropfenleuchten ausgerüstet. Bemerkenswert ist die weitgehende Unterteilung aller Beleuchtungsstromkreise, von denen keiner für mehr als 6 A bemessen und mit Abschmelzsicherungen gesichert ist. Die einzelnen Stromkreise sind an Verteilungstafeln (Abb. 9) in den jeweiligen Stockwerken geführt, dort mit N-Diazed-Sicherungen abgesichert und durch Siemens-Ceka-Schalter geschaltet. Die Verwendung dieser beiden Systeme zusammen ergab besonders kleine Abmessungen für diese Verteilungsgruppen. Auch im übrigen Hause sind ausschließlich Ceka-Kippschalter und -Steckdosen verwendet[1]. Diese Schalter und Steckdosen passen sich in Form und Farbe harmonisch der sie umgebenden Architektur an. Man hat nicht mehr den Eindruck, daß diese Installationsteile Fremdkörper sind, sondern sie wirken als stilgerechte Bestandteile einer geschmackvollen Inneneinrichtung.

Für die Bewegung des „lebenden Inventars" und der Besucher dienen 24 Rolltreppen, von denen jede 6000 Personen stündlich befördern kann, außerdem 24 Personen- und 8 Lastenaufzüge. Sogar ein Automobilaufzug befindet sich im Hause, so daß die Waren ohne Umpackung von der Straße bis an die Lager in den einzelnen Stockwerken gebracht werden.

Nicht nur die Heizungsanlage sondern auch die Kühlanlage (Abb. 10) ist zentralisiert und elektrisch angetrieben. Ein durch das ganze Haus verlegtes System von Kühlleitungen führt jeder Abteilung die für Lebensmittel, Büffets usw. erforderliche Kälte zu. Die Kälteleistung der 3 Kompressoren, die außerdem zur Herstellung der im Hause erforderlichen Mengen Kunsteis dient, beträgt 750 000 kcal/h.

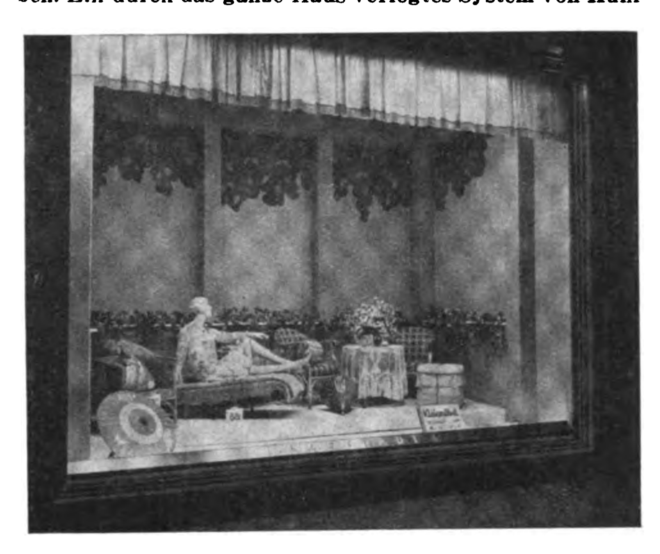


Abb. 6. Schaufenster, wirkungsvoll beleuchtet durch Siemens-Glasspiegelleuchten.

Zentralisiert ist auch die Ventilation. Die Luft wird, bevor sie in die Räume gefördert wird, gewaschen und in einer stündlichen Menge von 170 000 m^3 unter völliger Vermeidung von Zugerscheinungen in die Räume geliefert. Gleichzeitig werden, ebenfalls in der Stunde, 280 000 m^3 verbrauchte Luft zentral abgesaugt. Auch die an diesen Beispielen erläuterte Verwendung elektrischer Kraft im Hause erreicht mit rd. 1800 kW Anschlußwert imponierende Ausmaße.



Abb. 7. Beleuchtung in einem Obergeschoß mit Siemens-Kegelluzetten.

Eine zentrale Telephonanlage mit 15 Amtstellen und 170 Nebenstellen nach System S & H gibt die Möglichkeit

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 321.

schneller Verständigung nach außen und innerhalb des Hauses.

Interessant sind die außerordentlich weitgehenden Sicherheitsvorrichtungen sowohl mit Bezug auf das Meldewesen bei Bränden als auch die Not- und Sicherheits-Beleuchtungsvorkehrungen. Die Feuermeldeanlage spricht nicht nur innerhalb des Hauses bei Ausbruch eines Brandes

Abb. 8. Blick in den Hauptlichthof (künstliche Beleuchtung im Erdgeschoß durch Siemens-Kugelleuchten, in den Obergeschossen durch Siemens-Kegelluzetten).

selbsttätig an, sondern gibt den Alarm ebenfalls selbsttätig der städtischen Feuerwache weiter.

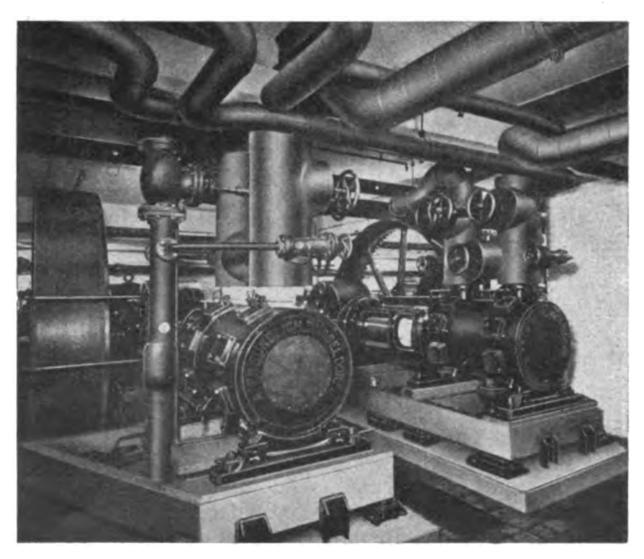


Abb. 10. Die zentrale Kühlanlage versorgt mit 750 000 kcal/h Kälteleistung das ganze Haus durch ein eingebautes Röhrensystem.

Eine Störung der Stromzufuhr, die in zwei voneinander unabhängigen Hochspannungsschleifen von der BEWAG aus erfolgt, ist unwahrscheinlich.

Sollten jedoch infolge einer Störung beide Schleifen außer Betrieb sein, so schaltet sich die Sicherheitsbeleuchtung selbsttätig auf eine Zentralbatterie (Abb. 11) mit einer Kapazität von 1512 A bei maximal 504 A Entladungsstrom um. Diese völlig unabhängige Batteriestromquelle ist imstande, die gesamte Sicherheits- und Notbeleuchtung 8 h lang zu versorgen. Die Batterien

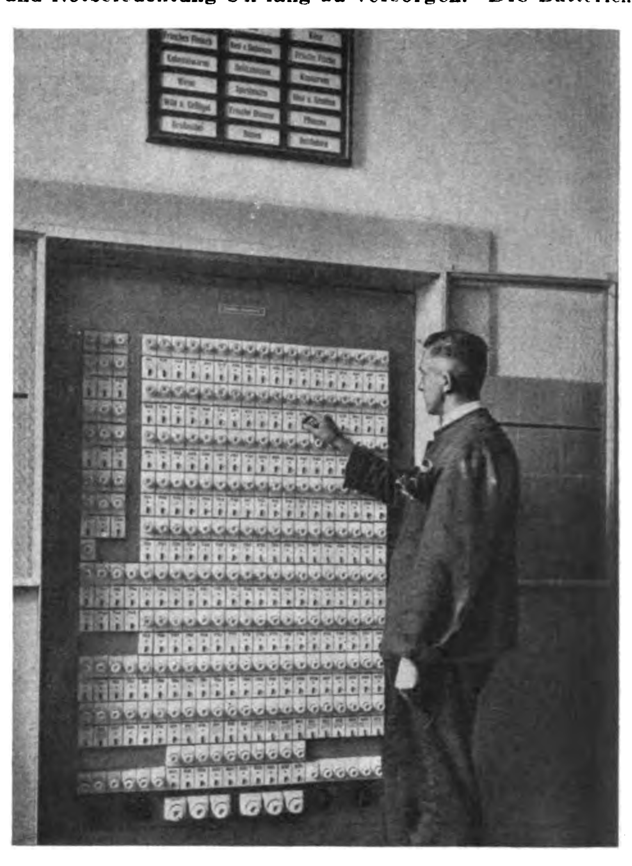


Abb. 9. Eine der Verteilungstafeln für 196 Stromkreise. Der gedrängte Aufbau ist durch Ceka-Kippschalter in Zusammenbau mit N-Diazed-Sicherungen erzielt.

für Telephon- und Signalanlagen (Abb. 11) sind von der Zentralbatterie vollkommen getrennt und besitzen besondere Lade- und Umformereinrichtungen.

Die gesamte Verteilungsanlage für die Not- und Sicherheitsanlage ist in besonderen Kabelkanälen verlegt und in

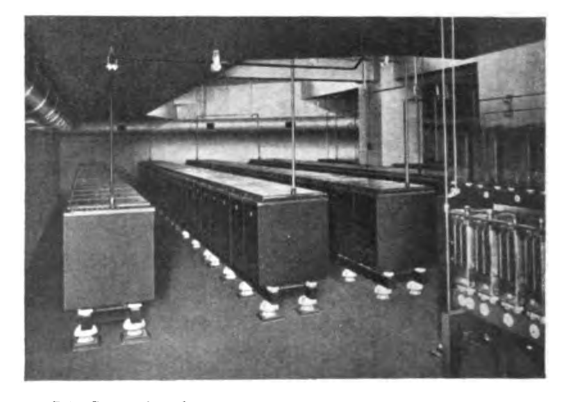


Abb. 11. Die Batterien für Not- und Sicherheitsbeleuchtung, ganz getrennt davon die Batterien für Signal- und Telephonzwecke (auf dem Bild rechts).

eisenbandarmierten, also besonders geschützten Kabeln ausgeführt.

Die elektrischen Anlagen bei Karstadt sind im Starkstromteil von den SSW, im Schwachstromteil von S & H installiert worden und zeigen in vielen Einzelheiten technische Neuerungen, die für Warenhausbauten in Zukunft als Muster gelten werden. Dipl.-Ing. Pick, Berlin.

Lüftung von Transformatorenkammern.

Von F. Sieber und F. Heiles, Aachen.

Übersicht. In einer früheren Arbeit[1] ist gezeigt worden, wie sich an Hand einfacher Formeln die Abmessungen für Zu- und Abluftkanäle von Transformatorenkammern bestimmen lassen, die ausreichend sind, um bei natürlicher Lüftung die Abführung der Verlustwärme zu gewährleisten. Obgleich die dort entwickelten Formeln so einfach sind, daß ihre Benutzung weder viel Zeit noch Rechenarbeit erfordert, ist es für den Betriebsfachmann doch erwünscht, wenn er sich ohne nennenswerte Rechnung schnell ein Bild über die jeweiligen Verhältnisse machen kann. Es soll in dieser Arbeit versucht werden, die hierzu nötigen Unterlagen zu schaffen.

Die Luftmenge, die ein Transformator mit Selbstlüftung in der Zeiteinheit benötigt, hängt ab von der Höhe der abzuführenden Verluste und dem Temperaturunterschied der ein- und austretenden Luft. Diese Luftmenge läßt sich berechnen nach der Gleichung

$$L = 0{,}875 \frac{1}{\Delta t} V \, [\mathrm{m^3/s}]. \qquad (1)$$

In dieser Gleichung sind

L die Luftmenge in m^3/s
V die Verluste des Transformators in kW,
$\Delta t = t_4 - t_0$,
t_4 die Temperatur der austretenden Luft, } vgl. Abb. 1.
t_0 die Temperatur der eintretenden Luft, }

Nach Formel (1) ergeben sich für 1 kW Verluste und verschiedene Lufterwärmungen Δt die in der Zahlentafel 1 angegebenen Luftmengen.

Zahlentafel 1.

Erwärmung	$\Delta t = t_4 - t_0 =$	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Erforderliche Luftmenge Für 1 kW Verluste in m³	in 1 s	0,175	0,0875	0,0583	0,0437	0,0350	0,0262
	in 1 min	10,50	5,25	3,50	2,63	2,10	1,75
	in 1 h	630	315	210	157,5	126	105

Der Temperaturunterschied Δt erzeugt nun die wirksame Druckhöhe, die die Luftbewegung hervorruft. Die Druckhöhe muß die Luft in Zu- und Abluftkanal beschleunigen und außerdem die Strömungswiderstände überwinden, die die Luft auf ihrem Wege findet.

Die Beziehungen, die auf Grund dieser Überlegungen in der erwähnten früheren Arbeit entwickelt wurden [Gl. (6) und (7)], lassen sich in der Form schreiben

$$F_4^2 H' = 13{,}5 \left(\frac{1}{\Delta t}\right)^3 R V^2. \qquad (2)$$

Darin ist zur Abkürzung gesetzt

$$R = \left(1{,}0 + \sum \xi_4 + \lambda \frac{l_4 U_4}{F_4}\right) + m^2 \left(1{,}0 + \sum \xi_1 + \lambda \frac{l_1 U_1}{F_1}\right) \quad (3)$$

und

$$H' = \frac{h_2}{2} + h_3 + h_4. \qquad (4)$$

Soweit die Bedeutung der einzelnen Größen nicht aus Abb. 1 hervorgeht, sind

F_4 der Querschnitt des Abluftkanals in m^2,
F_1 der Querschnitt des Zuluftkanals in m^2,
$m = \frac{F_4}{F_1}$,
$\sum \xi_4$ die Summe der Widerstandskoeffizienten der im Abluftkanal befindlichen Einzelwiderstände,
$\sum \xi_1$ die Summe der Widerstandskoeffizienten der im Zuluftkanal befindlichen Einzelwiderstände,
λ der Reibungskoeffizient in den Leitungskanälen,
l_4 die Länge des Abluftkanals in m,
l_1 die Länge des Zuluftkanals in m,
U_4 der Querschnittsumfang des Abluftkanals in m,
U_1 der Querschnittsumfang des Zuluftkanals in m.

[1] F. Sieber, ETZ 1925, S. 115.

Zahlenmäßig kann für die Koeffizienten gesetzt werden:

$\xi = 1{,}5$ für ein ⌊ Knie,
$\xi = 1{,}0$ für einen ⟍ Bogen,
$\xi = 0{,}6$ für ein 135° Knie,
$\xi = 1{,}0 \ldots 2{,}0$ für Gitter, je nach freiem Querschnitt,
$\lambda = 0{,}007$ (im Mittel).

Die Berechnung des Produktes $F_4^2 \cdot H'$ wird dadurch erschwert, daß in der Größe R Kanalabmessungen enthalten sind [vgl. Gl. (3)]. Allerdings trägt das Glied, in dem diese vorkommen, im allgemeinen wenig zum Betrage von R bei. Man geht daher zweckmäßig so vor, daß man R zunächst unter Vernachlässigung der Reibung in den Kanälen und unter Annahme eines Wertes für m bestimmt, das Produkt $F_4^2 \cdot H'$ berechnet und nach dem Ergebnis die Abmessungen der Kanäle entwirft. Alsdann kann unter Berücksichtigung der Reibung an den Kanalwänden und des wirklichen Wertes für m der genauere Betrag von R ermittelt werden.

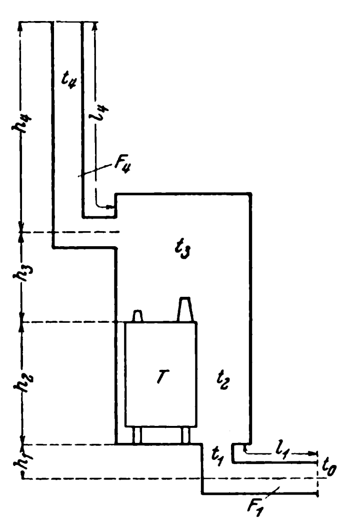


Abb. 1. Allgemeine Form einer Transformatorenkammer.

In erster Annäherung kann dann F_4^2 oder H' um den gleichen Prozentsatz vergrößert oder verkleinert werden, um den der genauere Betrag von R größer oder kleiner ist als der zuerst eingesetzte. Die Bestimmung des Produktes $F_4^2 \cdot H'$ nach Gl. (2) kann mit Hilfe des Nomogrammes Abb. 2 erfolgen.

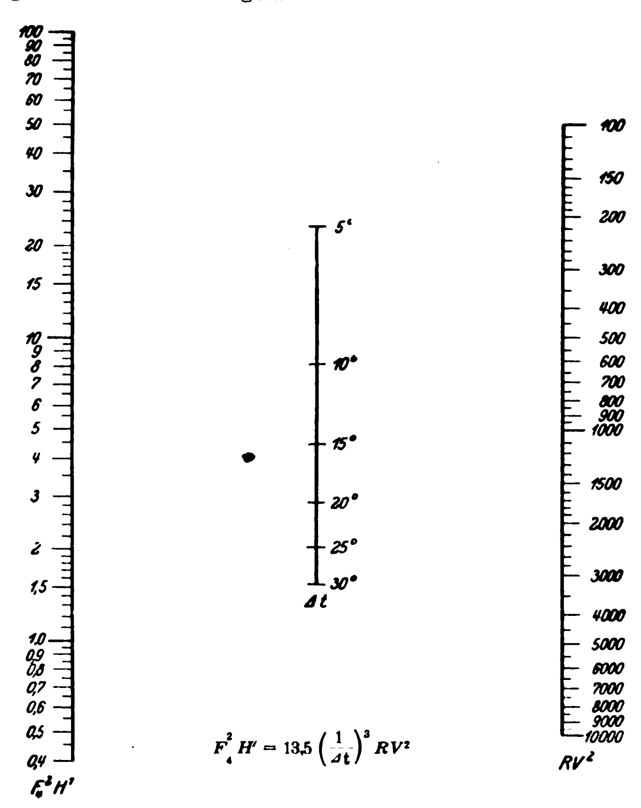


Abb. 2. Nomogramm zur Bestimmung der Abmessungen des Abluftkanals.

Um schnell einen Überblick über die erforderlichen Abmessungen des Abluftkanals zu bekommen, sind diese Größen für das in Abb. 3 dargestellte Beispiel für verschiedene Werte der abzuführenden Verlustwärme berechnet und in Abb. 4 für $\Delta t = 20°$ aufgetragen. Die in Abb. 3 angegebenen Höhenabmessungen $h_2 = 3{,}5$ m und $h_3 = 1{,}5$ m sowie das bei der Berechnung zugrunde gelegte Querschnittsverhältnis $m = 2/3$ entsprechen ungefähr den Werten, wie sie bei Kammern für Transformatoren mittlerer Leistung üblich sind.

Abb. 3. „Normalkammer" für Transformatoren mittlerer Leistung.

Als Einzelwiderstände sind im Abluftkanal ein Gitter mit Luftumlenkung ($\xi = 1{,}5$), im Zuluftkanal ein sehr weitmaschiges Gitter ($\xi = 1{,}0$) sowie zwei rechtwinklige Knie (für jedes $\xi = 1{,}5$) angenommen. Ohne Berücksichtigung der Reibung an den Kanalwänden wird dann

$$R = (1{,}0 + 1{,}5) + \left(\frac{2}{3}\right)^2 (1{,}0 + 1{,}0 + 1{,}5 + 1{,}5) = 4{,}72. \quad (5)$$

An Hand von Abb. 4 läßt sich, wenn die abzuführenden Verluste bekannt sind, sehr schnell feststellen, welchen Querschnitt und welche Höhe der Abluftkanal haben muß.

Bei Berechnung der in Abb. 4 eingetragenen Werte wurde auch der Einfluß der Luftreibung an den Kanalwänden ermittelt unter der Annahme, daß die Kanalquerschnitte Quadratform haben. Der Einfluß ist am größten bei der kleinsten Leistung und bei Anwendung der größten Höhe. Für 10 kW und $h_4 = 8$ m erfordert diese Reibung nur eine Vergrößerung des Querschnittes F_4 um etwa 5 %. Für kleiner werdende Höhe und wachsende Leistung geht der Einfluß sehr rasch zurück. Seine Berücksichtigung in den Kurven konnte daher unterbleiben.

Wie schon erwähnt, gelten die Kurven in Abb. 4 nur für eine Temperaturdifferenz $\Delta t = 20°$. Für andere Werte von Δt lassen sich die Verluste, deren Abführung möglich ist, durch Umrechnung ermitteln. Die Umrechnungsfaktoren ergeben sich auf Grund der Gl. (2).

Wenn wir die Verlustwerte für $\Delta t = 20°$ mit 100 % bezeichnen, so können z. B. bei $\Delta t = 25°$ 140 %, bei $\Delta t = 15°$ 65 % dieser Werte abgeführt werden.

Es ist noch zu bemerken, daß wir die durch die Wände der Kammer abgeleitete Wärme nicht in Rechnung gezogen haben. Bei kleineren Transformatoren kann die auf diesem Wege abgeführte Wärme einen erheblichen Teilbetrag der gesamten Verlustwärme ausmachen. Trotzdem erscheint es nicht ratsam, bei der Festlegung der Kanalquerschnitte darauf Rücksicht zu nehmen. Es kann nämlich leicht der Fall eintreten, daß durch spätere Erweiterungsbauten eine Transformatorenkammer, die vorher frei gelegen hat, nunmehr von weiteren derartigen Kammern oder anderen Gebilden, die die Wärmeabgabe hindern, eingeschlossen wird. Dann ist es jedenfalls vorteilhafter, wenn man vorher die Kanalabmessungen reichlich gewählt hat, als daß man nachträglich gezwungen ist, sie den neuen Verhältnissen entsprechend zu vergrößern.

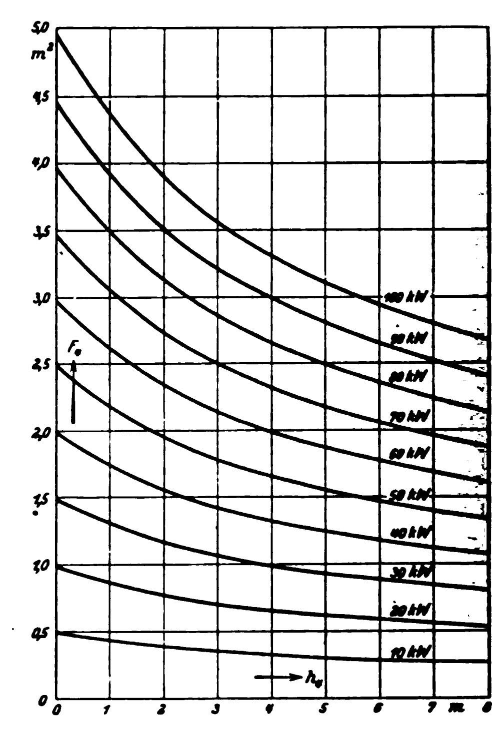


Abb. 4. Verluste in kW, die bei $\Delta t = 20°$ abgeführt werden können abhängig von Querschnitt und Höhe des Abluftkanals.

Kanadas hydroelektrische Fortschritte im Jahr 1928.

Von **G. Reglin**, Montreal.

Mit mehr als 0,55 Mill PS Zuwachs war das Jahr 1928 das ergiebigste für die Entwicklung der Wasserkraftnutzung Kanadas, und schon zeugen weitere unterzeichnete Kontrakte sowie bereits im Bau befindliche hydroelektrische Werke von einer noch größeren Ausdehnung im laufenden Jahr. Die genannte Steigerung mag dem Ingenieur des alten Kontinents lediglich bei der Betrachtung der Zahl der Pferdestärken vielleicht gering erscheinen, wenn er die Größe des Gebiets mit der Leistung vergleicht[1]. Man muß aber bedenken, daß der ganze Norden nur ein Pelztiergebiet und daher der Technik nicht zugänglich ist und die ausgebaute Leistung sich allein auf den östlichen Teil mit den Hauptstädten und auf einige Zentren im Westen verteilt. Trotz des großen Reichtums des Landes — es beherrscht den Weltmarkt in Nickel und Asbest, steht innerhalb der Weltproduktion an zweiter Stelle mit Kobalt, an dritter mit Gold und Silber, an vierter mit Blei und Kupfer und an sechster mit Zink — hat Kanada nur 11 Mill Einwohner. Bisher im Schatten der V. S. Amerika verharrend, steigt seine Bevölkerungs- und Arbeitskurve nunmehr aber rapide und stetig; Montreal zählte z. B. 1910 erst rd. 120 000 Köpfe, hat heute jedoch bereits 1 Million überschritten, in Toronto wurden 1921 nur 761 elektrische Öfen festgestellt, während die Statistik des letzten Jahres schon mehr als 18 000 aufweist. Die Arbeitszunahme betrug gegen 1924 20 % und in den maritimen Provinzen Ontario und Quebec sogar 25 %. Industriell weitaus vorherrschend ist die Gewinnung von Holz und damit eng zusammenhängend die Herstellung von Papier im Wert von rd. 219,3 bzw. 134,5 Mill $. Kanada hat im vergangenen Jahr sogar die Führung gegenüber den V. S. Amerika in der Erzeugung von Zeitungspapier mit 2,082 Mill t, d. h. einem Vorsprung von 0,6 Mill t, übernommen. Die Verwendung von Dampfkraft beträgt in diesem Industriezweig nur 8 % der insgesamt installierten Kilowatt. An Wasserkräften waren bis Ende 1928 5,35 Mill PS ausgebaut (eine Steigerung um 11,5 % gegen das Vorjahr), und für die nahe Zukunft sind große hydroelektrische Projekte geplant, z. T. auch bereits in Ausführung begriffen. Die Bedeutung dieses umfangreichen Erweiterungsprogramms für das Gedeihen der einzelnen Provinzen wird daraus ersichtlich, daß für den Ausbau von Übertragung und Verteilung der 1928 installierten Leistung sowie der bereits in Betrieb befindlichen nicht weniger als 330 Mill $ verlangt worden sind. Man schätzt ferner, daß für jeden der so ver-

[1] Kanada umfaßt 9,6 Mill km², Europa rd. 10 Mill km².



ausgabten Dollar 6 $ nötig werden, um die Energie den Verbrauchern zuzuführen, so daß sich insgesamt ein Aufwand von 2,3 Mrd $ ergibt.

Das Jahr 1928 hat in jeder Provinz eine namhafte Entwicklung der Kraftanlagen gebracht, wobei Quebec mit hydroelektrischen Werken an erster Stelle steht. Saskatchewan trat zum erstenmal mit einem solchen am Churchill River zur Versorgung des neuen nördlichen Minendistrikts auf den Plan, derweilen in Britisch-Columbia, Alberta, Manitoba, Ontario und an der Ostküste wichtige Neuanlagen vorbereitet und geschaffen, bestehende Kraftwerke erweitert worden sind. Im einzelnen sei darüber folgendes berichtet:

Britisch-Columbia. Hier sind 1928 Wasserkräfte in Stärke von 79 560 PS ausgebaut worden, die mit den bereits verwerteten mehr als 350 000 PS für die Provinz ergeben. Die West Kootenay Power and Light Co. beendete den Bau des 75 000 PS-Kraftwerks in South-Slocan am Kootenay River. Man hat drei Turbinen von je 25 000 PS in dieser Anlage installiert, die zusammen mit zwei anderen an dem gleichen Fluß liegenden Werken dem Minenkomplex von Roosland elektrische Arbeit zuführen. Ebenso vollendete die genannte Gesellschaft eine Freiluftstation von rd. 100 000 kW und baute in Verbindung damit eine 50 km lange 60 kV-Leitung von Bonnington nach Ymir. Um die Belieferung dieses schnell aufblühenden Distrikts sicherzustellen, hat die Gesellschaft mit der Provinz einen Vertrag vereinbart, der die Ausnutzung des Pend d'Oreille mit einer Mehrleistung von 80 000 PS vorsieht. Ein anderes Unternehmen nahm das Alouettewerk mit 12 500 PS in Betrieb. Die Bridge River Power Co. machte Fortschritte im Bau des rd. 5 km langen Tunnels, der das Wasser des Flusses dem am Setonsee gelegenen und wahrscheinlich 1931 fertig werdenden Kraftwerk zuleitet. Im ersten Ausbau entfallen auf dieses 28 000 PS, doch ist eine Steigerung bis 0,6 Mill PS möglich. Abgesehen von kleineren Anlagen mit zusammen 9810 PS verdient noch ein jetzt in Ausführung genommenes 15 000 PS-Projekt am Elk River Erwähnung. Die Ausnutzbarkeit der Flüsse Nimpkisch, Campbell, Stamp, Skeena, Bukley und Chilco wurde von Kommissionen geprüft, teilweise sind auch schon bezügliche Kontrakte gezeichnet worden.

Alberta. Am Bow River, etwa 50 km westlich von Calgary, hat die Calgary Power Co. den Bau eines 18 000 PS-Werks begonnen, dessen bereits fertiggestellter Damm 32 m hoch ist, und das voraussichtlich im November seine Tätigkeit aufnehmen wird.

Saskatchewan. Zum erstenmal hat die Provinz, wie oben bereits bemerkt, ein hydroelektrisches Projekt zu verzeichnen, u. zw. ist das Kraftwerk an den Islandfällen des Churchill durch die Hudson Bay-Mining Co. im nördlichen Teil der Provinz ausgearbeitet worden. Es dient der Versorgung der Flin-Flon-Mine (rd. 110 km Übertragungsleistung) und wird nach seiner Vollendung über sechs Maschineneinheiten von je 14 000 PS verfügen, wovon drei Ende 1930 laufen sollen.

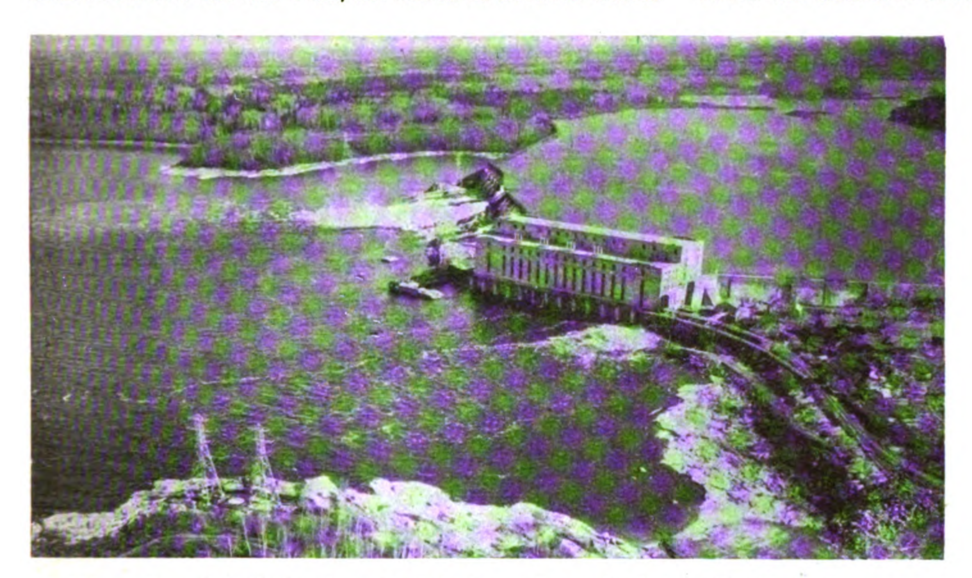


Abb. 1. Great Falls-Kraftwerk der Manitoba Power Co. am Manitoba (6 Maschinensätze zu je 28 000 PS = 168 000 PS).

Manitoba. Für diese Provinz war 1928 eines der wirksamsten Jahre auf dem Gebiet der Wasserkraftnutzung. Man hat ein großes Kraftwerk vollendet und den Bau zweier neuer am Winnipegfluß sichergestellt. Die Manitoba Power Company beendete die Installation der fünften und sechsten Einheit von je 28 000 PS in der Great Falls-Station, womit deren Leistung 168 000 PS erreichte (Abb. 1). Die ausführende Firma, die die Elektrizitätsversorgung des südlichen Teils der Provinz beherrscht, baute hierfür eine 65 km lange Hochspannungsleitung. An zweiter Stelle steht der Beginn der Arbeiten an der Seven Sisters'Seite des Winnipeg Rivers. Das hier entstehende Kraftwerk ist für eine maximale Leistung von 225 000 PS in sechs Maschinensätzen zu je 37 500 PS disponiert, die ein Gefälle von fast 20 m ausnutzen. Drei der Turbinen dürften vor Ende 1930 in Wirksamkeit treten können. Durch eine auf Gittermasten geführte 110 kV-Doppelleitung von etwa 120 ... 135 km Länge wird dem Gebiet südlich und westlich des Kraftwerks Elektrizität zugeführt. Darüber hinaus benötigt Winnipeg aber einen bedeutenden Zuwachs an Kraft, der durch eine Station nahe Point du Bois (Winnipeg River) mit 105 000 PS gedeckt werden soll. Diese Slave Falls-Station liegt etwa 10 km stromabwärts von Point du Bois und erhält acht Maschineneinheiten von je 12 500 PS, insgesamt also 0,1 Mill PS. Vier Hochspannungsleitungen transportieren auf zwei parallelen Wegen die Elektrizität nach Winnipeg. Anfangs



Abb. 2. Paugan Falls-Kraftwerk der Gatineau Power Co. in Quebec (ausgebaut für 8 Maschinensätze zu je 34 000 PS = 272 000 PS, endgültige Leistung 476 000 PS).

1931 soll der Betrieb mit zwei Maschinen aufgenommen werden. Die Baukosten des Werks und der Leitung hat man auf 10,5 Mill $ veranschlagt.

O n t a r i o. Zunächst ist die Inbetriebnahme der 220 kV-Leitung zwischen dem Ottawa River und Toronto, wo sie in das Niagaragebiet eingreift, zu nennen. Sie befördert vorläufig 80 000 PS, eine Leistung, die nach dem Vertrag künftig 260 000 PS betragen soll. Ebenso wurde eine 110 kV-Leitung vom Ottawa nach Smith's Falls vollendet; mit 60 Hz arbeitend, dient sie zur Übertragung von 60 000 PS mit einer zusätzlichen Reserve von 40 000 PS. In Betrieb kamen ferner ein 1800 PS-Kraftwerk am South River und ein solches von 2200 PS am South-Muskoka.

Die geplante Aufstellung einer zehnten 55 000 PS-Maschine in der Queenston-Zentrale wurde unterlassen und die Versorgung dem 54 000 PS-Werk in Alexander Landing am Nipigonfluß übertragen, das 1931 seine Tätigkeit aufnehmen will. Innerhalb der Arbeiten der Hydro-Electric Power Commission[2] vollendete die Spruce Falls Company bei Smoky Falls am Mattagami ein Werk von 56 250 PS zur Belieferung der Holz- und Papierbetriebe in Kapuskasing, zu welchem Zweck eine Hochspannungsleitung von 85 km erforderlich wurde. Eine andere Gesellschaft hat ein Kraftwerk von 13 200 PS in Calm-Lake am Seinefluß in Dienst gestellt, dessen Produktion nach Fort Frances zur Verfügung der dortigen Holz- und Papierindustrie gelangt. Ebenso wurden 2000 PS am Eagle River verwertet, während die International Nickel Co. ihre 28 200 PS-Anlage am Spanish River in diesem Frühjahr mit der Arbeit beginnen ließ.

Q u e b e c. Der Hauptanteil an den in dieser Provinz 1928 hergestellten neuen Kraftanlagen und Hochspannungsleitungen von insgesamt über 0,3 Mill PS gehört, abgesehen von dem Shawiniganwerk auf der Insel Maligne, dem Pauganwerk der Gatineau Power Co., welches seit September 1928 mit sechs Turbinen von je 34 000 PS insgesamt 204 000 PS leistet; zwei weitere Maschinensätze, die eine Erhöhung auf 272 000 PS bringen werden, sind vorgesehen (Abb. 2). Dieselbe Gesellschaft hat auch ihre beiden anderen, etwas weiter stromabwärts am Gatineau River liegenden Stationen erweitert, u. zw. das Chelseawerk um 34 000 PS und die Anlage in Farmers Rapids um 24 000 PS (Abb. 3). Sie plant ferner die Gewinnung von 80 000 PS an den Nigger Rapids des schon genannten Flusses, der ein Gefälle von rd. 20 m hat. Das Wasserbecken von Chelsea besitzt ein Fassungsvermögen von 3 Mill m³. Das Bryson-Kraftwerk der Gatineau Power Co. am Ottawa erhielt eine zweite Turbine von 25 000 PS. In Verbindung mit den erwähnten Kraftwerksbauten wurde eine 220 kV-Leitung von Paugan Falls zum Anschluß bei Chats Falls an die Linie nach Toronto sowie an die 110 kV-Leitung von Farmers Station nach Ottawa und Ost-Ontario errichtet. Eine weitere 110 kV-Leitung verbindet das Brysonwerk und Hull. Die Leistung der Shawinigan-Zentrale ist um 43 000 PS auf 178 500 PS vergrößert werden und geht seit März 1929 noch darüber hinaus. Die diese Anlagen ausführende Shawinigan Water and Power Co. verfügt über 0,7 Mill PS und hat vertraglich eine Arbeit am St. Maurice River übernommen, dessen Gefälle 195 m beträgt und 1 Mill PS liefern wird. Das erste zu diesem Komplex gehörende Kraftwerk dürfte 1933 fertig werden. Die Quinze Power Co. steigerte die Leistung ihrer Zentrale am Quinze um weitere 10 000 PS und die des Isle Maligne-Werks am Saguenay River um 45 000 PS. In Chute-a-Caron, am gleichen Fluß gelegen, ist ein Kraftwerk mit vier Maschinen zu je 65 000 PS im Bau und wird ein Gefälle von 45 m ausnutzen. Eine zweite Station soll bei 62 m Gefälle 1 Mill PS liefern. Auch in Quebec hat man 1928 außerdem eine Anzahl kleinerer Werke fertiggestellt; unter den Projekten ist noch das der Montreal Island Power Co. am Prairie River mit anfangs sechs Einheiten zu je 8800 PS zu nennen. Die vorläufige Kraftanlage am Lievre River mit 90 000 und maximal 120 000 PS verfügt über ein Sammelbecken von 0,75 Mill m³. Seit Februar 1929 liefert ein Wasserkraftwerk mit zwei Turbinen von je 2900 PS der Stadt Sherbrooke elektrische Arbeit. Voraussichtlich werden weitere hydroelektrische Anlagen in der Provinz u. a. 30 000 PS am Ottawa und 15 000 PS am St. Lawrence nutzbar machen.

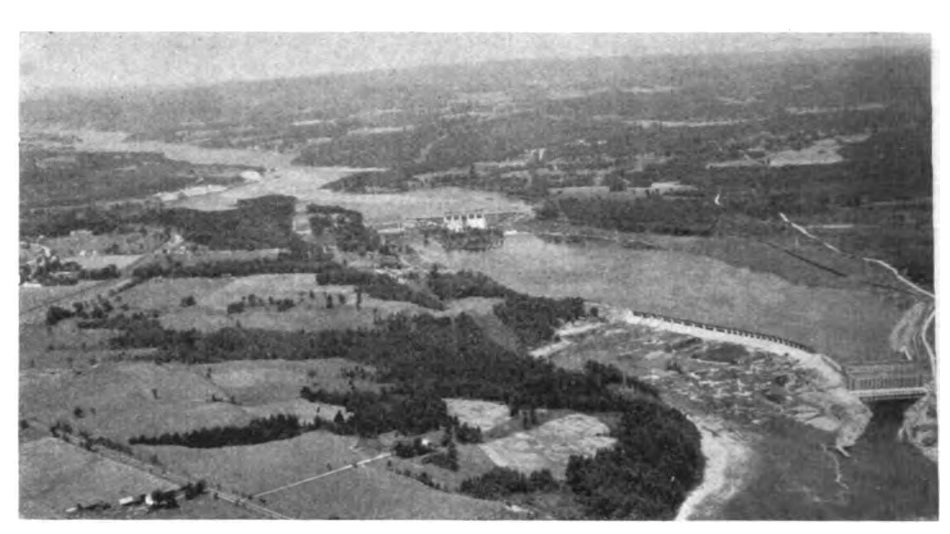


Abb. 3. Kraftwerk Farmers-Rapids der Gatineau Power Co. am Gatineau mit 5 Maschinensätzen zu je 24 000 PS = 120 000 PS im Vordergrund. Hinten das Chelseawerk derselben Gesellschaft mit 5 Maschinensätzen zu je 34 000 PS = 170 000 PS.

N e w B r u n s w i c k. Das abgelaufene Jahr war bedeutsam durch die Fertigstellung des vier Maschinensätze zu je 20 000 PS umfassenden Kraftwerks am St. John River; etwa 75 % des dort erzeugten Stroms werden von der Holz- und Papierindustrie abgenommen, deren eine Anlage täglich etwa 500 t Zeitungspapier liefert und mit dem Kraftwerk durch eine 132 kV-Leitung von 175 km Länge verbunden ist. Als Neuanlage in dieser Provinz wäre noch eine sich über 42 km erstreckende 6,6 kV-Leitung nach Dorchester und St. Joseph anzuführen.

N o v a S c o t i a. Hier hat sich im Jahr 1928 die Kraftwerksleistung um 8440 PS erhöht, welche Zunahme bereits festgelegte Ausführungen auf 34 550 PS steigern. Des schnellen Anwachsens der Nachfrage nach elektrischer Arbeit wegen ist eine Kommission gebildet worden, die den Ingram, den Indianfluß sowie den North-East und den Sackville River untersucht. Schon jetzt berichtet man, daß schätzungsweise 25 Mill kWh jährlich verfügbar sein werden. Am Mersey baut die Provinz drei Wasserkraftwerke, u. zw. eins am Upper-Lake Fall (7750 PS), ein zweites am Lower-Lake Fall (10 600 PS) und ein drittes am Big Fall (12 700 PS). Kaum erwähnenswert sind einige kleine Stationen, die im Lauf des Berichtsjahres in Betrieb genommen worden sind.

P r i n c e E d w a r d I s l a n d. Ein kleines Kraftwerk der Montague-Electric Co. von 160 PS hat die Arbeit begonnen.

Der Strombedarf nimmt in Kanada bemerkenswert zu. So sind durchschnittlich im Dezember 1928, Januar und Februar 1929 bzw. 43,7, 45,9 und 44,6 Mill kWh erzeugt worden gegen 39,0, 38,6 und 38,9 Mill kWh in den entsprechenden Monaten des Vorjahres, was eine Erhöhung um 15,5 % bedeutet. Am Ende des Berichtsjahres waren, wie schon bemerkt, 5,35 Mill PS ausgebaut gegenüber 4,8 in 1927 und 4,6 in 1926[2].

[2] Vgl. S. 1631.

RUNDSCHAU.

Hochspannungstechnik.

Wanderwellen: Bildung, Fortpflanzung und Schutz. — In einer Reihe von Aufsätzen beschäftigt sich Ch. Ledoux mit den verschiedenen Wanderwellen- und Überspannungserscheinungen. Ledoux bemüht sich, eine neue Theorie von den Wanderwellenvorgängen aufzustellen, die im Gegensatz zu den bisher bekannten Theorien in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Experiment stehen soll, ohne dabei jemals die physikalische Seite der Erscheinungen außer acht zu lassen. Im großen und ganzen haben seine Ausführungen wohl den Zweck, einen Nachweis für die Wirksamkeit der zahlreichen von ihm angegebenen Überspannungsschutzvorrichtungen zu bringen. Trotz des großen Wertes, den Ledoux auf den Zusammenhang zwischen Theorie und Experiment legt, sind die Mitteilungen über die von ihm durchgeführten und seiner Theorie zugrunde gelegten Versuche außerordentlich knapp. Dabei ist auch die Versuchsanordnung, mit der er die Untersuchung von Stirnsteilheiten und die Prüfung der verschiedenen Überspannungsschutz-Vorrichtungen durchführte, etwas unübersichtlich in ihrer Wirkungsweise, so daß es schwer ist, die Berechtigung der von Ledoux aus seinen Versuchen gezogenen Schlüsse nachzuprüfen. Es ist auch wahrscheinlich, daß eine genauere Untersuchung seiner Schutzanordnungen etwa mit dem Kathodenoszillographen eine etwas andere Wirkungsweise ergeben wird, als Ledoux sie annimmt.

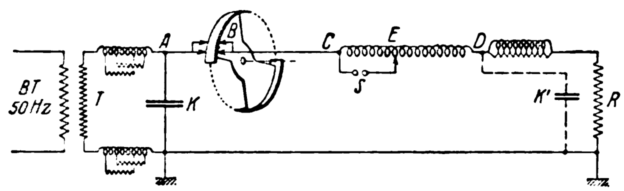


Abb. 1. Prüfanordnung nach Ledoux.

Die von ihm benutzte Prüfanordnung zeigt Abb. 1. Der von dem Hochspannungstransformator *T* aufgeladene Kondensator *K* entlädt sich jeweils im Spannungsmaximum über den Synchronschalter *B* auf die angeschlossene Doppelleitung. An dem Leitungstück *CD* wird (ähnlich wie bei der Binderschen Schleifenmethode) die Steilheit der Ein- und Ausschaltwellen bzw. deren Änderung nach Einbau von Schutzapparaten festgestellt (*CE*). Zur Vermeidung von Wellenreflexionen am offenen Leitungsende ist dieses mit einem Widerstand *R* überbrückt. Um seinen Zweck zu erfüllen, müßte letzterer dem Wellenwiderstand der angeschlossenen Leitung gleich sein. Er wurde aber aus Rücksicht auf die zur Verfügung stehende Leistung stets höher gewählt und deshalb noch ein besonderer „Überspannungsdämpfer" mit dem Widerstand in Reihe geschaltet, der jegliche Reflexion verhindern soll.

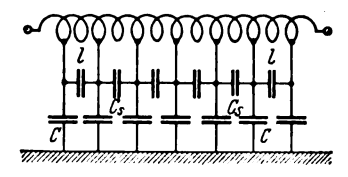


Abb. 2. Die Spule als Kettenleiter.

Von den Überspannungserscheinungen und ihren Bekämpfungsmitteln ergibt sich nach Ledoux etwa folgendes Bild: Als Entstehungsursache von Wanderwellen kommen indirekte Blitzschläge, Ein- und Ausschaltvorgänge in Betracht. Durch indirekte Blitzschläge werden mit größter Wahrscheinlichkeit gedämpfte Schwingungen von 10^4 bis 10^5 Hz ausgelöst. Neuere experimentelle Arbeiten lassen allerdings vermuten, daß diese Wanderwellen aperiodische Vorgänge sind. Doch sind die Verhältnisse noch wenig geklärt. Bei Einschaltvorgängen ergeben sich verhältnismäßig flache Stirnen, nicht unter 400 ... 600 m bei 10 bis 30 kV Einschaltspannung[1], lediglich bei höheren Spannungen können steilere Wellen auftreten. Ausschaltvorgänge bei induktionsfreien Kreisen zeitigen noch viel flachere Stirnen, lediglich beim Ausschalten induktiver Kreise können steilere Stirnen auftreten (300 m). Die steilsten Stirnen scheinen bei (intermittierenden) Erdschlüssen aufzutreten, wenigstens ist dies aus den häufigen dabei vorkommenden Wicklungschäden zu schließen. Die Steilheit kann hier bis zu mehreren tausend Volt/m betragen.

Für die Beurteilung der Vorgänge in Transformatorwicklungen ist wesentlich, das Eindringen von Wanderwellen in Spulen genau zu kennen. Die „klassische" Auffassung der Spule als Kettenleiter (Abb. 2) ist „radikal falsch" und ebenso alle daraus bezüglich des Eindringens von Wanderwellen in Spulen sich ergebenden Folgerungen einschließlich der kritischen Frequenz. Ledoux entwickelt hier eine eigene Theorie, die jedoch im Grunde auf die bereits von Rogowski behandelte Darstellung[2] des Eindringens von Wanderwellen in Spulen hinausläuft. Es ergibt sich hierbei, daß die Spule beim

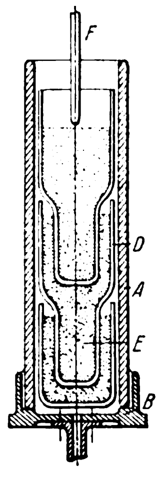


Abb. 3. Kapazitiver Widerstand.

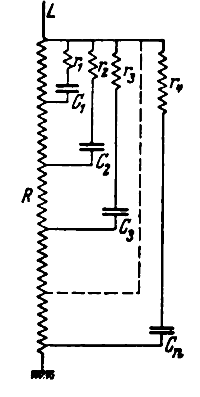


Abb. 4. Wirkungsbild des kapazitiven Widerstandes.

Auftreffen von Rechteckwellen nicht sofort als sehr hoher Widerstand wirkt. Der Wellenwiderstand der Spule wächst vielmehr erst mit dem Eindringen der Welle in die Spule. Die Verflachung der eindringenden Welle ist im wesentlichen auf die Induzierung von Teilwellen auf die benachbarten Windungen zurückzuführen. Die Verflachung ist sehr stark bei Transformatoren geringer Leistung. Transformatoren großer Leistung dagegen, deren Wicklung sich sehr stark der einlagigen Zylinderspule nähert, lassen eindringende Wellen fast unverzerrt durch. Aus diesem Grunde liegen bei Transformatoren kleiner Leistung die Windungsdurchschläge in der überwiegenden Mehrzahl im Wicklungsanfang, während sie bei denen großer Leistung an irgendeiner Stelle in beliebiger Entfernung vom Anfangspunkt auftreten. Man sollte deshalb Transformatoren nur bis zu Leistungen von 200 ... 400 kVA bei Spannungen von 10 ... 100 kV mit verstärkten Eingangswindungen ausführen. Für Transformatoren größerer Leistung ist dies unzweckmäßig. Für Transformatoren ganz kleiner Leistung empfiehlt Ledoux seinen „induktiven Schutzwiderstand", bei dem die beiden ersten Spulen aus Eisendraht hergestellt sind.

Neben den Schutzmaßnahmen, die beim Bau der Transformatoren selbst berücksichtigt werden können, hält Ledoux in den Netzen noch besondere Überspannungschutz-Vorrichtungen für erforderlich, auch bei Anlagen über 100 kV. Man sollte sich hier nicht etwa auf eine verstärkte Transformatorisolation beschränken, da außer den Transformatoren auch noch andere für den Betrieb wichtige Netzteile durch Überspannungen gefährdet werden können. Die Verwendung von Schutzschaltern zur Verhütung steilstirniger Ein- und Ausschaltvorgänge ist zweckmäßig, ebenso die Benutzung des Blitzseils zum Schutz gegen atmosphärische Entladungen. Von der Petersen-Spule und ähnlichen Schutzmaßnahmen zur Löschung des Erdschlußstromes befürchtet Ledoux Resonanzüberspannungen. Die beste Schutzmaßnahme ist hier der Einbau eines Widerstandes zwischen Transformator-Nullpunkt und Erde, der je nach den Verhältnissen zwischen 500 und 2000 Ω liegen soll. Sehr geeignet für diesen Zweck ist der weiter unten beschriebene Ledouxsche „kapazitive Wider-

[1] Vgl. hierzu jedoch die Untersuchungen von Wellenstirnen mit dem Kathodenoszillographen in Arch. El. Bd. 18, S. 499; ETZ 1928, S. 227.

[2] W. Rogowski, Arch. El. Bd. 6, S. 265.



stand" und sein „Erdschlußdämpfer", der in seiner Wirkungsweise dem ebenfalls weiter unten beschriebenen „Überspannungsdämpfer" entspricht. Auch den letzteren kann man an Stelle einer unmittelbaren Nullpunkterdung verwenden.

Der Hörnerableiter mit Dämpfungswiderstand ist — durchgebildet oder nicht — jedenfalls unfähig, Wanderwellen abzuleiten, dazu ist seine Ansprechspannung zu hoch. Spricht er aber an, so löst er bei geringem Dämpfungswiderstand steile Entladewellen aus, und es ist deshalb richtig, von ihm zu sagen, er sei ein Apparat, der um so gefährlicher wird, je wirksamer er ist. Da er oft mehrmals anspricht, kann er zu Resonanzerscheinungen führen. Diesen Nachteil vermeiden die Ventilableiter (Gilles, Autovalve), aber diese haben eine zu hohe Ansprechverzögerung, um wirksam zu sein[3]. Überspanungsschutzvorrichtungen mit Koronawirkung (Stacheldrahtschutz) sind nur für sehr hohe Spannungen anwendbar und vertragen sich oft nicht mit der Sicherheit der Anlage. Der Glimmschutz der Dr. Paul Meyer A. G. besitzt eine zu kleine Kapazität, um wirksam zu sein. Bei gleichgroßer Kapazität ist er jedoch dem gewöhnlichen Kondensator vorzuziehen[4]. Wasserwiderstände, als Überspannungsableiter in die Phasenleitung eingebaut, müssen mit zu hohen Widerständen arbeiten, um nennenswerte Energien abführen zu können. Demgegenüber stellt der Ledouxsche „kapazitive Widerstand" einen stark verbesserten Überspannungsableiter dar. Den Aufbau dieses Widerstandes zeigt Abb. 3. In einem Steingutrohr A befinden sich verschiedene Glasgefäße D, die mit einer Leitermasse E gefüllt sind. Der noch freie Teil des Rohres ist mit schlecht leitendem Wasser ausgefüllt. Die untere Abschlußkappe B und der Stift F bilden die Zuführungen. Die elektrische Wirksamkeit der Anordnung gibt das Schema in Abb. 4 wieder. Es handelt sich also um eine Parallel- und Hintereinanderschaltung von Widerständen (Wasser) und Kapazitäten (Leitermasse — Glas — Wasser). Die Frequenzabhängigkeit der Anordnung bei unbedingt aperiodischer Dämpfung macht sie besonders hohen Frequenzen gegenüber wirksam.

Den Schutzspulen widmet Ledoux einen besonders umfangreichen Abschnitt. Er ist der Meinung, daß alle bisherigen Bearbeiter der Schutzspulenfrage die Wirkungsweise der Spulen nicht richtig erkannt hätten und deshalb zu falschen, praktisch nicht verwertbaren Ergebnissen gekommen seien. Nach Ledoux entspricht weder die Auffassung der Spule als punktförmige Induktivität, noch die als reine Doppelleitung ihrem tatsächlichen Verhalten. Dieses ergibt sich erst, wenn man die Schutzspule als eine Anordnung auffaßt, die durch drei spezifische Koeffizienten charakterisiert ist: den relativen Schutzkoeffizienten, den Verflachungskoeffizienten und den Dämpfungskoeffizienten, die zusammen ein Maß für den Schutzwert der Spule abgeben. Der relative Schutzkoeffizient wird aus der Wirkungsweise der Spule als reine Doppelleitung abgeleitet. Sie besitzt hier einen bestimmten gleichbleibenden Wellenwiderstand Z_L und der relative Schutzkoeffizient ergibt sich dann zu

$$K_r = \frac{2\,Z_L\,(Z_1 + Z_2)}{(Z_1 + Z_L)\,(Z_L + Z_2)}\,,$$

wobei Z_1 der Wellenwiderstand der Leitung vor und Z_2 hinter der Spule ist. Es ergibt sich hieraus, daß die Spule schädlich wirkt ($K_r > 1$), wenn ihr Wellenwiderstand zwischen Z_1 und Z_2 liegt, und es entsteht der ungünstigste Fall ($K_{r_{max}}$) für $Z_L = \sqrt{Z_1\,Z_2}$. Die Spulenwirkung wird um so günstiger ($K_r < 1$), je höher der Wellenwiderstand über dem der angeschlossenen Leitung liegt, oder aber je tiefer darunter (Kondensatoren). Bei Schutzspulen ist es nicht immer leicht, ihren Wellenwiderstand mit Sicherheit über den des zu schützenden Transformators zu legen. Es ist dann zweckmäßig, die Spule nicht unmittelbar vor den Transformator zu schalten, sondern soweit davor, daß durch die zwischenliegende Leitung geringeren Wellenwiderstandes eine ausreichende Herabsetzung des relativen Schutzkoeffizienten erzielt wird. Der Verflachungskoeffizient wird bestimmt durch die Stärke der magnetischen Verkettung der Spulenwindungen, der Dämpfungskoeffizient durch die Stärke der Verluste (Drahtwiderstand, Ableitung usw.). Bei den üblichen Spulenanordnungen liegen die beiden letzten Koeffizienten nur wenig unterhalb von 1, und es ist nicht leicht, sie sehr viel stärker herabzusetzen. Dazu bedarf es besonderer Maßnahmen, die bei den von Ledoux angegebenen Schutzanordnungen, der „Widerstandspule", dem „Überspannungsdämpfer" und dem „Wellenabflacher und -dämpfer" zur Anwendung gekommen sind.

Die „Widerstandspule" (Abb. 5) besteht aus einer Spule aus blankem, in eine Graphitmasse eingebetteten Kupferdraht. Trifft eine Wanderwelle auf die Spule auf, so wird nicht die ganze Welle dem Draht folgen, sondern ein Teil in die Graphitmasse eindringen und die nächsten Windungen jeweils vor der Hauptwelle erreichen. Hierdurch soll eine besondere Verflachung erzielt werden[5]. Die Teilwellen erfahren gleichzeitig in dem Widerstand eine starke Dämpfung.

Der „Überspannungsdämpfer" ist in seinem schematischen Aufbau in Abb. 6 wiedergegeben. Er besteht aus drei hintereinander geschalteten Spulen G, H, E, aus galvanisiertem Eisendraht, die konzentrisch zueinander angeordnet und so in Serie geschaltet sind, daß sie einen gleichgerichteten Fluß erzeugen. Die mittlere Spule H ist in Graphitmasse F eingebettet, entspricht also in ihrer Wirkungsweise der Widerstandspule nach Abb. 5. Durch die gegenseitige Induzierung von Teilwellen in den drei Spulen soll die Verflachung der Welle noch weiter erhöht werden.

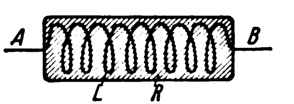


Abb. 5. Widerstandspule.

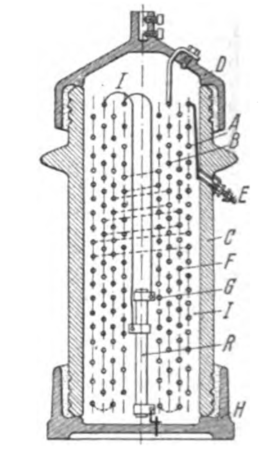


Abb. 7. Wellenabflacher und -dämpfer.

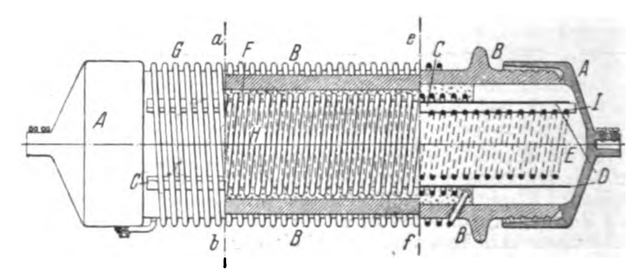


Abb. 6. Überspannungsdämpfer.

Der „Wellenabflacher und -dämpfer" ist als Schutzanordnung mit Kondensatorwirkung gedacht und soll gegenüber den üblichen Schutzkondensatoren dieselben Vorzüge besitzen wie der Überspannungsdämpfer gegenüber den üblichen Spulen. Seinen Aufbau zeigt Abb. 7. In eine Steingutröhre C sind 4 Spulen mit gleichem Wicklungsinn eingebaut, von denen zwei (A, B) in bifilarer Hintereinanderschaltung in der Hochspannungsleitung (Anschlüsse D, E), die beiden andern F, G in der gleichen Schaltungsweise an Erde (Kappe H) liegen. Den Windungen der Hochspannungspule sind die Windungen der Erdspule jeweils genau parallelgeführt, so daß sich ein praktisch gleichbleibender Wellenwiderstand ergibt. Der Zwischenraum zwischen den Drähten ist mit einer Isoliermasse I von hoher Dielektrizitätskonstante ausgefüllt. Gegenüber Wanderwellen wirkt die Anordnung wie eine Leitung mit geringem Wellenwiderstand (etwa 100 Ω) mit sehr starker Dämpfung[6], gegenüber langwelligen Schwingungen wie ein Kondensator. Die Erdspulen liegen nicht unmittelbar, sondern über verschieden hohe Widerstände R an Erde, so daß hierdurch Resonanzmöglichkeiten vermieden werden. Durch sorgfältige Wahl der Isolierung und der Abstände ist jede Durchschlaggefahr vermieden. Verschiedene derartige Schutzanordnungen sind bereits ausgeführt, über deren Einbau berichtet wird. (Ch. Ledoux, Rev. Gén. de l'El. Bd. 22, S. 851, 865, 923, 983, 1045 u. 1119.) *Fl.*

[3] Bezüglich des Autovalve-Ableiters siehe jedoch ETZ 1928, S. 1307.
[4] Siehe hierzu jedoch ETZ 1928, S. 1308.

[5] Siehe hierzu jedoch die Untersuchungen über die Wirkung von Widerständen bei Spulen und Kondensatoren mit dem Kathodenoszillographen. ETZ 1928, S. 1308.
[6] Ob die Dämpfung wirklich so stark ist, wie Ledoux annimmt, muß bezweifelt werden. Aus Untersuchungen ähnlicher Spulenanordnungen mit dem Kathodenoszillographen zu schließen, kann sich die Anordnung nicht anders verhalten als eine gewöhnliche Doppelleitung bzw. Kabel mit entsprechendem Wellenwiderstand. D. Ber.

Apparate.

Einbau von Stromwandlern in Hochspannungs-Ölschalter. — J. C. Rea berichtet in einem Aufsatz zunächst über die „Anfänge der Elektrotechnik", wo der Ölschalter durch einen unmittelbar vom Strom durchflossenen Auslöser betätigt wurde, und wie die dabei auftretenden Schwierigkeiten leicht durch die Betätigung mit Sekundärrelais überwunden wurden, die an Stromwandler angeschlossen waren. Es wird darauf hingewiesen, daß diese Stromwandler zuweilen bei hohen Spannungen beträchtliche Kosten verursachten. Die Verwendung von Ringkernen auf den Ölschalter-Durchführungen ist zwar hinsichtlich der Spannungssicherheit einwandfrei, gibt aber erst bei Stromstärken über 500 A, wie sie bei Hochspannungschaltern kaum jemals vorkommen, ausreichende Leistung und Genauigkeit. Es mußten also Wickelstromwandler Anwendung finden. Die Modelle mit Schenkelkern, bei denen Primär- und Sekundärwicklung auf gegenüberliegenden Schenkeln lagen, waren zwar konstruktiv einfach, aber meßtechnisch infolge der hohen Streuung sehr ungünstig. Die Isolierung eines in einen Ölschalter eingebauten Stromwandlers bietet beträchtliche Schwierigkeiten, einmal deswegen, weil man mit dem schlechten, verschmutzten Schalteröl als Isolierung zu rechnen hat, zum andern wegen der unmittelbaren Verrußungsgefahr. Es wurde schließlich eine Schenkeltype geschaffen, mit koaxialer Primär- und Sekundärwicklung, durch mehrere Hartpapier-Isolierzylinder voneinander getrennt. Für 132 kV werden drei konzentrische Zylinder verwendet, der innerste ruht in gerillten Porzellan-Endtellern. Auf Parallelwiderstände zur Sprungwellen-Isolierung wurde ganz verzichtet; statt dessen wurden die Windungen sehr gut gegeneinander isoliert. Der Wandler hat 400 primäre AW, der Stromfehler kann in neuartiger Weise (nach U.S.A.-Patent 1 550 906) dadurch vollständig auf null gebracht werden, daß man zwei Sekundärwicklungen ungleicher Windungszahl parallelschaltet. Durch richtige Wahl des Windungszahlenverhältnisses kann jede beliebige Feinabgleichung erzielt werden. Die Leistung des Wandlers ist gering, man erhält in der Klasse E etwa 2,5 VA bei $\cos\varphi = 0{,}9$, in der Klasse F etwa 10 VA, immerhin zur Betätigung eines Zählers oder eines nur wenige VA verbrauchenden Relais genügend.

Die auf amerikanische Verhältnisse zutreffenden Überlegungen dürften hier nicht Geltung haben. Der Preis eines neuzeitlichen 110 kV-Stromwandlers beträgt nur etwa 10 % vom Preis eines 110 kV-Ölschalters, man hat aber dafür einen genauen Wandler der E-Klasse mit hoher Leistung, der weder durch die Erschütterungen des Ölschalters noch die Ölverschmutzung leiden kann. (J. C. Rea, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 872.) *Kth.*

Beleuchtung.

Schalenhalter mit konzentrischer Verstellbarkeit der Glühbirne. — Im allgemeinen werden die Glühlampen in Armaturen dadurch verstellbar gemacht, daß oben am

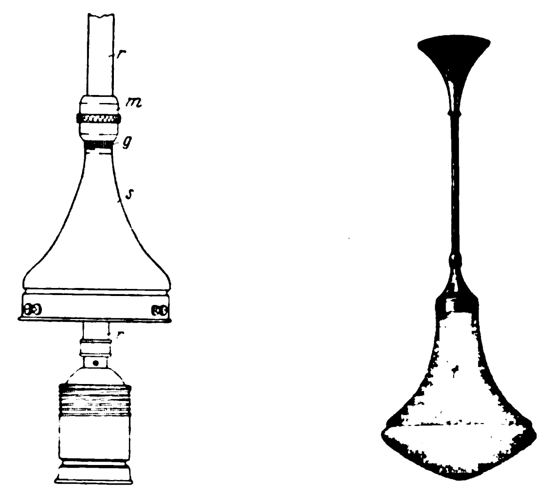


Abb. 8. Konzentrische Klemme am Schalenhalter.

Abb. 9. Beleuchtungskörper mit konzentrischer Klemme.

Schalenhalter in einem Nippel eine seitliche Schraube vorhanden ist, die das Rohrstück, welches die Fassung trägt, an den Nippel festklemmt. Da das Rohrstück beim Festklemmen jedesmal etwas zur Seite geschoben wird, wird die Glühlampe aus der Mitte der Armatur gerückt. Namentlich bei längeren Rohrpendeln macht sich die Abweichung aus der Mitte noch dadurch bemerkbar, daß die Pendel selbst nicht genau lotrecht hängen. Die Firma Dipl.-Ing. D. Roschanski, Berlin W 9, sieht daher eine konzentrische Befestigung der Glühbirne[1] in der Weise vor (Abb. 8), daß der oben mit einigen zur Achse parallelen Schlitzen versehene Schalenhalter mehrere konische Gewindegänge *g* zur Aufnahme einer Mutter *m* besitzt. Nach Lockerung der Mutter kann das Rohrstück *r* beliebig eingestellt und danach am Schalenhalter *s* durch Andrehen der Mutter *m* von Hand einfach festgeschraubt werden, so daß die konzentrische Lage der Lampe gewahrt bleibt. Die Firma rüstet neuerdings ihre Beleuchtungskörper (Abb. 9) mit diesem konzentrischen Schalenhalter aus. *Ka.*

Elektrizitätswerke.

Das Shannonwerk in Irland. — Die von den SSW zusammen mit der Siemens-Bauunion erbaute Shannonanlage ist am 4. X. d. J. bis auf einige unwesentliche Restarbeiten fertiggestellt worden; sie wurde der Irischen Regierung als betriebsfertig gemeldet. Die umfangreiche Anlage hat rd. 110 Mill RM gekostet und besteht im wasserbaulichen Teil aus einem Stauwehr mit zwei Überfallöffnungen von 18 m l. W. und vier Grundablässen von je 10 m l. W., dem Einlaufbauwerk mit drei Öffnungen von je 25 m l. W. und einem Schiffsdurchlaß von 10 m l. W., dem 12 km langen Oberwasserkanal — der Hauptarbeit im wasserbaulichen Teil —, dem Wasserschloß am unteren Ende des Kanals in Ardnacrusha, nebst Leerschuß und Schiffschleuse und dem Unterwasserkanal, der vom Kraftwerk bis zum alten Shannonlauf führt. Von dem Wasserschloß führen drei Druckrohrleitungen von 6 m Durchmesser zum Maschinenhaus, in welchem zunächst (1. Ausbau) drei Maschinensätze, bestehend aus je einer 38 000 PS-Francisturbine, gekuppelt mit einem Drehstrom-Generator von 30 000 kVA Leistung, aufgestellt sind.

Der ganze elektrische Teil der Shannonanlage, bestehend aus den bereits erwähnten Generatoren, den dazugehörigen Freilufttransformatoren für 38 kV und 110 kV, den umfangreichen Schaltanlagen in Ardnacrusha, Dublin und Cork, den 110 kV/38 kV/10 kV-Freileitungen mit einer Gesamtlänge von rd. 3400 km und den zahlreichen Transformatorenstationen, die über den ganzen Irischen Freistaat verteilt sind, ist von H. Wallem in der ETZ 1927, H. 2, S. 33, H. 28, S. 990, H. 29, S. 1027, H. 35, S. 1255 näher beschrieben worden. Alle zur Anlage gehörigen Maschinen Apparate, Eisenkonstruktionen aller Art und Baumaterialien sind von deutschen Firmen geliefert worden. Das ganze Werk ist in knapp 4 Jahren vollendet worden. Die Anlage ist provisorisch bereits im Betrieb gewesen und hat sich durchweg bewährt. Die endgültige Inbetriebsetzung wird erfolgen, sobald die regierungseitig übernommenen Arbeiten fertiggestellt sein werden. *Wm.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Die Elektrisierung der Bahn Visp—Zermatt. — Am 20. VIII. d. J. ist eine der ältesten Hochgebirgsbahnen der Schweiz, die Bahn Visp—Zermatt, vom Dampfbetrieb auf elektrischen Betrieb übergegangen. Die Bahn wurde in den Jahren 1888/1891 für Dampfbetrieb gebaut und überwindet bei 35 km Länge eine Erhebung von 950 m. Die Reibungsstrecken haben höchste Steigungen von 45 ‰, die Zahnstangenstrecken solche von 125 ‰. Der kleinste Krümmungshalbmesser ist 80 m. Der Verkehr betrug 1891 34 000 Personen und stieg von da bis 1913 auf 100 000, 1928 auf 117 500. Diese Verkehrsteigerung hängt mit der Vollendung der Furka-Oberalpbahn zusammen, die einen unmittelbaren Verkehr mit Luzern über Andermatt—Göschenen und mit St. Moritz über Disentis—Chur ermöglicht. Um einzelne Wagen und ganze Züge von einem Netz aufs andere überzuführen, wurde eine Schmalspurverbindung Brig—Visp gebaut, mit deren Eröffnung den anstoßenden Bahnverwaltungen große Vorteile erwuchsen, indem in Zukunft durchgehende Wagen Zermatt—St. Moritz, Zermatt—Göschenen usw. eingeführt werden können. Gleichzeitig wurde die Elektrisierung der Strecke Visp—Zermatt in die Hand genommen.

Die Visp-Zermatt-Bahn ist die erste, mit Einphasenstrom betriebene kombinierte Reibungs- und Zahnradbahn. Als Fahrdrahtspannung wählte man 11 000 V, so daß man den Fahrstrom durch Zwischenschalten von selbsttätigen Transformatoren unmittelbar von der Fahrleitung der SBB beziehen kann. Die Lokomotiven weisen insofern eine bemerkenswerte Neuerung auf, als der Lokomotivkasten zwecks Gewichtsverminderung ausschließlich aus Aluminiumlegierungen gebaut ist. Die Motoren haben eine Leistung

[1] DRGM. 991 603.

von etwa 700 PS, die über eine doppelte Zahnradübersetzung auf die Triebachsen bzw. Triebzahnräder übertragen wird. Neben der bei diesen Bahnen üblichen Vakuumbremse hat die Lokomotive noch eine elektrische Bremse, indem bei der Talfahrt die Motoren von einem besonderen Generator der Ladegruppe, die zum Laden der Akkumulatorenbatterie für die Beleuchtung und Steuerung dient, erregt werden und als Stromerzeuger auf Widerstände arbeiten. Selbst beim Ausbleiben der Fahrdrahtspannung bleibt die Bremswirkung aufrechterhalten, indem die Erregergruppe selbsttätig von der Hilfsbatterie aus angetrieben wird. Die Lokomotiven sind für Einmannbedienung eingerichtet und enthalten alle dafür erforderlichen Sicherheitsvorrichtungen.

Das zusammenhängende Schmalspurnetz der Schweiz hat durch die Vollendung dieser Verbindungstrecke eine Gesamtlänge von über 500 km erhalten und ist dadurch das größte Schmalspurnetz dieser Art in Europa. (Bull. SEV Bd. 40, S. 577.) *e*

Elektrisierung der Ungarischen Staatsbahnen. Wie aus einem Aufsatz von L. v. Verebély in „Elektrotechnika" Bd. 22, S. 98, über den gegenwärtigen Stand der Elektrisierung in Ungarn hervorgeht, ist die Kandó-Lokomotive auf der Probestrecke Budapest—Alag dauernd im Betrieb und hat bis jetzt fast 20 000 km geleistet. Auf Grund der günstigen Erfahrungen mit dieser Lokomotive wurde im Dezember 1928 beschlossen, die Hauptbahnlinie Budapest—Hegyeshalom der Ungarischen Staatsbahnen mit dem Phasenumformer-System von Kandó zu elektrisieren. Zuerst wird die 100 km lange Strecke Budapest—Komárom ausgebaut. Die Bauarbeiten werden im Laufe des Sommers begonnen. Die Fabrikation der Lokomotiven wird in den nächsten Wochen, der normale elektrische Betrieb auf der Strecke Budapest—Komárom voraussichtlich im Sommer 1930 aufgenommen. (Aus El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 819, nach Elektrotechnika Bd. 22, S. 98.) *V.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Spannungsstabilisator System Soulier. — Das Wesentliche dieses Gerätes zur Konstanthaltung der Spannung, über das A. Soulier berichtet[1], besteht in der Hintereinanderschaltung von Kapazität C und Selbstinduktion L an ein Wechselstromnetz. Die Vektoren der Spannungen, welche über C und L abgegriffen werden, sind um je 90° gegen den Strom verschoben. Beide Spannungsvektoren können also algebraisch addiert werden. Die resultierende Spannung ist $V_R = V_L - V_C$. Etwa auftretende Schwankungen von V_R könnten also durch eine Änderung der Spannung V_L kompensiert werden, wobei V_C konstant bleibt. In Abb. 10 liegt ein elektrolytischer Kondensator C von etwa 200 μF Größe in Serie mit einer Spule L, die senkrecht angeordnet ist und einen unterteilten Eisenkern E von 2 kg Gewicht enthält. An die Klemmen A, B wird das Netz konstanter Frequenz angelegt. Treten hier Spannungschwankungen bis zu 20 % auf, so bleibt die über dem Kondensator C an den Klemmen D, F entnommene Wechselspannung bis auf 1 % konstant. Jeder Netzspannung entspricht eine selbsttätige Verschiebung des Eisenkernes E im Innern der Spule L. Dieser Verschiebung entspricht wiederum eine Änderung der Selbstinduktion und damit eine Änderung der Spannung V_L. Die Einrichtung ist für die Heizung von Coolidge-Röntgenröhren benutzt. Statt des Heizstromes oder der Heizspannung kann man die Konstanz der letzteren wesentlich genauer durch die Emission messen, da diese der vierten Potenz der Drahttemperatur proportional ist. Aber selbst hier fand man bei Netzschwankungen um ± 15 % eine völlige Konstanz der Emission. (Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 196.) *Lü.*

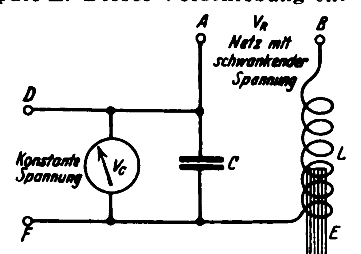


Abb. 10. Schaltung des Spannungsstabilisators System Soulier.

[1] Comptes Rendus Bd. 186, S. 1528.

Verschiedenes.

30jähriges Bestehen des Elektrotechnischen Vereins Mannheim-Ludwigshafen. — Am 12. und 13. Oktober 1929 beging der zum VDE gehörende Elektrotechnische Verein Mannheim-Ludwigshafen unter zahlreicher Beteiligung weitester Kreise die Feier seines 30jährigen Bestehens gemeinsam mit dem Mannheimer Bezirksverein des VdI, der gleichzeitig auf ein 60jähriges Bestehen zurücksehen konnte. Beide Vereine stehen fast nunmehr 30 Jahre in engster Gemeinschaftsarbeit. Samstag, den 12. Oktober, nachm., wurde die Wanderschau „Der Vertriebsingenieur" in der gemeinsamen Vereinswohnung der beiden Vereine eröffnet, am Abend fand ein unter Leitung von Direktor K. Reitz (VDE) stehender Begrüßungsabend statt, der die Teilnehmer (Gäste und Mitglieder) in angeregtester Stimmung vereinte. Sonntag, den 13. Oktober, vorm., konnte Herr Direktor Fröben (VdI) zu einem „Akademischen Festakt" im Rosengarten neben den Vertretern von Staat, Stadt, Wissenschaft und Industrie, den Vertretern der Hauptvereine (für den VDE Herrn Generalsekretär Schirp) eine große Zahl von Damen und Herren begrüßen. Den die Geschichte der beiden Jubelvereine schildernden Begrüßungsansprachen und den Vertreteransprachen folgten Ehrungen. Der E. V. Mannheim-Ludwigshafen ernannte zwei seiner Gründer, die Herren Direktor Hugo Stotz sowie Dr. Wittsack, zu seinen Ehrenmitgliedern.

Den Festvortrag „Kraft-Wirtschaft" hatte Herr Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. Robert Haas, Rheinfelden, übernommen, der das Interesse seiner Zuhörer durch interessante Behandlung des Vortragsthemas zu fesseln verstand.

Ein gemeinsames Abendessen im Friedrichspark vereinigte die große Zahl von Damen und Herren, unter denen sich Mitglieder des Württembergischen, des Hessischen Elektrotechnischen Vereins, der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. u. a. befanden.

Hervorgehoben zu werden verdient das seit Jahrzehnten verständnisvolle Zusammenarbeiten der Ortsvereine des VdI und VDE. *Schp.*

Getriebe. — Als eine der wesentlichen Aufgaben der Ingenieurwissenschaft pflegen wir die Schaffung von Einrichtungen zu betrachten, die die menschliche Arbeitsleistung weitgehend ausschalten und durch diejenige von Mechanismen nicht nur ersetzen sondern auch in ihrer Wirkung erheblich überbieten. Täglich kommen wir mit unzähligen Erzeugnissen der Technik in Berührung, in denen wir diese Aufgabe verwirklicht sehen.

Bei aller verwirrenden Fülle der Erscheinungen ist festzustellen, daß die Grundelemente jener Mechanismen sich in vielen Zügen gleichen. Diese Elemente sind die „Getriebe", die das Spiel der mechanischen Kräfte regeln und in die gewünschten Bahnen lenken. Ihr Wirken erkennen wir bei der stufenweisen Geschwindigkeitschaltung der Kraftwagen, wir beobachten es im Arbeiten des Lokomotivtriebwerks, es kommt zum sichtbaren Ausdruck in den verwickelten Bewegungsvorgängen bei Verpackungs-, Bäckerei-, Zigarettenmaschinen u. v. a. m.

Die immer weiter getriebene Ausschaltung des Menschen aus der Fertigung stellt den Erbauern solcher Maschinen täglich neue Aufgaben. Es bedeutet eine Art geistiger Rationalisierung, wenn diese Aufgaben nicht an den verschiedensten Stellen nur für den vorliegenden Fall gelöst werden, sondern wenn die deutschen Ingenieure schon bei ihrer fachlichen Ausbildung das Rüstzeug erhalten, das sie befähigt, größere Zusammenhänge zu erfassen.

Einer der ersten, die diese Notwendigkeit klar erkannten und durch eine grundlegende wissenschaftliche Behandlung dieser Fragen dem planmäßigen Aufbau einer Getriebelehre den Boden bereiteten, war Franz Reuleaux, der erste Rektor der Technischen Hochschule in Charlottenburg. Als „Vater der Kinematik" hat er sich in den Kreisen der Technik einen bedeutenden Namen gemacht, einen Namen, dessen Klang noch heute so viel gilt, daß die Technische Hochschule Charlottenburg und der Berliner Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure sich zusammengetan haben, um die 100. Wiederkehr seines Geburtstages am 30. IX. durch einen feierlichen Festakt im Ehrenhof der Technischen Hochschule am Vormittag des 11. November zu würdigen. Die Festrede wird Prof. Kammerer halten. Am Nachmittag folgen wissenschaftliche Vorträge. Anschließend an den Festakt wird in der Technischen Hochschule eine Getriebeausstellung[1] eröffnet, die von den Lehrstühlen für Zwanglauflehre und für Werk- und Gerätebau an der T. H. Charlottenburg, dem Verein deutscher Ingenieure, vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung und vom Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten veranstaltet wird und bis zum 24. XI. täglich von 10 bis 20h geöffnet bleibt. Die interessante Ausstellung zeigt Reuleaux' kinetische Sammlung und eine Reihe neuzeitlicher Getriebe und wird zweifellos in Fachkreisen große Aufmerksamkeit finden. *of*

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1597.



Energiewirtschaft.

Weiterer Ausbau kanadischer Wasserkräfte. — Die in dem Aufsatz von G. Reglin auf S. 1624 erwähnte Hydro-Electric Power Commission der Provinz Ontario weist im Jahresbericht für 1927/28 eine Steigerung ihrer Investitionen in den verschiedenen Versorgungssystemen[1] auf 211,218 Mill $ nach, wovon 161,994 Mill $ auf Niagara und rd. je 14 Mill $ auf die Thunder Bay und das Central Ontario and Trent-System entfallen. Mit den Geldanlagen für die städtischen Verteilungsysteme usw. (85,986 Mill $) ergibt sich eine Summe von 297,204 Mill $. Die Gesamteinnahme der Kommission betrug ohne die hydroelektrischen Bahnen 24,287 Mill $ und der schließliche Nettosurplus 0,941 Mill $. Bemerkenswert ist die Einrichtung ländlicher, von der Kommission direkt versorgter Kraftdistrikte, in denen sie bereits über 7,2 Mill $ investiert und wozu die Regierung von Ontario 50 %, d. h. rd. 3,5 Mill $ als Zuschuß für Übertragungsleitungen und Ausrüstung beigetragen hat. Diese Distrikte umfassen schon mehr als 31 000 Abnehmer und etwa 6000 km Übertragungsleitungen. Was die technische Entwicklung der einzelnen Systeme betrifft, so ist in dem des Niagara im Oktober 1928 das erste Arbeitsquantum der Gatineau Power Co. über die von Reglin schon erwähnte 220 kV-Leitung seitens der Kommission abgenommen worden. Diese Höchstspannungslinie beginnt an einem Punkt der interprovinzialen Grenze am Ottawa, führt nach dem rd. 300 km entfernten Leaside am Rande Torontos und besteht aus Stahlaluminiumkabeln, die von nahezu 1000 Stahltürmen getragen werden. Den Bau einer zweiten solchen Leitung wollte man in diesem Jahr in Angriff nehmen, in dem die Kommission auch eine 110 kV-Leitung von Niagara Falls nach St. Thomas errichtet. Im Georgian Bay-System, wo die Elektrizität fünf zusammengeschlossenen Kraftwerken und einer Umformerstation entnommen wird, sollte 1929 eine sechste Stromquelle bei den Trethewey Falls am südlichen Arm des Muskoka (2300 PS) den Dienst beginnen. Bezüglich einer siebenten Anlage bei den Ragged Rapids des Musquash sind Untersuchungen im Gange. Für das St. Lawrence-System wird der Strom bei Cornwall von der Cedars Rapids Transmission Co. geliefert, man hat aber im Berichtsjahr durch eine Leitung von Brockville nach Ottawa auch eine Verbindung mit dem Gatineau-Kraftnetz hergestellt. Das Rideau-System erhält seine Energie von den Kraftwerken bei High Falls und Carleton Place am Mississippi, außerdem wird elektrische Arbeit der Rideau Power Co. bei Merrickville entnommen. Durch eine in der Nähe der Smith's Falls errichtete 110 kV-Station ist auch hier als Reserve die Möglichkeit gegeben, Strom vom Gatineaunetz zu beziehen. In diesem System hat die Kommission nunmehr auch den ersten ländlichen Kraftdistrikt angelegt. Im Thunder Bay-System, das von einer hydroelektrischen Anlage an den Cameronfällen des Nipigon gespeist wird, ist, abgesehen von den Städten Port Arthur, Fort William und Nipigon die Holz- und Papierindustrie Hauptabnehmer und hat trotz ihrer wirtschaftlich ungünstigen Lage im November 1928 65 000 PS beansprucht. Da die Anlage an den Cameronfällen jetzt voll belastet ist, geht man damit um, 54 000 PS Zusatzleistung im Alexanderwerk zu schaffen. Für das Ottawa-System ist die Ottawa and Hull Power Co. verpflichtet, 20 000 PS vom Kraftwerk Hull (Quebec) der Kommission zur Verfügung zu stellen, doch wird ebenfalls Zusatzstrom von der Gatineau Power Co. geliefert, der der Kommission auch für das im übrigen aus Kraftanlagen am Trent und Otonabee gespeiste Central Ontario and Trent-System von den Smith's Falls durch eine bei Kingston angeschlossene Übertragungsleitung zur Verfügung steht. Das Nipissing-System deckt seinen Elektrizitätsbedarf durch zwei am South River liegende Wasserkraftwerke, deren eines bei Nipissing, das andere bei Bingham Chute errichtet ist. Etwas oberhalb des letzteren, bei Elliott Chute, hat die Kommission im Berichtsjahr den Bau einer dritten Anlage (1800 PS) begonnen, der heute fertig sein dürfte.

Infolge der schnellen Entwicklung erfordert die Skizze Reglins, die, wie wir annehmen, sich auf einen im kanadischen Ministerium des Innern ausgearbeiteten Bericht stützt, schon wieder einige Ergänzungen. Nach der Zeitschrift Power hat die British Columbia Power Corp. die Genehmigung erhalten, 90 000 PS am Campbell River auszubauen, und die West Kootenay Power & Light Co. geht an die Errichtung eines großen Damms zwischen dem Adamsee und dem Shuswaysee, um für British-Columbia 30 000 PS östlich von Kamloops aus dem Adams River zu gewinnen. Das der Winnipeg Electric Co. in der Manitobaprovinz gehörende, von deren Tochtergesellschaft, der Northwestern Power Co. in Angriff genommene Kraftwerk Seven Sisters (225 000 PS Endleistung) macht gute Fortschritte. Um die wachsende Nachfrage der Industrie von Sault Ste. Marie (Stahlwerke der Lake Superior Corp.) in Ontario zu befriedigen, baut die Algoma District Power Co. bei High Falls am Michipicoten River ein neues Kraftwerk (10 000 PS), und sie beabsichtigt ferner, weitere 15 000 PS demnächst dem genannten Fluß zu entnehmen. Auch das in Alberta in Arbeit befindliche Kraftwerk der Calgary Power Co. am Bow River schreitet schnell voran, wird im November teilweise den Betrieb aufnehmen und nach vollem Ausbau 36 000 PS leisten. Es ist die bis jetzt größte hydroelektrische Anlage der Provinz. Schließlich wäre noch ein Projekt der British Columbia Electric Railway Co. am Ruskin zu erwähnen, wo zunächst eine 47 000 PS-Einheit und später eine zweite gleichgroße installiert werden sollen.

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 326.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die rückläufige Konjunktur der Industrie und die ungünstige wirtschaftliche Lage der Landwirtschaft haben 1928 den Stromabsatz des Märkischen Elektricitätswerks A. G., Berlin, nachteilig beeinflußt, so daß er sich nur von 427,969 auf 477,219 Mill kWh, d. h. um 11,5 % erhöhen konnte. An dieser Zunahme waren die industriellen Großabnehmer mit 9,6 %, die Städte als Großabnehmer mit 8,85 %, die Genossenschaften und Güter mit 14,5 % und die Kleinabnehmer mit 20 % beteiligt. Die maschinelle Erweiterung von Finkenheerd um 40 000 kW dürfte nunmehr vollendet sein. Das Dieselkraftwerk Hennigsdorf (15 000 kW) nahm Anfang 1929 den Probebetrieb auf, und das Wasserkraftwerk Guben wurde um 430 kW vergrößert; damit ist die Leistung der Kraftwerke um rd. 55 400 kW gestiegen. Die Angliederung des südlichen Teils von Mecklenburg-Strelitz erweiterte das Versorgungsgebiet auf rd. 36 000 km², letzteres umfaßt nunmehr 40 Stadt- und Landkreise. Infolge eines Vertrags mit der Überlandzentrale Pommern A. G. wird seit Jahresbeginn ein erheblicher Anteil des Strombedarfs der Provinz Pommern von der Berichterstatterin gedeckt, deren hier schon erwähntes Abkommen mit der Bewag[2] den Austausch der beiderseitigen Stromversorgungsrechte außerhalb und innerhalb Berlins geregelt hat. Für die Stromlieferung an die Pommernwerke wurde die Errichtung einer 100 kV-Leitung von Heegermühle nach Pasewalk begonnen und im Zusammenhang damit die bisherige 50 kV-Leitung Strausberg-Heegermühle für 100 kV umgebaut. Im Gebiet der Brandenburgischen Kreis-Elektrizitätswerke sind diejenigen 50 kV-Leitungen um- und neugebaut worden, die für den Übergang der Stromlieferung vom Kraftwerk Oberhavel auf die Zentrale Finkenheerd notwendig wurden. Die Streckenlänge des MEW-Hochspannungsnetzes betrug Ende 1928 nahezu 10 864 km. Die Strompreise, die, wie der Bericht sagt, seit der Goldmarkumstellung eine sinkende Tendenz zeigten, taten das auch im letzten Jahr, doch hat sich der Durchschnittspreis wegen des verhältnismäßig stärkeren Zuwachses der Mittel- und Kleinverbraucher nicht im gleichen Maß wie 1927 ermäßigt. Als Bruttogeschäftsgewinn werden 20 567 466 RM (18 790 414 i. V.) und als Reingewinn 5 558 399 RM (4 122 517 i. V.) ausgewiesen, wovon wieder 10 % des inzwischen auf 50 Mill RM erhöhten Aktienkapitals als Dividende verteilt worden sind.

Eine Reihe ungünstiger wirtschaftlicher Faktoren hat den Bemühungen des Überlandwerks Glauchau A. G., Glauchau, im Geschäftsjahr 1928/29 nicht den ihnen angemessenen Erfolg zuteil werden lassen. Im Dampfkraftwerk wurden 6,929, im Wasserkraftwerk Waldenburg aber nur 2,276 Mill kWh erzeugt; mit 11,197 Mill kWh, die das Werk fast ganz aus dem Landesnetz bezogen hat, betrug das Ausbringen 20,402 Mill kWh, d. s. 10,7 % mehr als im Vorjahr (18,439 Mill kWh). Die nutzbare Stromabgabe ist bei 17 528 kW Gesamtanschlußwert (15 926 i. V.) von 15,997 auf 18,360 Mill kWh, mithin um nahezu 15 % gestiegen. Betriebseinnahmen, einschl. des Gewinns aus Warenverkauf, stellten sich auf 1 725 586 RM (1 472 486 i. V.) und der Reingewinn auf 117 513 RM (86 635 i. V.). Hieraus hat die Gesellschaft bei nunmehr 2 Mill RM Aktienkapital wieder 8 % Dividende gegeben.

Wie die Überlandzentrale Grenzmark A. G., Flatow i. Westpr., in ihrem Bericht für 1928 sagt, ist dort das Verlangen, sich der Elektrizität als Hilfskraft zu bedienen, so stark, daß oft die mit der Beschaffung der Anlage sich ergebenden wirtschaftlichen Schwierigkeiten unter Hintansetzung anderer Bedarfsfragen überwunden werden, und für dieses östliche Gebiet sei auch die Tat-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1597.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 423.

sache bemerkenswert, daß einzelne Bezirke der Elektrizitätsversorgung immer noch offen stehen und hier noch die Möglichkeit vorliege, Neuland zu erschließen. Infolgedessen konnte die Gesellschaft trotz des wirtschaftlichen Rückgangs und besonders der Notlage in der Landwirtschaft den Strombezug von den Brandenburgischen Elektrizitäts-, Gas- und Wasserwerken auf 2,279 Mill kWh (2,155 i. V.), d. h. um 5,8 %, und die nutzbare Stromabgabe bei 17 % Netzverlust (18,4 % i. V.) um 8,1 % von 1,758 auf 1,918 Mill kWh erhöhen. Die Maßnahme, den Ausbau neuer Ortsnetze nicht mehr den Genossenschaften oder politischen Gemeinden zu überlassen, sondern auf eigene Rechnung mit neu aufgenommenem Kapital durchzuführen, hat sich bewährt und soll fortgesetzt werden. Der mittlere Verkaufspreis der Kilowattstunde ist im Berichtsjahr von 20,8 auf 20,2 Pf gesenkt worden. Die Stromlieferungen erbrachten 395 840 RM (367 561 i. V.), Installationen und Verkäufe 43 373 RM (23 288 i. V.) und Zinsen 11 976 RM (3596 i. V.). Aus dem 102 527 RM betragenden Reingewinn (87 066 i. V.) wurden wiederum 12 % Dividende auf diesmal 0,804 Mill RM Stammaktienkapital verteilt.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Neue spanische Gesetze für gewerblichen Rechtsschutz. — Am 15. IX. 1929 ist ein neues spanisches Patentgesetz in Kraft getreten, das z. T. erhebliche Abweichungen von dem bisher geltenden enthält. Den Anspruch auf ein Patent hat der erste Anmelder; es ist jedoch bei Anmeldungen auf Firmen- oder Gesellschaftsnamen die Nennung des Erfinders erforderlich. Die vom Patentschutz ausgeschlossenen Gegenstände entsprechen den in den meisten Ländern üblichen, außerdem sind auch Produkte oder industrielle Ergebnisse nicht schützbar, wohl aber Verfahren und Apparate zu deren Herstellung. Eine Erfindung gilt als neu, wenn sie weder in Spanien noch im Ausland bekannt gemacht oder zur Ausführung gebracht worden war; doch beeinträchtigen Versuche des Erfinders oder die Ausstellung des Erfindungsgegenstandes die Neuheit nicht.

Man hat folgende vier Arten von Patenten geschaffen: Erfindungspatente, Zusatzpatente, Einführungspatente und Nutzungspatente. Erfindungspatente können eine Lebensdauer bis zu 20 Jahren haben und schützen Erfindungen, die bisher weder in Spanien noch im Ausland bekannt oder ausgenutzt waren. Zusatzpatente werden für Verbesserungen der durch andere Patente geschützten Erfindungen erteilt und haben dieselbe Lebensdauer wie das Hauptpatent. Es sind höchstens drei Zusatzpatente zu einem Hauptpatent zulässig. Einführungspatente werden für eine Höchstdauer von 10 Jahren erteilt, u. zw. für Erfindungen, die bereits im Ausland bekannt oder geschützt sind, aber in Spanien noch nicht ausgenutzt wurden. Sie gewähren aber nicht das Recht, die Einführung von entsprechenden Gegenständen aus dem Ausland zu verhindern. Erfindungspatente können in Einführungspatente umgewandelt werden, jedoch ist das Umgekehrte nicht zulässig. Nutzungspatente haben eine Lebensdauer bis zu 10 Jahren und sind geschaffen worden, um die nationale Industrie durch Beschränkung der Einfuhr aus dem Ausland zu schützen. Sie werden demjenigen erteilt, der eine in Spanien neue Industrie begründet hat oder sie augenblicklich gründet bzw. die Absicht hat, es zu tun, und zu ihrer Entwicklung Fortschritte erbringt. Durch ein Nutzungspatent erhält er das alleinige Herstellungsrecht, ohne jedoch verhindern zu können, daß Dritte dieselben Erzeugnisse aus dem Ausland einführen. Endlich kann der Patentinhaber auch Vorbenutzer nicht an der Weiterentwicklung der vorbenutzten Gegenstände hindern. Ein solches Patent kommt somit nur für in Spanien ansässige Anmelder in Frage.

Für Erfindungs- und Zusatzpatente ist der Ausübungsnachweis innerhalb von drei Jahren, vom Tage der Patenturkunde gerechnet, zu erbringen. Kann eine praktische Ausübung in diesem Zeitraum infolge Fehlens eines Unternehmens nicht nachgewiesen werden, so tritt an deren Stelle eine Zwangslizenz. Diese wird in Form eines Inserats im Amtsblatt veröffentlicht und kann während dreier Jahre wiederholt werden. Ausübungsnachweis und Zwangslizenz unterstehen, wie schon in den letzten Jahren, einer amtlichen Kontrolle.

Einführungspatente müssen vom ersten Jahre ihres Bestehens ab in Spanien praktisch ausgeübt werden. Der amtliche Ausübungsnachweis hierfür ist jedes Jahr zu erbringen. Zwangslizenzen sind für Einführungspatente nicht vorgesehen. Die Wiederholung von praktischen Ausübungsnachweisen ist fakultativ, so daß Patente nicht verfallen, wenn die Wiederholung unterlassen wird. Anders liegen dagegen die Dinge bei Zwangslizenzen, bei denen die Unterlassung der Wiederholung den Verfall des Patents zur Folge hat. Die sehr strengen Vorschriften über Ausübungsnachweise und Zwangslizenzen, über die an dieser Stelle schon berichtet worden ist[1], und die offenbar von der Annahme ausgehen, daß man damit künstlich eine Industrie im Lande schaffen könne, haben nach Mitteilung meines Vertrauensmannes in spanischen Geschäftskreisen allgemeinen Protest hervorgerufen, so daß mit einer Aenderung dieser insbesondere für die ausländischen Anmelder schädlichen Bestimmungen in absehbarer Zeit zu rechnen ist. Das Verfahren der Patenterteilung ist in der Weise geregelt, daß das Patentamt lediglich auf Klarheit der Unterlagen und allgemeine Bedingungen der Patentfähigkeit prüft. Es ist dann die Möglichkeit eines Einspruchs durch Dritte vorgesehen, der innerhalb von 20 Tagen nach der Bewilligung des Patents beim Patentamt erhoben werden kann. Spätere Beschwerden können nur noch vor den ordentlichen Gerichten vorgebracht werden.

Das neue Gesetz hat ferner einen Gebrauchsmusterschutz geschaffen, der für 10 Jahre erteilt und um weitere 10 Jahre verlängert werden kann. Der Gegenstand des Gebrauchsmusters ist ähnlich wie im deutschen Gesetz festgelegt. Gebrauchsmuster werden bekanntgemacht, worauf innerhalb von zwei Monaten vom Tage der Veröffentlichung ab Einspruch erhoben werden kann. Für Gebrauchsmuster muß in jedem Jahr die praktische Ausführung nachgewiesen werden. Zwangslizenzen sind bei Gebrauchsmustern nicht statthaft. Das Patentamt kann auf Wunsch des Anmelders Gebrauchsmuster in Patente umwandeln.

Für Geschmacksmuster bleibt der Schutz in der bisherigen Form bestehen.

Für Warenzeichen sind die Aenderungen des Gesetzes vorwiegend formeller Natur. Außerdem ist eine Verpflichtung für die Produzenten oder Verkäufer von pharmazeutischen Produkten, Mineralwässern, Bijouteriewaren und Edelmetallen vorgesehen, sich für ihre Waren Warenzeichen eintragen zu lassen. Das Gesetz sieht den Schutz von Verbandszeichen vor, die jedoch nicht übertragbar sind.

Aenderung des Patentgesetzes in Rußland. — Am 1. X. 1929 ist in Rußland ein neues Gesetz, betreffend patentamtliche Gebühren, veröffentlicht worden, das grundsätzlich mit dem bisherigen Prinzip der gebührenfreien Anmeldung von Patenten und mit der Stundung der Jahresgebühren bis zur Ausnutzung des Patents bricht. Der Erfinder oder dessen Erben haben in Zukunft eine Anmeldegebühr von 10 Rbl zu zahlen, alle anderen Anmelder 50 Rbl. Dies bedeutet, daß praktisch ein großer Teil der ausländischen Anmelder die höhere Gebühr zu zahlen hat. Für ausgeschiedene Patentanmeldungen müssen die Anmeldegebühren unter Anrechnung der für die ursprüngliche Anmeldung entrichteten Gebühr bezahlt werden. Die Jahresgebühren sind ganz wesentlich erhöht worden und steigen von 50 Rbl im 1. bis 3. Jahr allmählich bis auf 575 Rbl im 15. Jahr. Für Zusatzpatente sind keine Jahrestaxen zu entrichten, wenn sie dem Inhaber des Hauptpatents erteilt werden, dagegen Jahrestaxen in voller Höhe, wenn die Besitzer weder Inhaber noch Erfinder des Hauptpatents sind. Die Zahlung der Jahresgebühren hat innerhalb der ersten zwei Monate jedes Patentjahres zu erfolgen. Bei Versäumung der Frist wird außerdem eine Strafe erhoben. Überschreitet die Versäumnis sechs Monate, so wird das Patent für nichtig erklärt. Die Übertragung und die Lizenzerteilung sind in Zukunft ebenfalls gebührenpflichtig.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld I, Berlin.

Die fünfjährige Präklusivfrist. — Durch das Patentgesetz ist bestimmt, das ein Patent nach fünf Jahren nicht mehr auf Grund abdruckschriftlicher Vorveröffentlichung oder offenkundiger Benutzung im Inland nichtiggeklagt werden kann. Bei Versäumung dieser fünfjährigen Frist gewährte das Patentamt keine Wiedereinsetzung in den vorigen Stand, ohne jede Rücksicht darauf, ob ein Verschulden des Versäumenden vorlag oder nicht. Demgegenüber hat das letzte Urteil des Reichsgerichts vom 15. VI. 1929 beim Versäumen der fünfjährigen Präklusivfrist die Wiedereinsetzung in den vorigen Stand gewährt. Es fragt sich, ob die Rechtsprechung des Patentamts diesem Urteil folgen wird.

Patentanwalt Dipl.-Ing. C. W. Stort, Berlin.

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 874.



VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für Elektromaschinenbau (EVM) am Dienstag, dem 12. November 1929, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dr.-Ing. E. Weber über die Frage: „Was ist Streuung und wie berechnet man sie?"

Inhaltsangabe:

Physikalischer und technischer Streubegriff bei Wechselstrom. — Definition aus Kraftlinienbildern oder aus den Differentialgleichungen? — Sind die Streukoëffizienten stromabhängig? — Einfluß des Eisens auf die Streuung. — Streuung in Mehrphasensystemen.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie" in Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Fachausschuß für Elektromaschinenbau.
Der Vorsitzende:
Dr. Kloss.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Ausschuß für Blitzableiterbau.

Der Ausschuß für Blitzableiterbau gibt im Nachgang zu den in Heft 18 und 20 der ETZ 1929 bereits veröffentlichten Normblattentwürfen folgende Ausarbeitungen weiterer Normblattentwürfe bekannt:

DIN VDE 1825 Blitzableiter. Dachleitungstützen zur Befestigung der Leitung an Firststeinen und Gratsteinen.
DIN VDE 1826 Blitzableiter. Dachleitungstützen zur Befestigung der Leitung am Dachfirst.
DIN VDE 1827 Blitzableiter. Dachleitungstützen zur Befestigung der Leitung auf Ziegeldächern.
DIN VDE 1828 Bl. 1 Blitzableiter. Dachleitungstützen für Schieferdächer und Pappdächer.
DIN VDE 1828 Bl. 2 Blitzableiter: Dachleitungstützen für Schieferdächer und Pappdächer.
DIN VDE 1840 Blitzableiter. Schelleisen.

Etwaige Einsprüche bitten wir in dreifacher Ausfertigung bis zum 1. Dezember 1929 an die Geschäftsstelle des VDE zu richten.

(Normblattentwürfe siehe S. 1633 ... 1637.)

Bericht über die XXXIV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker am 8. und 9. Juli 1929 im Städtischen Konzerthaus zu Aachen.

1. Verbandsversammlung (Ferntagung)
am
Montag, dem 8. Juli 1929, 9 Uhr vormittags.

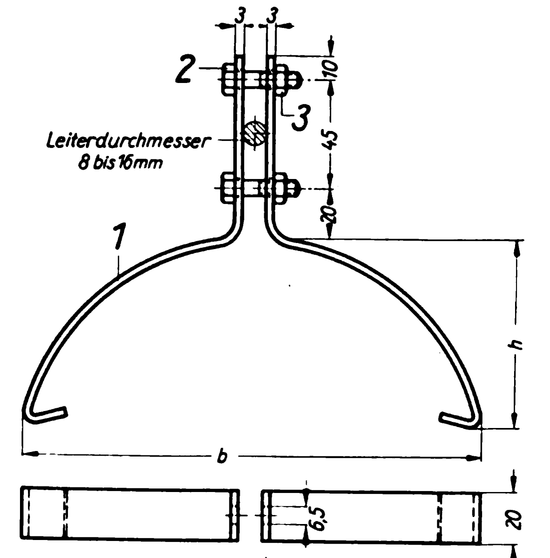
(Fortsetzung von S. 1609.)

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Hochverehrte Versammlungen und liebe Freunde im Haag, in Wien und in Budapest! Die freundschaftlichen Worte, die Ihre Herren Redner soeben an uns alle gerichtet haben, die wir heute durch das Band der elektrischen Fernkabel zu einer geistigen Gemeinschaft miteinander verbunden sind, haben nicht nur unser Ohr getroffen; der elektrische

Noch nicht endgültig Blitzableiter **Dachleitungstützen** zur Befestigung der Leitung an Firststeinen und Gratsteinen Elektrotechnik	DIN Entwurf 1 VDE 1825

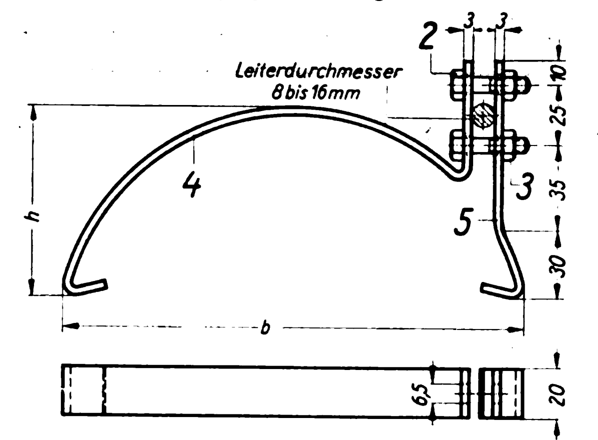
Maße in mm

A. Befestigung der Leitung in der Mitte



Bezeichnung einer vollständigen Dachleitungstütze Form A von Breite $b = ...^1)$ mm und Höhe $h = ...^2)$ mm:
Dachleitungstütze A ....¹) × ....²) VDE 1825

B. Befestigung der Leitung seitlich



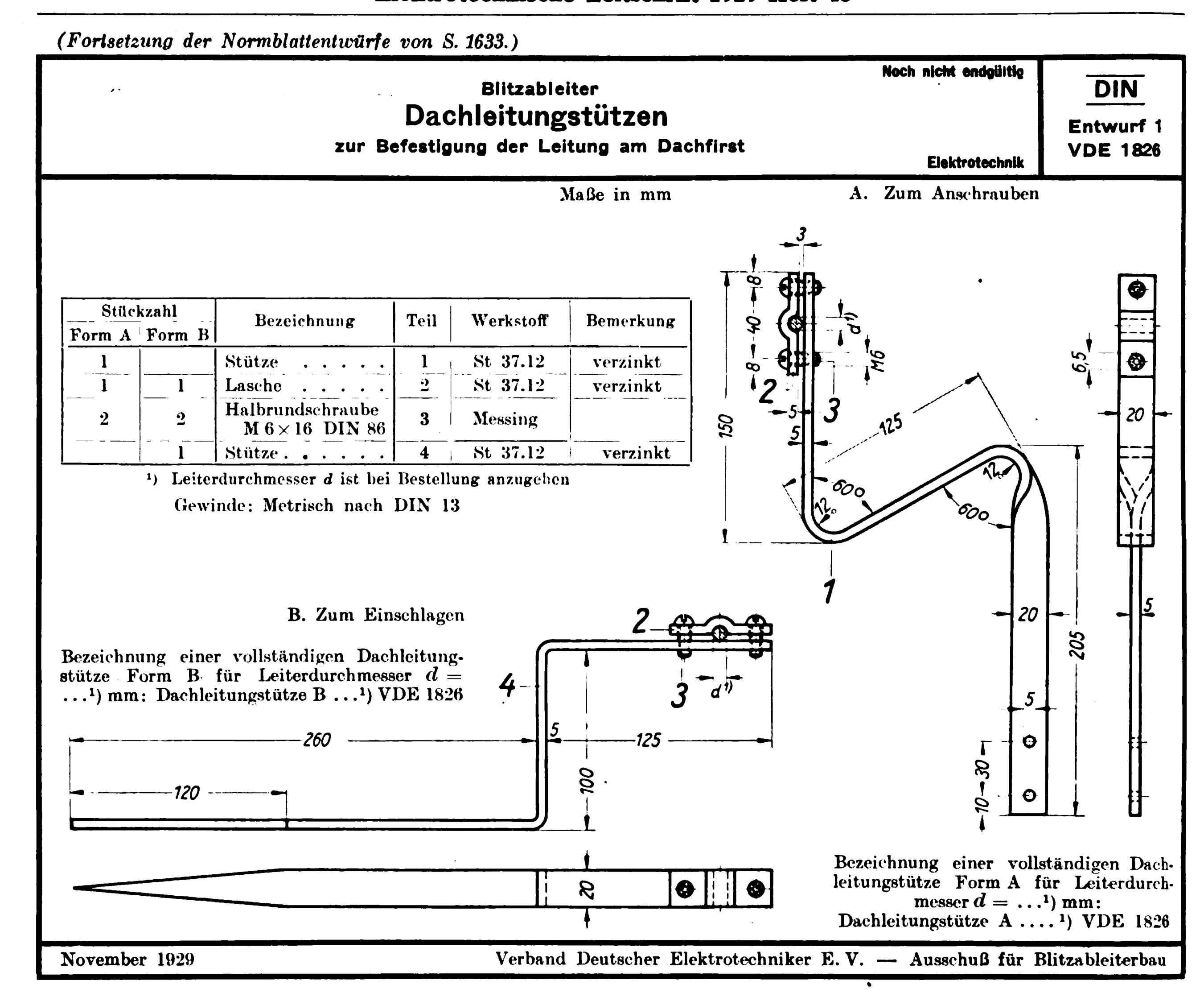
Bezeichnung einer vollständigen Dachleitungstütze Form B von Breite $b = ...^1)$ mm und Höhe $h = ...^2)$ mm:
Dachleitungstütze B....¹) × ....²) VDE 1825

Stückzahl Form A	Stückzahl Form B	Bezeichnung	Teil	Werkstoff	Bemerkung
2		Bügelhälfte.	1	St. 37.12	verzinkt
2	2	Sechskantschraube M 6×30 DIN 931	2	Messing	
2	2	Sechskantmutter M 6 DIN 934	3	Messing	
	1	Bügel	4	St. 37.12	verzinkt
	1	Spannteil	5	St. 37.12	verzinkt

¹) ²) Die Maße *b* und *h* sind bei Bestellung anzugeben. Sie richten sich nach der Größe der Firststeine oder Gratsteine.

Gewinde: Metrisch nach DIN 13

November 1929 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Ausschuß für Blitzableiterbau



(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1633.)

Noch nicht endgültig

Blitzableiter

Dachleitungstützen

zur Befestigung der Leitung am Dachfirst

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 1826

Maße in mm

A. Zum Anschrauben

Stückzahl Form A	Stückzahl Form B	Bezeichnung	Teil	Werkstoff	Bemerkung
1		Stütze	1	St 37.12	verzinkt
1	1	Lasche	2	St 37.12	verzinkt
2	2	Halbrundschraube M 6×16 DIN 86	3	Messing	
	1	Stütze	4	St 37.12	verzinkt

¹) Leiterdurchmesser *d* ist bei Bestellung anzugeben

Gewinde: Metrisch nach DIN 13

B. Zum Einschlagen

Bezeichnung einer vollständigen Dachleitungstütze Form B für Leiterdurchmesser d = ...¹) mm: Dachleitungstütze B ...¹) VDE 1826

Bezeichnung einer vollständigen Dachleitungstütze Form A für Leiterdurchmesser d = ...¹) mm: Dachleitungstütze A ....¹) VDE 1826

November 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. — Ausschuß für Blitzableiterbau

Funke, der die Kabelstrecken durcheilte, hat auch unsere Herzen entzündet. So sehr auch ein jeder von uns gewiß sein Vaterland liebt, so sehr er auch in erster Linie ein guter Österreicher, ein stolzer Ungar, ein aufrechter Niederländer oder ein treuer Deutscher ist und bleiben wird, so schwinden doch in dieser Stunde die Grenzen unserer Länder vor dem gewaltigen Gefühl der menschlichen Zusammengehörigkeit.

„Wer sich einmal der Elektrotechnik ergeben hat, der kommt nie wieder von ihr los!" Herr Zipernowsky hat es aus der Erfahrung eines Menschenalters heraus so schön gesagt, und wir alle empfinden es mit ihm, daß es vor allem die gemeinsame Liebe zu unserer göttlichen Wissenschaft, zu unserem schönen Berufe ist, die uns heute mit Hochspannung durchfließt und uns über den Alltag, über alle Eigeninteressen weihevoll erhebt. — Ich darf den Herren Rednern im Namen aller Anwesenden herzlichsten Dank für ihre freundliche Gesinnung, für ihre liebenswürdigen Worte und Grüße sagen und der Hoffnung Ausdruck geben, daß der elektrische Kontakt von heute eine immer festere Verbindung unter uns zeitigen möge, die jedem Lande Gutes bringe und der Zukunft unserer Elektrotechnik allseits zum Besten diene.

Sie aber, meine deutschen Damen und Herren in Aachen, bitte ich zum Zeichen unseres Dankes und unserer aufrichtigen Freundschaft mit mir einzustimmen in den Ruf, mit dem wir unsere heutige Ferntagung beschließen wollen: Unsere Kollegen und lieben Freunde mit ihren verehrten Damen an den Ufern der Donau, in Wien und Budapest wie im benachbarten Haag, sie leben hoch!

Sehr geehrte Herren! Wir gehen nun zur Behandlung unserer geschäftlichen Angelegenheiten über, und ich bitte Sie, freundlichst auch diesem Teil unserer Sitzung beiwohnen und ihm dieselbe Aufmerksamkeit schenken zu wollen, wie dem ersten Teil unserer heutigen Versammlung.

Ehe ich aber unserem Generalsekretär, Herrn Direktor Schirp, das Wort erteile, habe ich Ihnen noch zwei Angelegenheiten vorzutragen:

Seit der letzten Jahresversammlung hat der Verband Deutscher Elektrotechniker wiederum eine Reihe verdienstvoller Mitglieder durch den unerbittlichen Tod verloren. Ich möchte Ihnen folgende Herren besonders namhaft machen:

Albrecht, Max, Direktor, Dortmund.
Baldamus, Max, Direktor, Dr.-Ing., Magdeburg.
Baumann, Richard, Prof. Dr.-Ing. E. h. Stuttgart.
Bertelsmeier, Gustav, Dr. Dipl.-Ing., Hameln.
Breslauer, Max, Dr., Privatdozent, Berlin.
Breul, Justus, Direktor, Berlin.
Bung, K., Ing., Köln.
Deutsch, Felix, Geh. Kommerzienrat, Dr.-Ing. E. h., Dr. rer. pol. E. h., Berlin.
v. Einem, Günther, Direktor, Kassel.
Engelmann, Friedrich, Direktor, Frankfurt.
Goetz, Heinrich, Direktor, Chemnitz.
Graf, Georg, Dipl.-Ing., Direktor, Baden-Baden.
Grünholz, Hans, Dr., Dipl.-Ing., Berlin-Charlottenburg.
Henrich, Emil, Direktor, Dresden.
Hoppe, Edmund, Prof. Dr., Göttingen.
Hübner, Bergwerksdirektor, Beuthen O/S.
Irrmisch, Hans, Direktor, Gleiwitz O/S.
Kittler, Erasmus, Geh. Rat Dr. phil. Dr.-Ing. E. h., Darmstadt.
Kubierschky, Generaldirektor, Berlin.
Kurtenacker, Ing., Niederzeugheim b. Hadamar.
Maier, Reichsbahnoberrat, Karlsruhe.
Meßmer, Ferdinand, Telegraphendirektor, Freiburg.
Monath, Fritz, Direktor, Landshut.
Müller, Adolph, Dr.-Ing. E. h., Generaldirektor, Berlin.
Oppenheimer, Dr. Dipl.-Ing., Essen.
Raschig, Dr., Ludwigshafen a. Rh.

(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1634.)

Blitzableiter

Dachleitungstütze

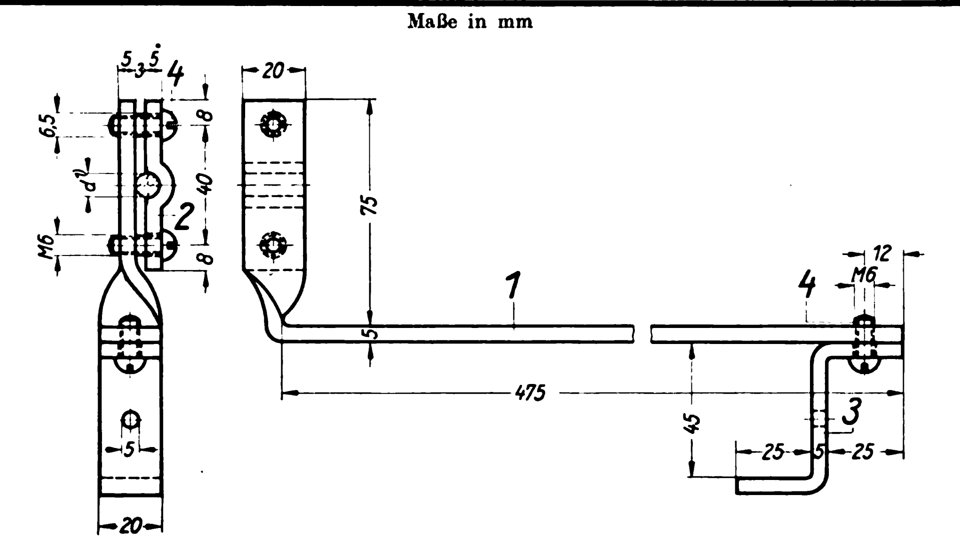
zur Befestigung der Leitung auf Ziegeldächern

Noch nicht endgültig

Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 1827

Maße in mm



Bezeichnung einer vollständigen Dachleitungstütze für Leiterdurchmesser $d = \ldots$[1]) mm:
Dachleitungstütze .... [1]) VDE 1827

Stückzahl	Bezeichnung	Teil	Werkstoff	Bemerkung
1	Stütze	1	St. 37.12	verzinkt
1	Lasche	2	St. 37.12	verzinkt
1	Z-Stück	3	St. 37.12	verzinkt
3	Halbrundschraube M 6×16 DIN 86 . . .	4	Messing	

[1]) Leiterdurchmesser *d* ist bei Bestellung anzugeben

Gewinde: Metrisch nach DIN 13

November 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. — Ausschuß für Blitzableiterbau

Rotth, August, Obering., Berlin.
Ruhstrat, Ernst, Direktor, Göttingen.
Scherbius, Dr.-Ing., Berlin-Wannsee.
Schorr, Peter, Obering., Ensheim (Saar).
Schwab, Max, Generaldirektor, Düsseldorf.
Seyfferth, Alfred, Direktor, Krefeld.
Siedentopf, Otto, Patentanwalt, Berlin.
Singer, Konrad, Obering., Nürnberg.
Sondermann, Heinrich, Direktor, Magdeburg.
Thomas, Adolf, Direktor, Schweidnitz.
v. Troeltsch, G., Obering., Heidenheim a. Brenz.
Weyl, Joseph, Ing., Frankfurt a. M.
Wien, Wilhelm, Geh. Hofrat Dr., München.

Unter diesen Verstorbenen befinden sich der langjährige Vorsitzende des Elektrotechnischen Vereins Kassel, Herr Direktor G. von Einem, der ETG zu Magdeburg, Herr Direktor Dr. Baldamus, der langjährige Vorsitzende des EV am Niederrhein, Herr Direktor A. Seyfferth, der Vorsitzende des EV Südbaden, Herr Telegraphendirektor F. Meßmer, sowie der Vorsitzende des Oberrheinischen E. V., Herr Reichsbahnoberrat Maier, Karlsruhe.

Ganz besonders aber möchte ich den schweren Verlust hervorheben, den der Verband durch den Tod des Herrn Geheimrat Dr. Deutsch, des Herrn Geheimrat Dr. Kittler, des Herrn Generaldirektor Kubierschky und des Herrn Generaldirektor Dr. Adolph Müller erlitten hat.

Geheimrat Deutsch, der in den Zeiten des Uranfanges der Elektrotechnik mit Emil Rathenau die „Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft", Berlin, ins Leben rief und ein Menschenalter hindurch als Mitglied des Vorstandes, zuletzt — nach dem Ableben Rathenaus — als Vorsitzender leitete, hat, obgleich er von Hause aus nicht Techniker, sondern Kaufmann war, soviel für die Förderung und Entwicklung der deutschen Elektrotechnik und der elektrotechnischen Industrie geleistet, daß sein Name für alle Zeiten in den Annalen der elektrotechnischen Weltgeschichte einen ersten Platz einnehmen wird.

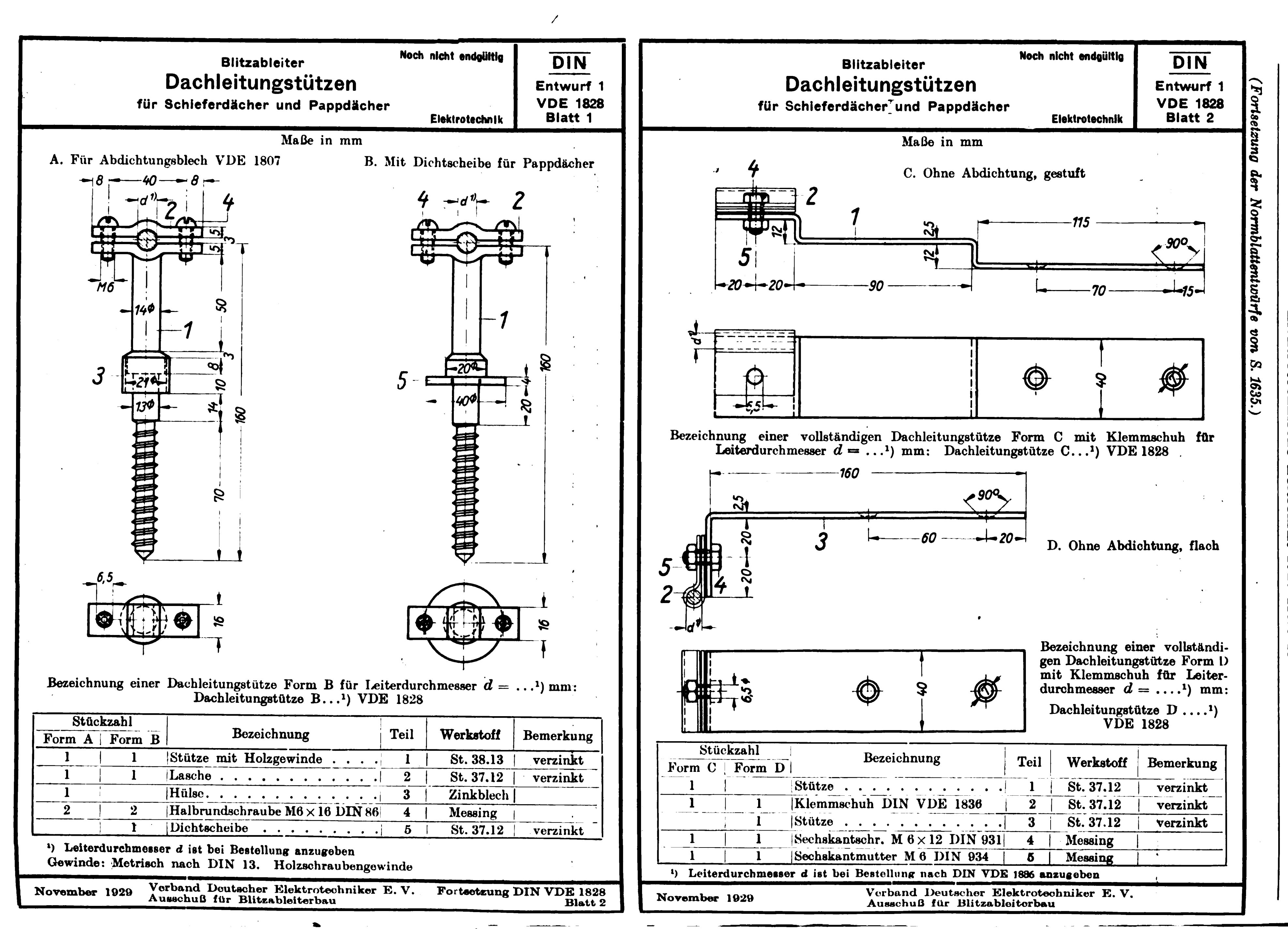
Geheimrat Kittler, der am 14. März d. J. im 77. Lebensjahre verschied, ist jedem Älteren von uns als wissenschaftlicher Wegbereiter der Elektrotechnik und hervorragender Lehrer im Gedächtnis. Er hat sich das unbestrittene Verdienst erworben, als erster an einer Technischen Hochschule Deutschlands, in Darmstadt, das planmäßige Studium der Elektrotechnik und das erste elektrotechnische Laboratorium ohne jedes Vorbild geschaffen zu haben. Als Sohn eines Schneidermeisters in Schwabach bei Nürnberg geboren und zunächst Volksschullehrer geworden, arbeitete er sich mit eigener Energie aus den bescheidenen Verhältnissen seiner Jugend zum Professor der Physik an der Universität München empor und wurde 1882 von Prof. Dorn für den an der Technischen Hochschule Darmstadt soeben gegründeten neuen Lehrstuhl für Elektrotechnik in Vorschlag gebracht. Den gewaltigen Aufstieg, den Darmstadt seitdem als Bildungsstätte für die Elektrotechnik genommen hat, verdankt es zu einem großen Teil der Arbeit und der Persönlichkeit Kittlers, der es — ein Meister des Wortes — verstand, in klarem, anschaulichem und fesselndem Vortrag, sein Wissen mühelos und in überzeugender Weise seinen Hörern einzuprägen. Tausende von Schülern haben zu seinen Füßen gesessen und verbreiten heute noch in ihren Leistungen in ersten, führenden Stellen der deutschen Elektrotechnik seinen Ruhm. Auch Kittlers literarische Tätigkeit und seine vielseitige Wirksamkeit als Gutachter und Sachverständiger für die Schaffung neuer elektrotechnischer Anlagen haben die Entwicklung der deutschen Elektrotechnik stark beeinflußt und gefördert.

Generaldirektor Kubierschky, der am 11. Mai d. J. im Alter von 60 Jahren unerwartet in Rio de Janeiro einem Herzschlag erlag, entstammte einer angesehenen

(Fortsetzung auf S. 1637.)



(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1635.)



Blitzableiter — Noch nicht endgültig

Dachleitungstützen

für Schieferdächer und Pappdächer

Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 1828 Blatt 1

Maße in mm

A. Für Abdichtungsblech VDE 1807 B. Mit Dichtscheibe für Pappdächer

Bezeichnung einer Dachleitungstütze Form B für Leiterdurchmesser $d = \ldots$[1]) mm: Dachleitungstütze B...[1]) VDE 1828

Stückzahl Form A	Stückzahl Form B	Bezeichnung	Teil	Werkstoff	Bemerkung
1	1	Stütze mit Holzgewinde	1	St. 38.13	verzinkt
1	1	Lasche	2	St. 37.12	verzinkt
1		Hülse	3	Zinkblech	
2	2	Halbrundschraube M6 × 16 DIN 86	4	Messing	
	1	Dichtscheibe	5	St. 37.12	verzinkt

[1]) Leiterdurchmesser *d* ist bei Bestellung anzugeben
Gewinde: Metrisch nach DIN 13. Holzschraubengewinde

November 1929 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Ausschuß für Blitzableiterbau — Fortsetzung DIN VDE 1828 Blatt 2

Blitzableiter — Noch nicht endgültig

Dachleitungstützen

für Schieferdächer und Pappdächer

Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 1828 Blatt 2

Maße in mm

C. Ohne Abdichtung, gestuft

Bezeichnung einer vollständigen Dachleitungstütze Form C mit Klemmschuh für Leiterdurchmesser $d = \ldots$[1]) mm: Dachleitungstütze C...[1]) VDE 1828

D. Ohne Abdichtung, flach

Bezeichnung einer vollständigen Dachleitungstütze Form D mit Klemmschuh für Leiterdurchmesser $d = \ldots$[1]) mm: Dachleitungstütze D ....[1]) VDE 1828

Stückzahl Form C	Stückzahl Form D	Bezeichnung	Teil	Werkstoff	Bemerkung
1		Stütze	1	St. 37.12	verzinkt
1	1	Klemmschuh DIN VDE 1836	2	St. 37.12	verzinkt
	1	Stütze	3	St. 37.12	verzinkt
1	1	Sechskantschr. M 6 × 12 DIN 931	4	Messing	
1	1	Sechskantmutter M 6 DIN 934	5	Messing	

[1]) Leiterdurchmesser *d* ist bei Bestellung nach DIN VDE 1836 anzugeben

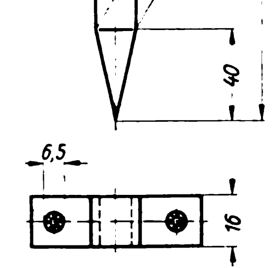
November 1929 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Ausschuß für Blitzableiterbau

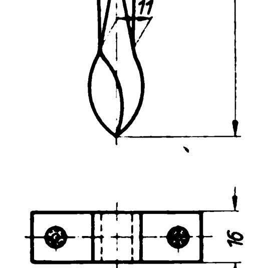
(Fortsetzung der Normblattentwürfe von S. 1636.)

Blitzableiter **Schelleisen** Noch nicht endgültig Elektrotechnik	DIN Entwurf 1 VDE 1840

Maße in mm

A. Zur Befestigung an Holz B. Zur Befestigung an Mauern





Bezeichnung eines vollständigen Schelleisens Form A für Leiterdurchmesser $d = \ldots$[1]) mm: Schelleisen A ....[1]) VDE 1840

Stückzahl Form A	Stückzahl Form B	Bezeichnung	Teil	Werkstoff	Bemerkung
1		Stütze	1	St. 37.12	verzinkt
1	1	Lasche	2	St. 37.12	verzinkt
	1	Stütze	3	St. 37.12	verzinkt
2	2	Halbrundschraube M 6×16 DIN 86	4	Messing	

[1]) Leiterdurchmesser *d* ist bei Bestellung anzugeben

Gewinde: Metrisch nach DIN 13

November 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Ausschuß für Blitzableiterbau

Breslauer Bürgerfamilie und war nach Absolvierung der Technischen Hochschule Charlottenburg und München zunächst als Ingenieur für Eisenbahnbauten tätig. Im Jahre 1901 war Kubierschky mit dem jetzigen Staatssekretär des Reichspostamts, Dr. Feyerabend, in Amerika, um dort die technische Bedeutung und den wirtschaftlichen Wert der automatischen Telephonie zu prüfen. Der Erfolg seiner Reise war der Ankauf der sogen. Strowger-Patente für Deutschland, durch welche der Grundstein der heutigen Fernsprechtechnik mit Selbstanschluß gelegt wurde. Von 1912 ab hat Kubierschky die Geschicke der Mix & Genest A.G. als Vorstandsmitglied und später als Vorsitzender fast 17 Jahre lang geleitet und durch sein vielseitiges Wissen, seine Schaffenskraft und sein klares Urteil in allen Fragen praktischer Wirtschaftsführung seiner Gesellschaft große Erfolge errungen.

Generaldirektor Dr. Müller, der am 13. Oktober 1928 im Alter von 76 Jahren in Berlin verschied, muß als Gründer und Pionier der deutschen Akkumulatorentechnik angesehen werden. Er schuf im Jahre 1888 die „Akkumulatorenfabrik Müller & Einbeck" in Hagen i. W., die dann im Jahre 1890 unter Beteiligung von Siemens & Halske und der AEG in die „Akkumulatorenfabrik A. G." umgewandelt wurde. Unter Müllers Führung hat diese Gesellschaft in kurzer Zeit Weltbedeutung erlangt. In Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die Entwicklung und Einführung des elektrischen Akkumulators verlieh die Technische Hochschule Hannover im Jahre 1915 Generaldirektor Müller die Würde eines Dr.-Ing. E. h.

Der „Verband Deutscher Elektrotechniker" wird allen diesen Männern, die in ihrer Lebensarbeit immer treu zum Verbande gestanden und ihn in jeder Weise unterstützt haben, stets ein ehrenvolles Andenken bewahren. Wir sind stolz darauf, daß wir die nun von uns Gegangenen zu den Unsrigen zählen durften. — — — Sie haben sich, meine Herren, zur Ehrung der Dahingeschiedenen von Ihren Plätzen erhoben. Ich danke Ihnen!

Und nun, meine Herren, von den Toten zurück zu den Lebenden! Besonders zu einem von uns, der noch — gottlob — im Lichte der Sonne wandelt, aber für den „Verband Deutscher Elektrotechniker" in seinem Leben soviel gearbeitet und geleistet hat, daß er die Krone der Unsterblichkeit schon heute für sich in Anspruch nehmen könnte.

Meine sehr verehrten Herren! Der § 32 unserer Verbandsatzung sieht vor, daß Mitglieder des Verbandes zu Ehrenmitgliedern ernannt werden können, die sich um den Verband oder um die Zwecke, die er verfolgt, besondere Verdienste erworben haben. Von dieser Bestimmung hat der Verband bisher — und das mit Recht — nur sehr beschränkten Gebrauch gemacht. Bis jetzt ist die Ehrenmitgliedschaft seit Bestehen des Verbandes nur an acht Verbandsmitglieder erteilt worden, deren Verdienste um den Verband über allem Zweifel erhaben waren, — die Herren Emil Rathenau, Wilh. v. Siemens, Emil Budde und Georg Klingenberg, — die alle vier leider nicht mehr unter uns weilen. Geheimrat Prof. Dr. Görges, Exz. Reichsrat von Miller, Geheimrat Prof. Kohlrausch und Präsident Prof. Dr. Strecker, diese vier leben — gottlob — noch unter uns und mit uns.

Der Vorstand hat nun zwar die Absicht, diese weise Sparsamkeit auch weiterhin walten zu lassen und Ihnen nur dann eine Ehrenmitgliedschaft vorzuschlagen, wenn sie mit voller Überzeugung und einstimmig vertreten werden kann. Das ist aber in diesem Jahre der Fall bei einem Mitgliede, das seit Jahrzehnten in unermüdlicher und uneigennütziger, wichtiger und erfolgreicher Arbeit für den Verband an erster Stelle gestanden hat, Herrn Geheimrat Dr. C. L. Weber, Berlin, der schon im Jahre 1905 auf der Jahresversammlung in Weimar von Prof. Budde, als dieser Verbandsvorsitzender wurde, den Vorsitz der „Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften" übernahm, 1919 auch Vorsitzender des „Überwachungsausschusses" und 1925 Vorsitzender der „Kommission zur Durchführung der Verbandsvorschriften" wurde.

Jedem deutschen Elektrotechniker, der an dieser für die Entwicklung der Elektrotechnik und ihrer Anwendung im praktischen Leben so außerordentlich wichtigen Verbandsarbeit mitgewirkt hat, ist der Name Weber geläufig und der Träger dieses Namens mit seiner bescheidenen Liebenswürdigkeit, seinem tiefen Wissen und seiner energischen Arbeitskraft bekannt. Neben seiner umfangreichen Berufsarbeit und neben seiner literarischen Betätigung hat Herr Weber stets Zeit und Kraft gefunden, als Vorsitzender der von mir genannten Kommissionen unermüdlich und uneigennützig dem Verband zu dienen. Erst nach Beendigung der jetzt der Jahresversammlung vorliegenden Arbeiten legte Herr Geheimrat Weber den Vorsitz in der „Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften" nach rund 25jähriger erfolgreicher Tätigkeit als Vorsitzender nieder.

Der Vorstand des Verbandes hat es als eine Ehrenpflicht empfunden, Herrn Weber den Dank des Verbandes in der würdigsten Form zum Ausdruck zu bringen, die uns möglich ist. Deshalb hat der Vorstand einstimmig beschlossen, dem Ausschuß und der Jahresversammlung die Ernennung des Herrn Geheimrat Dr. Weber zum Ehrenmitglied des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" vorzuschlagen. Der Ausschuß hat in seiner gestrigen Sitzung diesen Vorschlag einstimmig genehmigt, so daß ich nunmehr auch der Jahresversammlung denselben Vorschlag unterbreiten kann.

Da sich kein Widerspruch erhebt, darf ich Ihrem Beifall entnehmen, daß Sie, meine sehr geehrten Herren, ebenfalls einstimmig dem Vorschlag des Vorstandes und des Ausschusses beitreten.

Die Urkunde, mit der wir Herrn Geheimrat Dr. Weber zu unserem Ehrenmitgliede erküren, hat folgenden Wortlaut:

„Den durch seine Mitarbeit an den für deutsche Wissenschaft, Technik und Wirtschaft so bedeutungsvollen Aufgaben des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker", besonders durch seine unermüdliche Tätigkeit für die

grundlegenden Errichtungs- und Betriebsvorschriften des VDE als langjähriger Kommissionsvorsitzender hochverdienten

Geheimen Regierungsrat Dr. phil. C. L. Weber

ernennt der „Verband Deutscher Elektrotechniker" anläßlich der 34. Jahresversammlung zu seinem

Ehrenmitgliede.

Aachen, den 8. Juli 1929.

Verband Deutscher Elektrotechniker, e. V., Berlin."

Mein hochverehrter Herr Weber! Im Namen des Vorstandes, des Ausschusses und der Mitgliederversammlung des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" habe ich die Ehre, Ihnen diese Urkunde zu überreichen und Sie als unser jüngstes Ehrenmitglied herzlichst zu begrüßen. Wir alle danken Ihnen aufrichtig und mit größter Anerkennung für die jahrzehntelange, treue und umsichtige Arbeit, die Sie in so erfolgreicher Weise unseren Verbands-Angelegenheiten gewidmet haben. Durch Ihre führende Tätigkeit in der „Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften" haben Sie sich nicht nur um den Verband, sondern um die gesamte Elektrotechnik auf allen ihren Gebieten, sowie nicht zuletzt für das Wohl der Allgemeinheit, größte Verdienste erworben.

Wir wünschen Ihnen, daß Sie dem „Verband Deutscher Elektrotechniker" auch in der neuen Würde als sein Ehrenmitglied noch viele lange Jahre in alter Frische des Geistes und des Körpers erhalten bleiben mögen, und wir würden Ihnen stets dankbar sein, wenn Sie uns auch in Zukunft Ihre Kenntnisse und Erfahrungen, Ihren gesunden Blick für die Wirklichkeit und Ihre wertvolle Mitarbeit nicht versagen wollten. Herzlichen Glückwunsch! Ad multos annos!

Unser jüngstes Ehrenmitglied hat das Wort.

Weber, Berlin: Meine Herren! Ich bitte Sie, meinen tiefempfundenen Dank entgegenzunehmen für die außerordentliche Ehrung, die Sie soeben beschlossen und mir verkündet haben. Ich möchte diesen Dank, der aus einem übervollen Herzen kommt, ganz besonders aber auch den Herren aussprechen, die durch mehr als 30 Jahre an den Vorschriften mitgearbeitet und ihr Zustandekommen ermöglicht haben. An den ersten Vorarbeiten und Beschlüssen sind viele beteiligt gewesen, die jetzt nicht mehr unter uns weilen. Aber ein kleines Häuflein von Aufrechten aus der Zahl der Männer, die in diesen sagenhaften Tagen mitgewirkt haben, ist erfreulicherweise hier anwesend. Ich darf sie wohl nennen. Es sind dies die Herren Strecker, Görges und Passavant. Außerdem waren, die nicht anwesend sind, an den allerersten Vorarbeiten beteiligt: Herr Heinke und Herr Wedding. Mir ist es vergönnt gewesen, in den ersten Jahren nach der Gründung des Verbandes dafür einzutreten, daß der Verband die Aufstellung von Vorschriften in die Hand genommen hat. Das war damals nicht so selbstverständlich, wie es heute erscheint. Der Verband war gegründet zunächst zur Abwehr nach außen. Für Aufbauarbeiten im Innern war er nicht organisiert, und es bestand das große Hindernis eines weit verbreiteten Mißtrauens gegen alles, was nach Vorschriften aussah. Bei einer Gelegenheit, wo mir das entgegentrat, habe ich im Elektrotechnischen Verein vorgeschlagen, daß die Elektrotechnik sich selbst die Vorschriften gibt und mit ihrer ganzen Autorität sich hinter diese Vorschriften stellt. Darauf ist der E. V. (Berlin) eingegangen und hat unter Mitwirkung sehr namhafter Mitglieder wie Dobrowolski, v. Hefner-Alteneck und anderer, einen Entwurf aufgestellt, ihn in einer öffentlichen Sitzung durchberaten und diesen Vorschlag dem Verbande zu treuen Händen zur Weiterbearbeitung sowie zur Einführung der Öffentlichkeit übergeben.

Diese Nebenumstände sind immerhin so wichtig, daß sie heute der Erwähnung verdienen.

Als aber diese Vorlage im Jahre 1895 auf der Münchener Tagung zur Abstimmung kommen sollte, regte sich das erwähnte Mißtrauen, und es war nahe daran, daß die Vorlage unter den Tisch fiel. Ich habe damals nochmal dafür gesprochen, daß der Verband diese Arbeiten machen müßte, um zu verhindern, daß sie ihm von außen aufgedrängt würden. Die Vorlage wurde zwar nicht ohne weiteres angenommen, aber es ist doch ein positiver Beschluß gefaßt worden. Wenige Monate danach wurden die ersten Vorschriften beschlossen und in die Welt gebracht. Man hat mir alsdann den Auftrag gegeben, die Erläuterungen zu schreiben. Auch dies war nicht so einfach, wie es sich heute ansieht. Es war etwas anderes, mit einer Kommission an den Vorschriften mitzuarbeiten, oder aber mit seiner Person und seinem Namen für die Beschlüsse einzutreten gegenüber der immer noch sehr stark verbreiteten Gegnerschaft. Ich glaube aber, daß die Erläuterungen doch erheblich dazu beigetragen haben, die Bedeutung der Vorschriften klarzustellen und das Mißtrauen zu beseitigen. Auf dieser Grundlage war dann der Boden gelockert, und wenige Jahre später konnten noch viele andere Vorschriften herausgebracht werden. Sie sind rasch gewachsen und mehr geworden und bilden schon einen kleinen Wald, der befürchten läßt, daß er uns über den Kopf wächst und zu viele Kräfte in Anspruch nimmt.

Wenn ich nun frage, ob meine Person wirklich diese große Ehrung verdient hat, so möchte ich annehmen, daß der Verband mit dieser Ehrung Dank und Anerkennung all denen sagen will, die durch all die Jahre hindurch das Zustandekommen der Vorschriften durch redliche Zusammenarbeit ermöglicht haben.

Diese Gemeinschaftsarbeit hat uns aber neben den Vorschriften noch ein großes Ergebnis gebracht, das ist die Selbstverwaltung auf diesem Gebiet. Sie ist durchgekämpft worden und hat sich durchgesetzt gegen erhebliche Hindernisse. Heute ist die Selbstverwaltung stabilisiert, festgewurzelt und anerkannt. Behörden und schaffende Elektrotechnik ziehen an dem gleichen Strang. Diese Arbeit, die hinter uns liegt, hat zu gleicher Zeit die notwendige Organisation wachsen lassen, so daß der einzelne, wenn er heute zurücktritt, sicher ist, daß hinter ihm junge Kräfte stehen, die neuen Aufgaben ins Auge sehen können und neuen Zielen mit Aussicht auf Erfolg nachstreben können. Die Aufgaben, die sich für die Elektrotechnik auf dem Gebiet der Vorschriften sowohl als auf anderen Gebieten für die Gemeinschaftsarbeit ergeben, sind außerordentlich groß. Ich erinnere an den Gedanken „Internationale Vorschriften". Das sind verlockende Ziele, und man kann sagen, die Elektrotechnik und ihre Organisation sind dafür gerüstet und vorbereitet. „Zu neuen Ufern lockt ein neuer Tag!"

Vorsitzender: Ich erteile Herrn Generalsekretär Schirp das Wort.

Schirp: Meine sehr verehrten Herren! Der ausführliche Bericht über die Tätigkeit des Verbandes seit der Jahresversammlung 1928, die bekanntlich in Berlin stattfand, ist in der ETZ 1929 S. 842 u. 874 veröffentlicht. Ich darf mich deshalb auf das wesentlichste heute hier beschränken.

Bereits im vorjährigen Tätigkeitsbericht konnte gesagt werden, daß trotz Beschränkung auf die bisherigen Arbeitsgebiete eine wesentlich gesteigerte Tätigkeit gegenüber früheren Jahren im Verbande eingesetzt hat. Diese Tätigkeit hat in der Berichtzeit eine um ein Bedeutendes noch gesteigerte Inanspruchnahme aller an den VDE-Arbeiten Beteiligten erfahren, so daß vielseitig auf eine größere Entlastung namentlich der ehrenamtlich Tätigen aus den verschiedensten Interessentenkreisen gedrängt wurde. Hervorgerufen wurde die ungewöhnlich hohe Arbeitsbelastung hauptsächlich durch die große Zahl der wichtigen und umfangreichen Arbeiten, die bis zur diesjährigen Jahresversammlung zum Abschluß gebracht werden mußten. Mit der Verabschiedung dieser Arbeiten ist die gewünschte fühlbare Entlastung zu erwarten, um so mehr als an dem vom VDE seit Jahren vertretenen Standpunkt festgehalten wird, Änderungen an den Verbandsbestimmungen allgemein nur nach einer fünfjährigen Laufzeit in Aussicht zu nehmen. Seitens des Verbandes wird dieser Standpunkt unbedingt aufrechterhalten werden, weshalb alle Interessentenkreise dringend gebeten werden, mit Änderungsanträgen an neuen Verbandsbestimmungen innerhalb der fünfjährigen Laufzeit zurückzuhalten. Die vermehrte Inanspruchnahme aller an den Arbeiten des Verbandes Beteiligten gibt uns wiederum Veranlassung, allen für ihre wertvolle und opferwillige Unterstützung herzlichen Dank zu sagen.

Herr Schirp gibt hierauf einen Auszug aus dem Bericht über die Tätigkeit des Verbandes seit der Jahresversammlung.

Meine sehr verehrten Herren! Bezüglich der Tätigkeit der einzelnen Kommissionen muß ich auf den ausführlichen Bericht, den ich eingangs erwähnte, verweisen. Ich darf hierbei darauf aufmerksam machen, daß es sich zum Teil um umfangreiche und wichtige Arbeiten handelt. Insbesondere war dies der Fall bei den Arbeiten des Sonderausschusses für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen bis zu 1000 V sowie für Anlagen von 1000 V und darüber unter dem Vorsitz der Herren Zaudy und Rachel, der Kommission für Maschinen und Transformatoren unter dem Vorsitz von Herrn Prof. Kloss, der Kommission für Freileitung unter dem Vorsitz von



Herrn Dr. Fröhlich, der Kommission für Isolierstoffe unter dem Vorsitz von Herrn Dr. Georg Meyer. Allen an den Arbeiten Beteiligten gebührt der aufrichtige Dank des gesamten Verbandes.

Zur Beschlußfassung werden die Arbeiten von 13 Kommissionen vorgelegt. Für 3 Einzelarbeiten erbitten die zuständigen Arbeitsgruppen von der Jahresversammlung die Befugnis, noch nachträglich eingegangene Arbeiten durch den Vorstand verabschieden zu lassen und diese Änderung dann in den endgültigen Wortlaut aufnehmen zu dürfen. Es handelt sich um die „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1, 1930" desgleichen um die „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber V.E.S. 2./1930", ferner um die „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930".

Die zuständigen Arbeitsgruppen erbitten ferner für den Vorstand Vollmacht durch die Jahresversammlung für 4 Einzelarbeiten, nämlich nach Bearbeitung der gegen die noch zu veröffentlichenden Entwürfe eingehenden Einsprüche verabschieden und mit dem 1. Januar 1930 in Kraft setzen zu können. Es handelt sich um folgende Arbeiten:

1. „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahnmotoren und sonstigen Maschinen und Transformatoren auf Triebfahrzeugen R.E.B."
2. „Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug."
3. „Sonderbestimmungen für Heizgeräte für Haarbehandlung."
4. „Leitsätze für zweipolige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt für Erdung, Nullung und Schutzschaltung."

Der Ausschuß des Verbandes hat sich in seiner gestrigen Sitzung mit diesen einzelnen Arbeiten beschäftigt und legt Ihnen gleichzeitig mit dem Vorstande die gesamten Arbeiten spruchreif zur Beschlußfassung auf Annahme vor. Ich darf der Jahresversammlung nunmehr diese einzelnen Arbeiten der nachstehend aufgeführten Kommissionen benennen:

1. Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften.
   a) Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1./1930. Gültig ab 1. Januar 1930.
   b) Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber V.E.S. 2./1930. Gültig ab 1. Januar 1930.
   c) Vorschriften nebst Ausführungsregeln für den Betrieb von Starkstromanlagen V.B.S./1929. Gültig ab 1. Juli 1929.
   d) Vorschriften für die Ausführung schlagwettergeschützter elektrischer Maschinen, Transformatoren und Geräte. Gültig ab 1. Juli 1929.
   e) Regeln für die Errichtung von Leuchtröhrenanlagen. Gültig ab 1. Januar 1930.
   f) Vorschriften für den Hochspannungschutz in medizinischen Röntgenanlagen. Gültig ab 1. Januar 1930.
   g) Änderung von § 15 der „Leitsätze für Spannungsucher bis 750 V" vom 1. April 1927. Gültig ab 1. Juli 1929.
   h) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten:
      Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln. Gültig ab 1. Juli 1924.
      Leitsätze für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen in der Landwirtschaft. Gültig ab 1. Januar 1926.
      Vorschriften für die Ausführung von Schlagwetter-Schutzvorrichtungen an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten. Gültig ab 1. Januar 1926.
2. Kommission für Maschinen und Transformatoren.
   a) Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen R.E.M./1930. Gültig ab 1. Januar 1930.
   b) Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R.E.T./1930. Gültig ab 1. Januar 1930.
   c) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten:
      Regeln für die Bewertung und Prüfung elektrischer Maschinen R.E.M. 1923. Gültig ab 1. Januar 1923.
      Regeln für die Bewertung und Prüfung von Transformatoren R.E.T./1923. Gültig ab 1. Januar 1923.
3. Kommission für Elektrowerkzeuge.
   a) Änderung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Handbohrmaschinen" vom 1. Juli 1927. Gültig ab 1. Juli 1929.
   b) Änderung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Schleif- und Poliermaschinen" vom 1. Juli 1927. Gültig ab 1. Juli 1929.
   c) Änderung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von Hand- und Supportschleifmaschinen" vom 1. Januar 1926. Gültig ab 1. Juli 1929.
4. Kommission für Freileitungen.
   a) Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930. Gültig ab 1. Januar 1930.
   b) Außerkraftsetzung der „Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen". Gültig ab 1. Oktober 1923.
5. Kommission für Drähte und Kabel.
   a) Änderungen der ab 1. Januar 1928 gültigen „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V.I.L./1930". Gültig ab 1. Januar 1930.
   b) Vorschriften für umhüllte Leitungen. Gültig ab 1. Juli 1930.
   c) Außerkraftsetzung der „Normen für umhüllte Leitungen". Gültig ab 1. Oktober 1924.
6. Kommission für Installationsmaterial. Leitsätze für Installations-Selbstschalter. Gültig ab 1. Juli 1930.
7. Kommission für Hochfrequenztechnik.
   a) Vorschriften für Rundfunkgeräte, die mit Starkstromanlagen (-netzen) in Verbindung stehen. Gültig ab 1. Juli 1929.
   b) Änderungen der „Regeln für den Bau und Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten" vom 1. Juli 1928. Gültig ab 1. Juli 1929.
   c) Außerkraftsetzung nachstehender Arbeiten:
      Vorschriften für Wechselstrom-Netzanschlußgeräte. Gültig ab 1. April 1927.
      Vorschriften für Gleichstrom-Netzanschlußgeräte. Gültig ab 1. Juli 1927.
      Vorschriften für Gleichstrom-Netzanschlußempfänger. Gültig ab 1. Juli 1927.
      Vorschriften für Verbindungsgeräte. Gültig ab 1. Oktober 1925.
8. Kommission für Isolierstoffe.
   a) Leitsätze für die Lieferung und Prüfung von Preßspan. Gültig ab 1. Juli 1929.
   b) Leitsätze für die Prüfung der Stoffeigenschaften keramischer Isolierteile für Nennspannungen unter 1000 V. Gültig ab 1. Juli 1929.
   c) Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Fiber als Isolierstoff. Gültig ab 1. Juli 1929.
   d) Leitsätze für die Bestimmung elektrischer Eigenschaften von festen Isolierstoffen. Gültig ab 1. Juli 1929.
   e) Leitsätze für die Erzeugung bestimmter Luftfeuchtigkeit zur Prüfung elektrischer Isolierstoffe. Gültig ab 1. Juli 1929.
   f) Leitsätze für die Prüfung von Elektrolackpappe. Gültig ab 1. Juli 1929.
   g) Leitsätze für die Prüfung von Vergußmassen für Geräte unter 1000 V Nennspannung. Gültig ab 1. Juli 1929.

h) Leitsätze für die Bewertung und Prüfung von Holz als Isolierstoff. Gültig ab 1. Juli 1929.
i) Leitsätze für die Prüfung von Glimmererzeugnissen. Gültig ab 1. Juli 1929.
k) Leitsätze für die Prüfung von natürlichen Gesteinen. Gültig ab 1. Juli 1929.

9. Kommission für Handgeräte.

a) Änderung der ab 1. Januar 1927 gültigen „Vorschriften für Handgeräte mit Kleinstmotoren V. G. K. M./1930". Gültig ab 1. Januar 1930.
b) Vorschriften für Geräte-Einbauschalter für Spannungen bis 250 V. Gültig ab 1. Juli 1929.
c) Zusatz zu den ab 1. Juli 1930 gültigen „Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Stehlampen" betr. Rauchverzehrer u. dgl. Gültig ab 1. Juli 1930.
d) Außerkraftsetzung der „Vorschriften für Handgeräte-Einbauschalter". Gültig ab 1. Juli 1926.

10. Ausschuß für den elektrischen Sicherheitsgrad.

a) Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an. Gültig ab 1. Juli 1929.
b) Außerkraftsetzung der „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an". Gültig ab 1. Juli 1928.

11. Kommission für Bahnwesen.

a) Neufassung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahnmotoren und sonstigen Maschinen und Transformatoren auf Triebfahrzeugen R. E. B./1930.
b) Außerkraftsetzung der „Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Bahnmotoren und sonstigen Maschinen und Transformatoren auf Triebfahrzeugen R. E. B./1925".

12. Kommission für Koch- und Heizgeräte.

a) Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug.
b) Sonderbestimmungen für Heizgeräte für Haarbehandlung (Anhang 2 zu den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen V. E. Hz./1925").

13. Großer Steckerausschuß.

Leitsätze für zweipolige Steckvorrichtungen mit Schutzkontakt (Wohnungsteckvorrichtungen 250 V 10 A) für Erdung, Nullung und Schutzschaltung.

Vorsitzender: M. H., Sie haben den Bericht der Geschäftstelle vernommen. Ich darf daran erinnern, daß er in der ETZ vollständig erschienen ist. Ein Sonderabdruck steht Ihnen zur Verfügung. Sie haben am Schluß auch die verschiedenen Anträge gehört, die als Endarbeit unserer Kommissionen gestern durch den Ausschuß genehmigt sind und Ihnen nunmehr zur Annahme vorgelegt werden. Eine Diskussion über einzelne Punkte dieser Ausschußarbeiten ist hier bei einer derartigen Mitgliederversammlung unmöglich. Es handelt sich um Spezialarbeiten, die Fachleute jahrelang beschäftigt haben. Es liegen verschiedene Einsprüche zum Teil noch vor. Der Ausschuß ist gestern mit den Vorsitzenden der Kommissionen und dem Vorstande dahin übereingekommen, daß diese letzten Bedenken verhandelt oder zum Ausgleich gebracht werden sollen, entweder durch eine Annahme oder Ablehnung. Gegen die Arbeiten der „Kommission für Freileitungen" ist noch ein Einspruch der Reichstelegraphenverwaltung eingegangen, hinsichtlich der neuen Begriffsfestsetzung „Freileitung" und „Leitung". Auch dieser Einspruch wird noch einmal behandelt.

Darf ich fragen, ob Widersprüche gegen die Anträge des Vorstandes, des Ausschusses und der Kommissionen bestehen?

Nein, es ist nicht der Fall. Sie stimmen also dem Beschluß zu. Ich danke Ihnen.

Schirp: Ich darf weiter berichten über die Mitgliederbewegung.

Am 15. Mai 1928 betrug die Mitgliederzahl des Verbandes 10 052,

am 15. Mai 1929 betrug die Mitgliederzahl des Verbandes 10 353.

Das bedeutet einen Zuwachs von 301 Mitgliedern, an und für sich erfreulich, aber noch immer nicht genügend, da leider noch viele Berufskollegen dem Verbande nicht angehören. Seit dem Zutritt der Ortsgruppe Annaberg des E. V. Chemnitz und des E. V. Braunschweig ist die Mitgliederzahl auf 10 429 gestiegen.

Die geprüfte Bilanz sowie Gewinn- und Verlustrechnung liegen im Original zur Einsicht aus. Ich bitte Herrn Geheimrat Grauert über die Bücherrevision Bericht zu erstatten.

Grauert, Berlin: Ich habe mit Herrn Dr. Max Levy eine gründliche Prüfung der Bücher vorgenommen, wir haben aber nichts zu beanstanden, sondern alles in Ordnung befunden. Ich beantrage daher die Entlastung des Vorstandes und der Geschäftstelle. Wenn kein Widerspruch erhoben wird, stelle ich Ihre Zustimmung fest, daß dem Vorstande und der Geschäftsführung die beantragte Entlastung erteilt ist und darf dem Vorstande und der Geschäftstelle unseren verbindlichsten Dank für ihre mühevolle erfolgreiche Arbeit aussprechen.

Vorsitzender: Der Vorstand dankt den beiden Herren, daß sie sich alljährlich der Arbeit unserer Bücherprüfung unterzogen haben. Herr Dr. Levy hat gebeten, ihn in Zukunft von dieser Arbeit zu entbinden, weil er anderweitig zu stark in Anspruch genommen wäre. An Stelle von Herrn Dr. Max Levy empfehlen wir Herrn Direktor Froese von der AEG zu wählen. Ich nehme an, daß er damit einverstanden ist. Herr Geh. Rat Grauert wird uns hoffentlich noch recht lange seine Mitarbeit erhalten. Ich komme auf die Mitteilung des Herrn Generalsekretär über den Zuwachs der Mitgliederzahl zurück. Besonders erfreut sind wir über die Bildung der Ortsgruppe Annaberg, vorläufig unter dem Banner von Chemnitz, sowie über die dank der erfolgreichen Werbung des Prof. Dr. Marx vollzogene Gründung des E. V. Braunschweig. Wir danken den Herren Hermanni und Marx für ihre erfolgreichen Bemühungen für die Gründung von Annaberg und Braunschweig. (Allgemeiner Beifall.) Wir gehen jetzt weiter zur Tagesordnung, Punkt 4 b) Anträge.

Schirp: Vorstand und Ausschuß schlagen vor, den Mitgliedsbeitrag für 1930 zu belassen wie für das Jahr 1929.

Vorsitzender: Die Frage ist sehr eingehend im Ausschuß besprochen worden. In jedem Jahre wird der Wunsch ausgesprochen, die Mitgliederbeiträge herabzusetzen, es kommen aber auch Anträge auf Heraufsetzung. Wir empfehlen, die Höhe, wie für das Jahr 1929, zu belassen. Der Ausschuß hat zugestimmt, weil er wußte, daß der Verband diese 30 RM von seinen persönlichen Mitgliedern haben muß, wenn er die großen Aufgaben erfüllen will, die ihm in den nächsten Jahren bevorstehen. Die Zustände in den Verwaltungsräumen sind katastrophal geworden, sind nicht mehr würdig, als solche zu gelten. Wir müssen endlich zu neuen Räumen kommen. Es ist nicht so einfach, etwas Passendes zu finden. Wir müssen schon bauen. Wenn wir die Prüfstelle mit hereinnehmen wollen, so müssen wir doch Räume für sie haben, wie Werkstatt, Laboratorium usw. Das kostet Geld, Geld und dreimal Geld. Wir haben schon einen Grundstock. Dieser reicht aber noch lange nicht, sondern er muß vergrößert werden. Es würde ein Leichtsinn sein, an den Bau heranzutreten, wenn die Mittel nicht vorhanden wären. Wir müssen Sie deshalb bitten, die 30 RM Jahresbeitrag beizubehalten.

Ich bitte also um Zustimmung. Ich höre keinen Widerspruch, im Gegenteil Zustimmung. Ich danke.

Schirp: Wir kommen jetzt zu Punkt 4c Satzungsänderung. Zur Erleichterung unserer Verhandlungen mit der Steuerbehörde haben wir eine Änderung der Satzung in Vorschlag gebracht. Ich möchte mir erlauben, die neue Fassung, die beantragt ist, vorzulesen.

§ 3 erhält folgenden Zusatz:

„Ausgeschlossen sind Erwerbs- oder sonstige eigenwirtschaftliche Zwecke, vielmehr soll der Verband lediglich dem gemeinen Besten auf dem Gebiete der elektrotechnischen Wissenschaften dienen."

§ 6 erhält folgenden Zusatz:

„Kein Mitglied hat während seiner Zugehörigkeit zum Verband oder nach seinem Ausscheiden Ansprüche an das Verbandsvermögen oder auf Auszahlung von Gewinnen



oder auf ähnliche Vermögensvorteile, auch nicht auf Rückzahlung von Einlagen oder sonstigen Beiträgen."

§ 33 erhält folgenden Zusatz:

„Bei Auflösung des Verbandes muß das vorhandene Vermögen ausschließlich gemeinnützigen Zwecken auf elektrotechnisch-wissenschaftlichem Gebiete zugeführt werden, insbesondere auch durch Überweisung an gemeinnützige Körperschaften; jede Zuwendung von Vermögen oder Vermögensvorteilen an Mitglieder des Verbandes ist ausgeschlossen."

Vorsitzender: Wir haben aus dem Wortlaut gehört, daß es sich um eine rein formelle Angelegenheit handelt. Ich darf annehmen, daß der Satzungsänderung zugestimmt wird. Durch den Ausschuß ist dieses bereits erfolgt. Es ist keiner dagegen. Es lagen andere Anträge vor zum Teil sehr einschneidender Art. Diese Anträge sind zunächst zurückgezogen worden. Es wurde ein kleiner Ausschuß gegründet, der unsere ganze Satzung gründlich unter die Lupe nehmen will. Hierzu sind 6 Herren gewählt worden, aus kleinen und großen Vereinen, Vereinen aus Mittel-, Süd- und Westdeutschland. Dieser Ausschuß wird mit dem Vorstand auftragsgemäß an die Satzungsänderung herangehen und diese voraussichtlich in der nächsten Jahresversammlung vorlegen.

Schirp: Wir kommen nunmehr zu Punkt 4 d) Neuwahl von Vorstands- und Ausschußmitgliedern.

Mit Ende 1929 scheiden aus dem Vorstande folgende Herren aus: Brauns, Dettmar, Köttgen, Krone, Mayer, Montanus, Petersen, Sarfert, de Thierry, Wechmann.

Die Wiederwahl des Herrn Sarfert ist auf ein Jahr zulässig. Die Wiederwahl der übrigen Herren mit Ausnahme des Herrn Krone ist auf 2 Jahre zulässig.

Mit Ende 1929 ist Herr Krone 6 Jahre im Vorstande. Nach § 9 der Satzung erlischt damit die Amtsdauer des Herrn Krone.

In der Vorstandsitzung vom 7. Mai 1929 ist einstimmig beschlossen worden, aus besonderen Gründen die Wiederwahl des Herrn Krone auf weitere 2 Jahre Ausschuß und Jahresversammlung vorzuschlagen. Die Ausschußsitzung hat diesem Vorschlage gestern einstimmig zugestimmt. Ich bitte auch um Ihre Zustimmung. (Beifall.)

Vorsitzender: Dieser einstimmige Beschluß ist gegen meine Stimme erfolgt. Man hat mich in eine etwas bedrängte Lage gebracht. Ich kann mich jedoch den rein sachlichen Gründen nicht verschließen. Es liegen wichtige Sachen vor, die vielleicht etwas darunter leiden könnten, wenn im Augenblick ein Wechsel im Vorstande stattfände. Ich glaube, es ist ein kleiner Geburtsfehler, daß der Vorstand nur auf 2 Jahre gewählt wird und so sich alle zwei Jahre ein neuer Vorsitzender einarbeiten muß. Das geht nach meiner Auffassung heute nicht mehr, vielleicht früher einmal, wo der Verband noch kleiner war. Es laufen die Vorarbeiten für ein eigenes Hausgrundstück und die Verhandlungen mit dem E. V. (Berlin) wegen der Auseinandersetzung über die ETZ und das Archiv. Aber auf der anderen Seite habe ich ein etwas unangenehmes Gefühl. Ich hänge nicht an diesem Amt, aber so wenig ich mich vor dem Amt drücken will, so wenig möchte ich mich auch in den Vordergrund stellen. Ich habe dem Vorstand sowie dem Ausschuß meinen Standpunkt dargetan. Wenn bei einem von Ihnen Bedenken gegen meine Wiederwahl bestehen, so bitte ich, dies rücksichtslos zu äußern. Ich würde dann sofort gehen. Ich bitte also gegebenenfalls um Zustimmung. (Großer Beifall.)

Ich spreche Ihnen also meinen herzlichen Dank für das mir bewiesene Vertrauen aus und hoffe, noch weitere 2 Jahre nach Ihren Wünschen für den Verband tätig sein zu können, und daß ich dann auch nach 2 Jahren noch ein gnädiges Urteil bei Ihnen finde.

Schirp: Der Jahresversammlung liegt noch ob, den ersten und den ersten stellvertretenden Vorsitzenden zu wählen. Es wird Ihnen empfohlen wiederzuwählen:

Herrn Krone zum Vorsitzenden,

Herrn Petersen zum 1. stellvertretenden Vorsitzenden.

(Beifall.)

Vorsitzender: Ich danke meinerseits, ich darf annehmen, daß Herr Petersen auch zustimmt.

Schirp: Bezüglich Neuwahl der Ausschußmitglieder teile ich mit, daß Ende 1929 als VDE-Vertreter aus dem Auschuß die Herren ausscheiden: Craemer, Hissink, Orlich, Roos, Ruppel, Schering, Sieg, Vogelsang, Voigt, Werner und Wölcke.

Vorstand und Ausschuß haben die Wiederwahl dieser Herren auf 2 Jahre vorgeschlagen.

Vorsitzender: Ich darf annehmen, daß Sie auch mit dieser Wiederwahl einverstanden sind. (Jawohl, Wiederwahl.)

Vorsitzender: Ich danke Ihnen.

Schirp: Als letzter Punkt der Tagesordnung kommt die Wahl des Ortes, wo die nächste Jahresversammlung abgehalten wird. Einladungen an den VDE, die nächste Jahresversammlung am Orte der Einladenden abzuhalten, sind eingegangen

für 1930

vom Magistrat der Stadt Magdeburg,
„ Bürgermeister der Stadt Stralsund,
„ Oberbürgermeister der Stadt Bamberg i. B.,
„ Beigeordneten der Stadt Koblenz,
„ Städt. Verkehrs- und Wirtschaftsamt der Stadt Köln,
von der Fremdenverkehrskommission der Stadt Wien,
„ der Verkehrstelle der Stadt Mainz,
vom Oberbürgermeister der Stadt Karlsruhe und vom Oberrheinischen Elektrotechnischen Verein, Karlsruhe,
„ Oberbürgermeister der Stadt Darmstadt und von der Hessischen Elektrotechnischen Gesellschaft, Darmstadt,

für 1931

vom Magistrat der Stadt Frankfurt a. M. und von der Elektrotechnischen Gesellschaft Frankfurt a.M.

für 1932

vom Württembergischen Elektrotechnischen Verein Stuttgart.

Letzterer hat gebeten, falls im nächsten Jahr eine reguläre Jahresversammlung stattfindet, 1930 nach Stuttgart zu kommen. Es darf die Einladung von Frankfurt durch den Hinweis unterstützt werden, daß die Elektrotechnische Gesellschaft Frankfurt 1931 ihr 50jähriges Bestehen feiert, und daß es gleichzeitig 40 Jahre her ist seit der Elektrotechnischen Ausstellung und des Internationalen Elektriker-Kongresses in Frankfurt. Diese Umstände haben den Vorstand und Ausschuß bewogen, Ihnen vorzuschlagen, für 1931 die Einladung von Frankfurt anzunehmen. Bezüglich 1930 hat man mit Rücksicht auf die in Berlin stattfindende „Weltkraftkonferenz" und die in Skandinavien stattfindende Konferenz der „Internationalen Elektrotechnischen Kommission" vorgeschlagen, im nächsten Jahre keine Jahresversammlung abzuhalten, sondern lediglich eine Vorstands- und Ausschußsitzung, der Vollmacht gegeben werden soll, die Funktionen, die sonst die Jahresversammlung hat, wahrzunehmen. Der Vorschlag lautet dahin, 1930 keine Jahresversammlung abzuhalten, sondern nur eine Vorstands- und Ausschußsitzung mit der vorerwähnten Vollmacht. Im Jahre 1931 aber eine reguläre Jahresversammlung in Frankfurt abzuhalten aus den Gründen, die ich eben erwähnte.

Vorsitzender: Meine Herren, es unterliegt Ihrer Entscheidung, ob Sie 1930 mit Rücksicht auf die „Weltkraftkonferenz" sowie die „IEC-Tagung" in Skandinavien, auf eine Jahresversammlung verzichten wollen. Der Antrag war von Herrn Dr. Sarfert gestellt. Der Vorstand hat dem zugestimmt. Wenn Sie dem auch zustimmen, so ist das sehr angenehm, da aus den eben erwähnten Gründen unsere Kräfte schon sehr in Anspruch genommen sind. Vom Ausschuß ist unser Vorschlag einstimmig genehmigt worden. Man hat geglaubt, auch der Mitgliederversammlung einen Gefallen zu tun. (Großer Beifall.)

Vorsitzender: Ich glaube annehmen zu können, daß Sie mit dem Antrage des Vorstandes einverstanden sind. Die deutsche Welt muß sparsam sein, gehen wir mit einem guten Beispiel voran. Nächstes Jahr lassen wir also die Jahresversammlung ausfallen. 1931 gehen wir nach Frankfurt a. M., insbesondere mit Rücksicht auf das 50jährige Bestehen der Elektrotechnischen Gesellschaft. Was 1932 wird, brauchen wir heute noch nicht zu beschließen. Für 1932 würde ich Ihnen aber ans Herz legen, daß Stuttgart in Aussicht genommen wird. Die Einladung liegt schon sehr lange vor und ist gestern in der Ausschußsitzung in herzlichster Weise wiederholt worden.

Wir haben gestern im Ausschuß über die zweckmäßigste Zeit gesprochen. Die Zeit Anfang Juli wurde wegen der Schulferien von verschiedenen Seiten bemängelt. Auch mit Rücksicht auf Reisezeit und Hochschulferien ist gestern in der Ausschußsitzung der Beschluß gefaßt worden, Ihnen als geeignetste Zeit für die Jahresversammlung 1931 in Frankfurt a. M. den 15. bis 30. Juni vorzuschlagen. Sind Sie derselben Meinung? (Beifall, einverstanden.)

Vorsitzender: Zu Punkt „Verschiedenes" hat der Vorstand keine Vorlage zu machen.

Ich darf dann daran erinnern, daß wir um 15 Uhr einen Vortrag von Herrn Prof. Rogowski haben. Der Vortrag findet in der Technischen Hochschule statt. Daran anschließend beginnen wir mit den festgelegten Fachberichten, die hoffentlich alle sehr zahlreich besucht werden.

Heute abend haben wir dann mit den Aachener Kollegen gemeinsames Abendessen im neuen Kurhaus Quellenhof, in der Monheimsallee.

Meine Herren, ich danke Ihnen, ich schließe hiermit die Sitzung. (Beifall.)

(*Schluß folgt.*)

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Bekanntmachung.

Die Prüfstelle hat einen Nachtrag nach dem Stande vom 1. X. 1929 zu der „Zusammenstellung der erteilten Genehmigungen zur Benutzung des VDE-Zeichens sowie der zugewiesenen Firmenkennfäden nach dem Stande vom 1. I. 1929" herausgegeben.

Wir machen darauf aufmerksam, daß dieser Nachtrag gegen Einsendung des Portos kostenlos abgegeben wird.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftsstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

Der AEF hat die folgenden Druckschriften und Tafeln herausgegeben, auf die er hiermit hinweist:

1. Die „Verhandlungen des AEF in den Jahren 1907 bis 1927" sind im Verlage von Julius Springer erschienen und durch den Buchhandel zu beziehen. 49 S. im Format A4, Preis 5 RM.

2. 3 Wandtafeln Formelzeichen und 2 Wandtafeln Einheitszeichen auf Steifpapier im Format A1: 59,4 × 84,1 cm² und mit Ösen zum Aufhängen. Sie sind zu beziehen von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, zum Preise von je 35 Pf. Für Verpackung und Versand sind für 1 bis 5 Tafeln 55 Pf beizufügen.

3. Taschenheftchen, 15 S. im Format A6. Es enthält allgemeine Angaben über den AEF, alle Zeichenlisten und 4 Sätze (ohne Erläuterungen). Es ist ebenfalls von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu beziehen. Preis (Versand inbegriffen) 1 Stück 25 Pf, 2 Stück 40 Pf, 3 Stück 50 Pf, 4 und mehr Stück 15 Pf das Stück.

4. Die meisten Listen und Sätze des AEF sind auch in Form von Normblättern erschienen. Diese sind zu beziehen vom Beuth-Verlag G. m. b. H. in Berlin SW 19.

Strecker.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechnischer Verein Chemnitz. 14. XI. 1929, abds. 7½h, Hörsaal 199 der staatl. Akademie für Technik: a) Vortrag Dipl.-Ing. C. Reinarz, „Kurzschlußsicherheit in Drehstrom-Niederspannungsanlagen". b) Vortrag Dipl.-Ing. L. Krug, „Selbstschalter in offener und gekapselter Ausführung unter Berücks. der Abschaltleistung".

Elektrotechnischer Verein Düsseldorf. 21. XI. 1929, abends 8h, Städt. Tonhalle, Oberlichtsaal: Vortrag Dir. Kösing, "Betriebserfahrungen und Neuanlagen des Städt. Elektr.-Werks Düsseldorf".

Elektrotechnischer Verein des rhein.-westf. Industriebezirks, Essen. 12. XI. 1929, abds. 7h, Gaststätte Kaupenhöhe: Lichtbildervortrag Dr.-Ing. M. Weiset, „Probleme der Starkstromkabeltechnik".

Elektrotechnische Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 9. XI. 1929, abds. 7½h, sämtl. Räume der Loge Carl, Mozartplatz: Winterfest mit Festessen und Tanz. Herren- und Damenkarten 2,50 RM einschl. Steuer. Trockenes Gedeck 3,50 RM.

Elektrotechnische Gesellschaft Halle a. S. 13. XI. 1929, abds. 8¼h, Saal des Bierhauses Engelhardt, Bernburger Straße: Vortrag Dipl.-Ing. Föhl, „Anwendung von Ruths-Wärmespeichern und deren Herstellung" (m. Film u. Lichtb.).

Elektrotechnische Gesellschaft Hannover. 12. XI. 1929, abds. 8h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. König, „Hochspannungs-Luftschalter, ihre Entwicklung und Bedeutung".

Elektrotechnische Gesellschaft zu Nürnberg. 8. XI. 1929, abds. 8h, SSW, Nürnberg, Frauentorgraben 35: Vortrag Baurat Wiener, „Vom Bau des Shannon-Kraftwerkes".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

G. Rückle †. — In Frankfurt a. M. starb im Alter von 50 Jahren der Mathematiker Dr. G. Rückle. Er ist den Elektrotechnikern durch seine Arbeiten über die Theorie des Fernsprechverkehrs bekannt geworden.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Über die dielektrischen Eigenschaften des Transformator- und Schalteröles.

Durch die dielektrische Verschiebung[1] läßt sich der Umstand erklären, daß bei Durchführungen, welche mit Öl gefüllt sind, die Durchschlagfestigkeit durch zwischengelegte Hartpapierzylinder erhöht wird. Einige Prozent Wasser im Öl wären unschädlich, wenn das Wasser gleichmäßig verteilt wäre. Die Wasserteilchen bewegen sich aber nach denjenigen Stellen, wo hohe Feldstärken herrschen. Vor dem Durchschlag befinden sich an diesen Stellen hohe Prozentsätze von Wasser, die dann zum Durchschlag führen. Das ist im Transformator möglich, da hier der Raum, wo hohe Feldstärken herrschen, dem Gesamtraum gegenüber klein ist. Bei den Durchführungen ist es aber anders, da hier an der ganzen Innenfläche des Ölraumes die maximale Feldstärke herrscht. Infolgedessen können sich an diesen Stellen nicht so hohe Prozentsätze von Wasserteilchen ansammeln wie in Transformatoren. Deshalb kann also das Durchführungsöl schlechtere Qualität haben als das Transformatoröl. Wenn die Durchführung aber unterteilt ist, so ist die Innenfläche, wo die maximale Feldstärke herrscht, dem Gesamtraum gegenüber noch größer, d. h. es können sich noch weniger Wasserteilchen ansammeln, und dadurch wird die dielektrische Festigkeit erhöht.

Marosvásárhely (Targul-Mures) 28. VIII. 1929.

Wilhelm Keleti.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen. Von Dr. A. Sacklowski. Mit einer Einführung von Prof. Dr.-Ing. K. W. Wagner. Einzeldarstellung. aus d. el. Nachrichtentechn., herausg. von F. Moench, Bd. 2. Mit 45 Abb., XII u. 129 S. in 8°. Verlag Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1928. Preis geh. 4,50 RM, geb. 6 RM.

In ganz kurzer Zeit ist dieses Gebiet so umfangreich geworden, daß die Übersicht über die vorhandene Literatur

[1] Vgl. A. Gyemant, ETZ 1929, S. 1225.



nur mit großem Zeitaufwand zu erlangen ist. Der Verfasser hat sich deshalb der Mühe unterzogen, alle zugänglichen Arbeiten des In- und Auslandes zu sammeln. Er nennt etwa 500 verschiedene Stellen. Besonders ausführlich sind die Methoden der Feldstärkemessung behandelt, da sie in erster Linie das Rüstzeug für die experimentelle Durchforschung des Gebietes bilden. Die bisher gefundenen Ergebnisse werden angeführt, die verschiedenen Erscheinungen besprochen und miteinander verglichen, soweit das beim heutigen Stande der Erfahrung möglich ist. Auch die theoretischen Arbeiten sind aufgeführt und in ihren Grundzügen erläutert. Es muß als besonderes Verdienst betrachtet werden, daß der Verfasser hier nicht der einen oder anderen Anschauung den Vorzug gibt, sondern gleichmäßig alle Theorien behandelt. Auf eine vergleichende Kritik mußte hier allerdings verzichtet werden, da das vorliegende Material dazu noch nicht ausreicht.

Allen denen, die sich in das umfangreiche und komplizierte Gebiet der elektrischen Ausbreitungsvorgänge Einblick verschaffen wollen, wird diese Sammlung wertvolle Dienste leisten. Roessler.

Wörterbuch der Elektrischen Nachrichtentechnik der deutschen und französischen Sprache. I. Teil: Französisch-Deutsch. Von O. Sattelberg. Mit 187 S. in kl. 8°. Selbstverlag, Berlin-Tempelhof, Attilastr. 148, 1928. Preis geb. 9,75 RM.

Der vorliegende erste Teil des Wörterbuchs ist das französisch-deutsche Gegenstück zu dem im Januar 1925 erschienenen englisch-deutschen Wörterbuch des gleichen Verfassers. Das Buch bleibt hinter seinem englischen Vorgänger an Umfang zurück (187 Seiten gegen 292 Seiten), was wohl zum größten Teil auf die gedrängte Form der Darstellung zurückzuführen ist: es arbeitet viel mit Abkürzungen. Vorweg muß gesagt werden, daß das Buch eine fleißige Arbeit ist, in der viel Material zusammengetragen wurde. Es umfaßt gemäß der einleitenden Übersicht folgende Gebiete: Selbstanschlußtelephonie, Bau von Leitungen, Fernsprechwesen, Fernkabel, Leitungstheorie, Funkwesen, Telegraphie, Röhren, Verstärkertechnik. In dem Abschnitt Fernsprechwesen sind auch viele Ausdrücke des Fernsprechbetriebes enthalten; dem Charakter des Buches entsprechend ist der Betrieb jedoch weniger ausgiebig berücksichtigt worden als die Technik des Fernsprechwesens.

Leider hat sich eine erhebliche Zahl von Druckfehlern eingeschlichen; es scheint, als habe der Verfasser die so wertvolle Arbeit etwas zu rasch abgeschlossen. Darauf mögen auch die Fehlübersetzungen zurückzuführen sein, auf die man nicht gar selten stößt (aéronef heißt Luftschiff, nicht Flugzeug, appel à préavis heißt Gespräch mit Voranmeldung, nicht XP-Gespräch; avarie bedeutet Schiffsbeschädigung, nicht Schiffbruch; usw.).

Trotz solcher Mängel, die bei einer Neuauflage ausgemerzt oder durch einen Nachtrag berichtigt werden müßten, wird das Erscheinen des Buches von allen Fernmeldetechnikern, die auch französische Fachaufsätze lesen oder schreiben müssen, oder die in die Lage kommen, vor einem Gremium ausländischer Fachgenossen zu sprechen, lebhaft begrüßt werden. Es füllt eine oft beklagte Lücke aus und wird die Zusammenarbeit mit den Kollegen des Auslandes wesentlich erleichtern. Buttler.

Befördertechnik. Von Dipl.-Ing. H. R. Müller. (Techn. Fachbücher Bd. 5. Herausg. v. Dipl.-Ing. A. Meyer.) Mit 34 Abb. im Text, 92 Aufg. nebst Lösg. u. 116 S. in 8°. C. W. Kreidel's Verlag, München 1928. Preis steif geh. 2,25 RM.

Das Büchlein ist für die Einführung und die allgemeine Unterweisung von Laien und technischen Anfängern auf dem Gebiet der Transportmittel durchaus geeignet, denn es behandelt, nach anschaulichster Erläuterung der mechanischen Grundbegriffe, das Wesen und die Arbeitsweise der häufigsten Vorrichtungen für den Horizontaltransport von Gütern in überaus leichtverständlicher Art. Nichtverständlich bleibt nur, warum statt der allgemeingebräuchlichen Bezeichnung Fördertechnik der ebenso ungewöhnliche wie unschöne Ausdruck „Befördertechnik" gewählt worden ist.

Für eine Neuauflage empfiehlt es sich u. a., die Wendelrutsche nicht als spiralförmig sondern als schraubenförmig zu bezeichnen, und die Zugspitzenbahn nicht als doppelseilige sondern als einseilige Fahrbahn zu behandeln sowie die Laufrollen in Abb. 18 zweckmäßig gerillt zu zeichnen. Besonders aber würde eine Berücksichtigung der doch nicht unwichtigen Förderrinnen und Luftförderer den Wert des Büchleins noch erhöhen können.

Michenfelder.

Systematische Fabriks-Rationalisierung. Von R. v. Holzer. Mit zahlr. Abb. u. 1 Tab., VIII u. 152 S. in 8°. Verlag R. Oldenbourg, München u. Berlin 1928. Preis geh. 6 RM.

Der Verfasser ist der Ansicht, daß in vielen Fabriken die Bestrebung zur Rationalisierung entweder ergebnislos oder nur von teilweisem Erfolg sind. In seinem Buche hat er einen Weg gezeigt, wie eine erfolgreiche Rationalisierung durchzuführen ist.

Über den Inhalt der sieben Hauptabschnitte ist folgendes zu sagen: Der erste behandelt die Elemente der Rationalisierung, die Vorbereitung, das Programm und die Wege zum Ziel. Abschnitt 2 beleuchtet in knapper Form alle Maßnahmen zur Herabsetzung des Verkaufspreises. Die meisten der angeschnittenen Fragen sind in Fachkreisen schon oft Gegenstand der Erörterung bei den Organisationen des RKW. gewesen. Über die Abschnitte 3 bis 6 gilt ähnliches. Hauptsächlich ist darin eine Anzahl wertvoller Anregungen über die Beschleunigung des Kapitalumsatzes, über die Fertigungsmenge und Güteverbesserung sowie über die Verkaufsorganisation gegeben. In den Abschnitten 7 und 8 übt der Verfasser eine z. T. recht herbe Kritik am Rationalisierungswillen der deutschen Industrie (S. 135). Wenn er sagt, daß beim größten Teil der Industrieunternehmungen noch nicht einmal die schüchternsten Anfänge der Rationalisierung zu bemerken wären, so kann man das als Übertreibung nicht ganz ernst nehmen. Jeder Kenner der maßgebenden deutschen Unternehmungen weiß, mit welch erheblichen Opfern, trotz schwieriger Verhältnisse, die Rationalisierung der Betriebe vorwärts getrieben worden ist. Selbstverständlich bleibt noch viel Arbeit zu leisten, ehe wir zufrieden sein können. Bei der Schwierigkeit der Absatzsteigerung wird es von Jahr zu Jahr schwerer, die Kosten der Rationalisierung in Einklang mit den verfügbaren Kapitalien zu bringen. Wenigstens gilt das für viele kapitalschwächere Unternehmungen. Das ist der wahre Grund des mitunter zögernden Fortschrittes der Rationalisierungsarbeit.

Im ganzen genommen stellt das Buch eine gründliche Arbeit dar, kann selbst dem fachkundigen Leser mancherlei Anregung geben und verdient, in einschlägigen Kreisen gelesen zu werden. Druck und Ausstattung des Buches sind als gut zu bezeichnen. Drescher.

Der große Duden. Rechtschreibung d. dt. Sprache u. d. Fremdwörter nach den f. Deutschland, Österreich u. d. Schweiz gültigen amtl. Regeln. Bearb. v. Dr. T. Matthias. 10. neubearb. u. erw. Aufl. Mit 54* u. 647 S. in kl. 8°. Verlag Bibliographisches Institut AG., Leipzig 1929. Preis geb. 4,50 RM.

Die Neuauflage des „Duden", der auch der ETZ im allgemeinen als Richtschnur dient, berücksichtigt nicht nur die seit 1915, dem Jahre der 9. Auflage, erfolgten Veränderungen sondern hat auch erheblich an Umfang gewonnen. Neben der Aufnahme sprachlicher Neuschöpfungen ist die Verdeutschung und Erklärung von Fremdwörtern weiter ausgebaut worden, bei geographischen Bezeichnungen wird nicht nur angegeben, ob es sich um eine Stadt oder ein Gebirge usw. handelt, sondern auch, wo die Stadt bzw. das Gebirge liegt. Neu aufgenommen sind u. a. auch die chemischen Symbole sowie häufig vorkommende Maßeinheiten nebst ihren Abkürzungen. Die angegebenen Kurzzeichen stimmen allerdings nicht immer mit dem Schriftbrauch und den Zeichen des AEF überein. („Duden" schreibt z. B. KVA statt kVA und setzt dkg statt Dg für Dekagramm). An wichtigen Neuerungen sei erwähnt, daß sich „Waage" neuerdings mit Doppel-a schreibt, ebenso die Ableitungen, z. B. „waagerecht"; die Schreibung „Büro" hat über „Bureau" gesiegt; bei Abkürzungen wie DRP. oder AG. steht nur mehr ein Punkt (früher D.R.P. und A.G.).

Der „Duden" ist ein billiges und sehr nützliches Buch; wenn er zum wenigsten im Besitz jedes Autors wäre und auch häufig zu Rate gezogen würde, ließe sich manche unnötige Arbeit in Redaktion und Setzerei vermeiden.

H. Dieterlein.

Eingegangene Doktordissertationen.

Erhard Grünert, Beiträge zur Kenntnis der Entschwefelung der Kohle. T. H. Dresden 1929. (S. A. aus Journ. prakt. Chemie Bd. 122.)

Herbert P. Lechla, Muttergewinde u. Gewindebohrer, ein Beitrag zur Frage der Stehbolzen. T. H. Dresden 1927. Verlag Bauer & Schaurte, Rheinische Schrauben- u. Mutternfabrik AG., Neuß a. Rh.



GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Metallpreise im 3. Vierteljahr 1929[1]. — Die Entwicklung der Metallmärkte war im 3. Vierteljahr gekennzeichnet durch eine Neigung zur Schwäche. Auf fast allen Märkten machte sich ein Zurückgehen des Verbrauchs bemerkbar. Ein Versuch, anfangs September die Kupferpreise erneut in die Höhe zu treiben, scheiterte, weil die Nachfrage nach dem roten Metall weder in den V.S. Amerika noch in Europa jene Dringlichkeit und Stärke aufwies, die im 1. Quartal d. J. zu verzeichnen war. Infolgedessen konnten sich auch die innerhalb des Kupferkartells einer erneuten Preissteigerung entgegenstehenden Kräfte durchsetzen. Die in Amerika vorgenommene Erhöhung der Kupferpreise um 0,25 cts/lb wurde nach kurzer Zeit wieder rückgängig gemacht. Auf dem Zinnmarkt verursachten die Erklärungen über Bildung eines Kartells im Juli erneut erhebliche Preissteigerungen, die sich jedoch auf die Dauer nicht halten ließen. Die Preise sind im Laufe des Oktober auf einen Tiefstand gesunken, der 1929 bisher noch nicht erreicht war. Während die Bleipreise sich im 3. Vierteljahr gut behaupten konnten, erfuhren die Zinkpreise weitere Rückgänge, u. zw. in einem Maße, daß Ende September der Zinkpreis bereits unter dem Bleipreise lag. Die amtlichen Londoner Monatsdurchschnittspreise in £/ton sind im folgenden einander gegenübergestellt:

Monat	Kupfer	Blei	Zink	Zinn
Juni	74. 7. 9.	23. 13. 10 1/2	26. 4. 3 3/4	200. 5. 9 3/4
Juli	72. 3. 11 13/46	22. 16. 2 8/23	25. 6. 7 13/23	209. 11. 6 6/23
August . .	73. 16. 8 5/7	23. 3. 8 2/7	24. 17. 11	209. 17. 11 5/7
Sept.	75. 6. 9 11/14	23. 11. 1 4/7	24. 4. 2	204. 18. 9

Die Bewegung der Metallpreise im einzelnen geht aus Abb. 1 hervor. Die deutsche Preisindexziffer der Metallwirtschaft ergibt sich aus nachstehender Übersicht:

Preisindexziffer der Metallwirtschaft.

1909/13 = 100 Gesamtindexziffer	26. VI. 125,6	31. VII. 125,3	28. VIII. 125,2	23. X. 122,4
Kupfer	127,9	127,9	127,9	127,5
Blei	148,4	143,0	146,9	143,8
Zink	106,8	106,8	102,7	92,4
Zinn	108,6	113,2	114,0	103,6
Aluminium	132,0	132,0	132,0	132,0
Nickel	107,7	107,7	107,7	107,7
Antimon	100,9	97,2	98,7	103,0

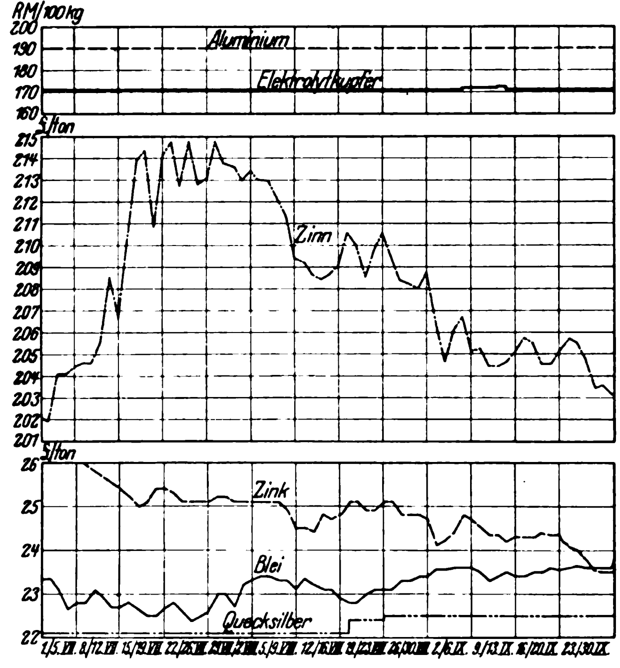


Abb. 1. Metallpreise im 3. Vierteljahr 1929.
Aluminium: 98/99 %, Blöcke und Barren — Elektrolytkupfer: Delnotiz Berlin — Zinn: per Kasse — Zink: nahe Sichten — Blei: nahe Sichten — Quecksilber: in £ Flasche zu 70/80 lbs.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1104.

Die Weltproduktion von Kupfer hat im 3. Vierteljahr wesentlich abgenommen. Während sie noch im Mai nach dem American Bureau of Metal Statistics rd. 193 000 tons betrug, stellte sie sich in den nächsten drei Monaten auf nur noch rd. 174 000 tons. Im September erfuhr die Kupfergewinnung infolge Streiks bei einer großen amerikanischen Raffinerie einen weiteren Rückgang. Gleichzeitig nahmen die Kupfervorräte wesentlich zu. Einem Vorrat an Raffinadekupfer von rd. 70 000 tons am 1. VI. standen Vorräte von rd. 104 000 tons dieser Sorte am 1. IX. und von rd. 94 800 tons am 1. X. gegenüber; in der gleichen Zeit stiegen die Vorräte an Raffinade- und anderem Kupfer in Großbritannien von rd. 6700 auf rd. 10 900 tons (8700 tons am 1. X.). — Die Welt**blei**erzeugung hielt sich im 3. Vierteljahr etwa auf der gleichen Höhe wie im 1. Halbjahr, die durchschnittliche Tagesleistung in den ersten acht Monaten betrug 5300 tons. Die Vorräte an raffiniertem Blei in den V. S. Amerika stiegen von rd. 51 800 tons am 1. VI. auf 76 600 tons am 1. IX. und haben inzwischen weiter namhaft zugenommen. — Die Zinkgewinnung der Welt war in den Monaten Juli und August mit einer durchschnittlichen Tagesproduktion von rd. 4400 tons um etwa 100 tons niedriger als im 2. Vierteljahr, aber immer noch um rd. 100 tons höher als im Monatsdurchschnitt des Jahres 1928. Auch die Zinkvorräte sind gewachsen, u. zw. in den V. S. Amerika von rd. 33 800 tons am 1. VI. auf rd. 47 800 tons am 1. VIII.; die Weltvorräte erhöhten sich zu diesen Terminen von 71 500 auf rd. 85 300 tons. *Hg.*

Kanadas Elektroproduktion i. J. 1928. — Da in diesem Heft mehrfach von Kanada die Rede ist, sei nach El. World mitgeteilt, daß der Wert der Erzeugung elektrischer Apparate und Zubehörteile in diesem Lande, wie amtlich berichtet wird, 1928 93,672 Mill $ betragen hat. Das ist die höchste bisher erreichte Summe, sie übertrifft die von 1927 (78,559 Mill $) um rd. 15 Mill $ oder 19 %. Besonders stark war die Zunahme in der Fabrikation von Zubehörteilen (supplies). Vergleichsweise stellte sich die Steigerung gegenüber dem entsprechenden Vorjahr in 1924 auf 5, 1925 auf 4 und 1926 bzw. 1927 auf rd. 9 Mill $. Das von 137 Firmen in dieser Industrie angelegte und arbeitende Kapital betrug 87,953 Mill $, die Zahl der Beschäftigten im Monatsdurchschnitt 18 193 und die Summe der Gehälter sowie der Löhne 22,756 Mill $. Als Materialkosten werden 38,784 und als Arbeitswert 54,888 Mill $ angegeben.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile hatte im Juli 1929 einen Wert von 12 891 948 $ und war damit um 2 971 960 $ oder 30 % größer als im gleichen Monat des Vorjahres (9 919 988 $). Die Steigerung betraf in der Hauptsache Krafttransformatoren von 500 kVA und mehr, Drehumformer usw., kleinste Motoren und solche der stationären Type bis 200 PS, ferner den größten Teil der verschiedenen Radiogeräte, Fernsprechinstrumente und -einrichtungen, Eisenbahnsignale, Isoliermaterial, nicht näher bezeichnete elektrische Vorrichtungen sowie isoliertes Leitungsmaterial aus Kupfer. Dagegen ist der Export von größeren Gleichstromgeneratoren, Akkumulatoren, Starkstromschalttafeln, Blitzableitern, Drosselspulen usw. wie auch von Metalldrahtlampen merklich zurückgegangen.

Aus der Geschäftswelt. — In das Handelsregister wurden eingetragen: Elektrizitäts-A.G. Mitteldeutschland, Kassel (0,1 Mill RM): Studium der wirtschaftlichen Organisations- und Betätigungsformen der deutschen Elektrizitätswirtschaft, Errichtung, Erwerb und Betrieb elektrowirtschaftlicher Anlagen usw. Gründer sind der Kommunale Zweckverband Überlandwerk Edertalsperre, Kassel, der Zweckverband Überlandwerk Fulda-Hünfeld-Schlüchtern, Fulda, die Landkreise Hanau und Kirchhain sowie die Preußische Elektrizitäts-A.G., Berlin; Schaltbau G. m. b. H., München (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrotechnischer Apparate und Geräte, besonders elektrotechnischer Schaltgeräte und Schaltanlagen.

[1] El. World, Bd. 94, 1929, S. 713. Vgl. ETZ 1928, S. 1496; 1929, S. 1572

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 320: Wer stellt Konusmembranen für magnetische und dynamische Lautsprecher her?

Frage 321: Wer fertigt Stahlmagnete für magnetische Lautsprecher an?

Abschluß des Heftes: 2. November 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

ETZ

50. JAHRGANG

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

...HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9

(...45—1684) 14. NOVEMBER ...

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 14. November 1929 | Heft 46

17. Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft in Wien.

Die diesjährige Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft[1] wurde gemeinsam mit der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft in Wien vom 12. ... 15. IX. abgehalten. Prof. Dr. F. Ehrenhaft von der Universität Wien entsprach mit seinem aufschlußreichen Einführungsvortrag über „Änderung der Anschauungen über das Licht im Laufe der Jahrhunderte" einem schon lange von seiten der Lichttechniker geäußerten Wunsch nach einer allgemein verständlichen zusammenfassenden Darstellung über dieses Gebiet. Der Vortragende gab einen geschichtlichen Überblick über die verschiedenen Lichttheorien und behandelte dann die neuesten Forschungsergebnisse der Physik, die zu einem Kompromiß der beiden grundlegenden Hypothesen, der Newtonschen Korpuskulartheorie und der Huygensschen Wellentheorie geführt haben.

Die Vorträge des ersten Verhandlungstages beschäftigten sich mit dem Thema „Das Glas in der Lichttechnik". Dr.-Ing. L. Bloch behandelte „Die Kennzeichnung lichtstreuender Gläser" und berichtete über die Arbeiten der Kommission für Beleuchtungsglas der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft und der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft. Die erste Aufgabe der Kommission bestand in der Einführung einheitlicher Bezeichnungen für die verschiedenen Sorten lichtstreuender Gläser. Danach hat man zwei Hauptklassen zu unterscheiden, die „Mattgläser", d. h. Klargläser, deren Oberfläche durch Sandstrahlgebläse oder durch Säurebehandlung aufgerauht ist, und „Trübgläser", bei denen die Glasschicht ganz oder teilweise durch eingelagerte kleine Teilchen getrübt ist. Für jede dieser beiden Kategorien sind drei Unterklassen vorgesehen. Die für die Verwendung in der Lichttechnik wichtigsten Eigenschaften der Gläser sind die Lichtdurchlässigkeit, die Rückstrahlung (Reflexion) und die Absorption, ferner die Lichtverteilung (Indikatrix) und das Streuvermögen. Bei der Durchlässigkeit und Rückstrahlung ist zwischen gerichteter und zerstreuter Durchlässigkeit bzw. Rückstrahlung zu unterscheiden. Für die meisten von diesen Größen wurden von der Kommission Definitionen aufgestellt, die von der Kommission für Beleuchtungsglas bei der internationalen Beleuchtungskommission im vorigen Jahre angenommen worden sind. In weiterer Verfolgung dieser Arbeiten sollen auch Richtlinien für die Beurteilung fertiger Glocken und Schalen sowie vollständiger Leuchten aus lichtstreuenden Gläsern ausgearbeitet werden, bei denen vor allem der Wirkungsgrad und die Verteilung der Leuchtdichte über die Glockenoberfläche interessieren. Für die Beurteilung und Messung dieser verschiedenen Eigenschaften wurde vom Vortragenden eine Reihe von Vorschlägen gemacht.

„Die optischen Eigenschaften von Trübgläsern und trüben Lösungen" besprach Dr. H. Schönborn. Die Lichtzerstreuung in Trübgläsern entsteht teils durch Brechung, teils durch Beugung an den kleinen in die Glasmasse eingelagerten Teilchen. Sie hängt ab von der Konzentration, der Größe, der Art und Form dieser Teilchen. Für Untersuchungen über den Einfluß dieser einzelnen Faktoren sind Trübgläser selbst meist wenig geeignet, da die Eigenart der Glasbereitung es fast unmöglich macht, Versuchsgläser in genau der gewünschten Beschaffenheit herzustellen. Dagegen lassen sich die verschiedenen Eigenschaften sehr bequem an trüben Lösungen studieren, die aus Suspensionen von Schellack oder Paraffinöl in einem Wasser-Alkohol-Gemisch oder aus kolloidalen Aluminiumoxyd-Lösungen bestehen. Versuche an solchen Lösungen zeigen, daß die gerichtete Durchlässigkeit, die Gesamtdurchlässigkeit und die Reflexion von der Schichtdicke und der Konzentration der trübenden Teilchen abhängig sind. Mit Zunahme der Teilchengröße wird die Gesamtdurchlässigkeit bei gleichbleibender gerichteter Durchlässigkeit größer und die Lichtverteilungskurve steiler. Trübgläser zeigen ein ganz entsprechendes Verhalten, doch werden bei ihnen die verschiedenartigsten Formen der Lichtverteilung gefunden. Bei der experimentellen Bestimmung der mittleren Weglänge, die das Licht beim Durchgang durch das trübe Medium zurücklegt, wurde festgestellt, daß die für diese Weglängen berechneten Absorptionen kleiner ausfallen als die bei Trübgläsern tatsächlich beobachteten. Infolgedessen sind die Lichtverluste in Trübgläsern weniger durch die Absorption im Grundglas sondern hauptsächlich durch die Absorption an den trübenden Teilchen zu erklären. Neuerdings ist es gelungen, nicht nur Überfanggläser sondern auch in der Masse getrübte Gläser von relativ geringer Absorption herzustellen.

In dem darauf folgenden Vortrag sprach Dr.-Ing. H. G. Frühling über „Die Ausleuchtung lichtstreuender Verglasungen". Die Beleuchtungskunst der heutigen Architektur geht immer mehr zur Verwendung großflächiger Lichtquellen über. Unter diesen spielen Flächen aus lichtstreuenden Gläsern, die durch dahinter angeordnete Glühlampen durchleuchtet werden, eine wichtige Rolle. In der Praxis handelt es sich darum, auf der leuchtenden Scheibe eine genügend hohe Leuchtdichte zu erzielen und die Fläche (von gewissen Ausnahmen abgesehen) möglichst gleichmäßig auszuleuchten. Versuche zeigten, daß bei Verwendung von Mattglas eine gleichmäßige Ausleuchtung im allgemeinen nicht zu erzielen ist; gute Ergebnisse bei relativ geringem Lichtverlust liefern geeignete Trübgläser, insbesondere gutes Opal-Überfangglas. Das an künstliche Beleuchtung in Innenräumen adaptierte Auge kann in den meisten Fällen erst Leuchtdichte-Unterschiede auf der leuchtenden Fläche wahrnehmen, die im Verhältnis von 1 : 2 stehen. Durch eine größere Anzahl von Messungen wurde festgestellt, daß bei Verwendung von gutem Opal-Überfangglas der Abstand der Lampen von der Scheibe mindestens halb so groß sein muß als der Abstand der Lampen untereinander, um der genannten Bedingung zu genügen. Der Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis des aus der Scheibe austretenden zum aufgewendeten Lichtstrom wurde für derartige Anlagen unter verschiedenen Bedingungen untersucht und im Mittel zu etwa 20 ... 40 % gefunden. Die Ermittlung der zur Erzielung einer bestimmten Leuchtdichte erforderlichen Lampenzahl und -größe wurde besprochen und weitere für die praktische Ausführung lichtstreuender Verglasungen wichtige Gesichtspunkte, wie Auswahl geeigneter Gläser, Wahl der Lampenart, Energieverbrauch und Instandhaltung, behandelt.

Dr. W. Bertelsmann brachte eine Abhandlung über „Das Beleuchtungsglas für Gaslicht". Bei den Lichtquellen für Gasbeleuchtung wird Glas hauptsächlich in der Form von Klarglaszylindern verwendet, die durch Steigerung der Luftzufuhr zur Flamme den Verbrennungsvorgang beschleunigen sollen. Infolge der großen Flammennähe werden die Gläser stark erhitzt, beim Auerbrenner auf etwa 190 ... 225 °. Die Herstellung genügend widerstandsfähiger Zylinder machte anfangs große Schwierigkeiten. Erst das antimonhaltige Borsilikatglas von Schott, das sich als außerordentlich widerstandsfähig erwies, brachte eine entscheidende Wendung und ermöglichte überhaupt erst die praktische Einführung des hängenden Gasglühlichts, bei dem der Zylin-

[1] Bericht über die Versammlung des Vorjahres: ETZ 1928, S. 1262.

der noch viel höhere Temperaturen, bis über 350°, erreicht. Bei den neuerdings zur Einführung gelangten Einbau- und Gruppenbrennern sind Zylinder entbehrlich geworden; man verwendet hier nur noch Glasglocken aus Borsilikatglas als schützende Umhüllung der Lampe.

Der Vortrag von Dr. Frhr. F. K. v. Göler über „Die Kennzeichnung farbiger Gläser nach der Dreifarbentheorie" brachte zunächst eine kurze Einführung in die Young-Helmholtzsche Theorie der Farbempfindung. Diese Theorie nimmt an, daß auf der Netzhaut des Auges drei voneinander unabhängige Arten von Lichtempfängern vorhanden sind, von denen die einen auf rotes, die andern auf blaues und die dritten auf grünes Licht reagieren. Der erhaltene Gesamtfarbeindruck ergibt sich aus dem Verhältnis der Erregungsstärken dieser drei Grundempfindungen. Die Erregungsstärken werden berechnet aus der spektralen Energieverteilung des Lichts und aus den Empfindlichkeitskurven der drei Grundempfindungen, die von König auf Grund umfangreicher physiologischer Untersuchungen gewonnen worden sind. Die auf diese Weise erhaltenen drei Zahlenwerte dienen zur Kennzeichnung des Farbeindrucks. Sie können zur besseren Veranschaulichung in Form von Dreiecks-Koordinaten dargestellt werden (Maxwellsches Farbdreieck). Der von gefärbten Gläsern hervorgerufene Farbeindruck hängt nicht nur von den Eigenschaften des Glases sondern auch von der spektralen Energieverteilung, d. h. also der Farbe der hinter dem Glas befindlichen Lichtquelle ab. Farbige Gläser können also in ihrer Wirkung immer nur zusammen mit der benutzten Lichtquelle beurteilt werden. Für die Kennzeichnung farbiger Gläser, z. B. von Signalscheiben, hat sich das hier besprochene Verfahren als recht geeignet erwiesen.

Über „Messung an Glühlampen mit ultraviolettdurchlässiger Glashülle" berichtete Reg.-Rat W. Dziobek auf Grund von Versuchen, die gemeinsam mit Dr. Spiller durchgeführt wurden. Die biologische Wirksamkeit der ultravioletten Strahlen, die in neuerer Zeit erforscht worden ist, hat für die Medizin eine große Bedeutung erlangt. Biologisch wirksam sind im allgemeinen hauptsächlich die Strahlen mit einer Wellenlänge zwischen 280 und 320 mμ, das Maximum der biologischen Wirksamkeit liegt bei etwa 297 mμ. Für die Erzeugung ultravioletter Strahlen wird bisher meist die Quarz-Quecksilberlampe benutzt. Die neuerdings hergestellten Glühlampen mit Kolben aus ultraviolettdurchlässigem Glas geben im Gegensatz zur Quarzlampe ein kontinuierliches Spektrum. Der Lichtverteilung in den verschiedenen Raumrichtungen, die eine solche Lampe im sichtbaren Gebiet besitzt, entspricht eine räumliche Energieverteilung im Bereich der ultravioletten Strahlung. Diese Energieverteilung wurde für verschiedene Wellenlängen mit Hilfe eines um die Lampe schwenkbaren Quarzspektrographen gemessen. Es zeigt sich, daß die Energieverteilungskurve im Ultraviolett eine gewisse Ähnlichkeit mit der Lichtverteilungskurve hat, doch tritt das Maximum nicht bei 0°, sondern etwa bei 90° auf, was auf die größere Dicke der absorbierenden Glasschicht an der Kolbenkuppe zurückzuführen ist. Dieser Unterschied tritt um so stärker hervor, je kürzer die Wellenlänge wird. Versuche über die Messung der Gesamtenergie für eine bestimmte Wellenlänge sind noch im Gange.

Ing. O. Herbatschek sprach über „Versuche zur beschleunigten Kükenaufzucht durch künstliche Belichtung". Während der Wintermonate aufgezogene Küken zeigen oft ein starkes Zurückbleiben gegenüber der normalen Entwicklung, was zum Teil auf die verringerte Helligkeits- und Ultraviolettstrahlung des Sonnen- und Himmelslichts zurückzuführen ist. Es liegt nahe, diesen Mangel durch zusätzliche künstliche Beleuchtung und durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht auszugleichen. Von den Wiener Städtischen Elektrizitätswerken wurden gemeinsam mit der Hochschule für Bodenkultur Versuche angestellt, die zeigten, daß Küken, die täglich einige Stunden hindurch eine zusätzliche ultraviolette Bestrahlung erhielten, den nicht bestrahlten hinsichtlich Wachstum und Knochenbau überlegen waren. Als Lichtquellen wurden Glühlampen mit ultraviolettdurchlässigem Glas und Quecksilberdampflampen mit Quarzbrenner unter Vorschaltung geeigneter Filter verwendet, die den Strahlenbereich bis zu 285 mμ herab hindurchlassen. Die Betriebskosten der Bestrahlung betragen etwa 5 % des Verkaufspreises der Tiere. Die Versuche werden weiter fortgesetzt.

Über den „Einfluß der Gase im Glas auf lichttechnische Fragen" sprach Frau Dr. M. Schirrmann. Der Glasherstellungsprozeß bringt es mit sich, daß gasförmige Reaktionsprodukte und Dämpfe, insbesondere Wasserdampf, von der Glasmasse absorbiert werden und nach dem Erkalten als Gasbläschen, sog. „Gispen", eine Trübung des Glases verursachen. Auch nach der Herstellung können sich Gase an der Oberfläche des Glases festsetzten. Alle diese Erscheinungen sind höchst unerwünscht, da sie nicht nur eine Trübung der Glasmasse hervorrufen sondern auch z. B. in der Glühlampenfabrikation eine Verschlechterung des Vakuums und chemische Reaktionen mit dem Wolframmetall des Leuchtdrahts bewirken können. Durch Abtragung des Wolframdrahts wird die Lebensdauer der Lampe verringert, die Reaktionsprodukte schlagen sich auf der Innenseite der Glaswandung nieder und verschlechtern die Lichtausstrahlung. Um die im Glaskolben vorhandenen Restgase wieder zu entfernen, kann man verschiedene Methoden anwenden: die Einbringung geeigneter Chemikalien (sog. „Getter"), Erhitzen während der Evakuierung, das Verfahren der elektrolytischen Verdrängung[2] und die Anwendung eines Ionenbombardements.

Der zweite Tag der Jahresversammlung brachte Beiträge zu dem Thema Raumbeleuchtung. Einen Überblick über „Neue Grundzüge der Beleuchtungstechnik" brachte Dr.-Ing. W. Arndt. Die neuere Entwicklung der Lichttechnik hat gezeigt, daß eine Behandlung aller Beleuchtungsprobleme mit physikalischen und technischen Methoden allein nicht möglich ist. Während früher die Lichterzeugung im Vordergrund des Interesses stand, ist es heute die Wirkung des Lichts, die eigentliche Beleuchtung, die nach den verschiedensten physikalischen, physiologischen und psychologischen Gesichtspunkten erforscht werden muß. Für die physikalische Behandlung beleuchtungstechnischer Probleme kann neben der Leistungsgröße des Lichtstroms die bereits früher vom Vortragenden vorgeschlagene Zustandsgröße der Raumhelligkeit, eine integrierte Beleuchtungstärke in einem Raumelement, herangezogen werden. Der Mittelwert aller dieser von Punkt zu Punkt verschiedenen Raumhelligkeitswerte in irgendeinem Raum wird als Kennzeichen für dessen Helligkeitszustand vorgeschlagen. Diese Größe kann in zwei Summanden zerlegt werden, die der Primär- und Sekundärleuchtung entsprechen und Aufschluß über Blendung, Diffusität und Schattigkeit geben sollen.

Ing. H. Lingenfelser brachte in seinem Vortrag „Zur Messung und Beurteilung der räumlichen Beleuchtung" reichhaltiges Versuchsmaterial über die Anwendung der von ihm ausgearbeiteten und früher beschriebenen Methode, die Beleuchtung an einer Stelle des Raumes durch den „Beleuchtungsverteilungskörper" zu kennzeichnen. Mißt man an einem Punkte des Raumes nicht nur, wie bisher meist üblich, die Horizontalbeleuchtungstärke sondern auch die Beleuchtungstärken in sämtlichen durch diesen Punkt denkbaren Ebenen und trägt diese Werte als räumliches Polardiagramm auf, so erhält man den Beleuchtungsverteilungskörper dieses Punktes. Es läßt sich zeigen, daß dieser Beleuchtungsverteilungskörper aus einem punktförmigen, von der Lichtquelle gelieferten, und einem großflächigen, von Decke und Wänden des Raumes herrührenden Anteil zusammengesetzt werden kann. In einem Raum mit einer Grundfläche von 3 × 5 m und einer Höhe von 3,5 m wurde der Beleuchtungsverteilungskörper in der Mitte des Raumes und in einer Ecke bei direkter, halbindirekter und ganzindirekter Beleuchtung gemessen, u. zw. bei verschiedenem Reflexionsvermögen der Wände und Decke. Die Versuchsergebnisse zeigen, daß die beschriebene Methode gut geeignet ist, die Eigenschaften der verschiedenen Beleuchtungsarten zu charakterisieren. Durch die Zerlegung in punktförmigen und großflächigen Anteil läßt sich der verschiedene Grad der Diffusität bei verschiedenen Beleuchtungsarten sowie der sich an verschiedenen Stellen des gleichen Raumes ergebende zahlenmäßig verfolgen. Auf diese Weise dürfte es möglich sein, dem Begriff „Raumbeleuchtung" praktisch näher zu kommen. Einen andern Weg zur Kennzeichnung der Raumbeleuchtung zeigte Dr.-Ing. L. Bloch in der anschließenden Aussprache. Von der Tatsache ausgehend, daß der auf unser Auge wirkende Eindruck eines beleuchteten Raumes durch die Verteilung der Helligkeit auf dessen Begrenzungsflächen bedingt ist, wurde vorgeschlagen, die Verteilung der Leuchtdichte auf Wänden, Decke und Fußboden des Raumes durch ein in der Raummitte stehendes Photometer aufzunehmen und die so erhaltenen Werte in Kurvenform über den Begrenzungsflächen des Raumes aufzutragen. Die vorgeführten Beispiele ergaben ein anschauliches Bild von der Wirkung

[2] M. Pirani u. E. Lax, Z. Techn. Phys. Bd. 3, S. 232.



verschiedener Beleuchtungsarten und zeigten, daß auch auf diesem Wege charakteristische Zahlenwerte zur Kennzeichnung der räumlichen Beleuchtung erhalten werden können.

Die Vorträge und die sich daran anschließende Aussprache ermöglichten die Klärung mancher auf dem Gebiet des Beleuchtungsglases und der Raumbeleuchtung schwebenden Fragen. Die freundschaftliche Zusammenarbeit der österreichischen und der deutschen Lichttechniker ist durch diese gemeinschaftliche Veranstaltung weiter gefördert worden, was auch darin zum Ausdruck kam, daß ein Vertreter der Österreichischen Lichttechnischen Gesellschaft in den Ausschuß der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft gewählt wurde. Als besondere Ehrung wurde den deutschen Gästen ein Empfang im Wiener Rathaus und eine herzliche Begrüßungsansprache durch den ersten Bürgermeister Seitz zuteil. Der bisherige Vorsitzende der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft Dr.-Ing. E. h. K. Lempelius wurde wiedergewählt. Als Tagungsort für die nächste Jahresversammlung wurde Danzig festgesetzt.

H. G. Frühling, Berlin.

Der Einfluß ungleichmäßig verteilter Zusatzlasten auf die Durchhänge von Freileitungen.

Von Dipl.-Ing. **K. Langhard,** Bern.

Übersicht. Bei Freileitungen mit Hängeketten geben Zusatzlasten auf nur einer einzelnen Spannweite bedeutend größere Durchhänge bei dieser Spannweite als gleichgroße Zusatzlasten je Längeneinheit auf sämtlichen Spannweiten. Der Verfasser stellt für Hängeketten und Halbabspannketten die Ergebnisse theoretischer Untersuchungen zusammen, die er in guter Übereinstimmung mit beobachteten Werten findet, und prüft verschiedene Möglichkeiten zur Verbesserung der Verhältnisse in Fällen, wo bei ungünstig verteilter Zusatzlast zu große Durchhänge auftreten.

Bei der Projektierung von Freileitungen wird für die Leiterseile gewöhnlich eine durch behördliche Vorschriften gegebene gleichmäßig verteilte Zusatzlast zugrunde gelegt und nach Maßgabe dieser Belastungsannahmen werden die Tragwerke bemessen und ihre Verteilung im Gelände vorgenommen.

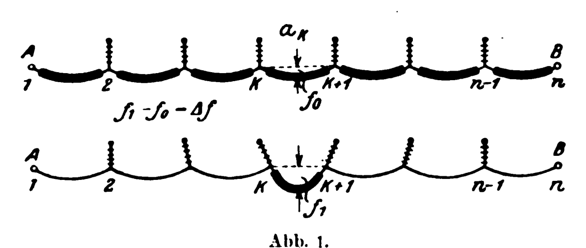


Abb. 1.

Es ist bekannt, daß, wenn bei einer Freileitung mit Hängeketten dieselbe Zusatzlast nur auf einer einzelnen Spannweite vorhanden ist, bei dieser ein größerer Durchhang auftritt als wenn auch die angrenzenden Spannweiten belastet sind. Die behördlichen Vorschriften berücksichtigen diesen Umstand in der Weise, daß für gleichmäßig verteilte Zusatzlast ein so großer Abstand gegen Boden einzuhalten ist, daß auch noch eine gewisse Vergrößerung des Durchhanges weder die Betriebsicherheit der Leitung noch die Sicherheit von Personen gefährdet; bei Leitungskreuzungen ist im behördlich vorgeschriebenen Abstand auch die Entfernung von den Tragwerken berücksichtigt.

Die Größe des Einflusses ungleicher Verteilung von Zusatzlasten dürfte nicht allgemein bekannt sein, wir erachten es deshalb für interessant, sie für ein bestimmtes Al-Stahlseil zahlenmäßig zusammenzustellen, und verweisen auch auf eine Studie von Bourquin[1].

Der Verfasser beschränkt sich des Raumes halber auf die Ergebnisse der theoretischen Untersuchungen und möchte auch darauf hinweisen, daß sie zahlenmäßig nur für die Daten des näher betrachteten Al-Stahlseiles gültig sind. Da aber die verschiedenen Seile hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften nur wenig voneinander abweichen, dürften auch die erhaltenen Zahlen ziemlich allgemeine Geltung haben. Um Verwechslungen vorzubeugen, sei den näheren Ausführungen noch eine kurze Erklärung einiger Bezeichnungen vorangestellt.

Mit kritischer Spannweite wird in der Folge stets diejenige bezeichnet, bei welcher die Durchhangsvergrößerungen näher untersucht werden sollen. Die Durchhangsvergrößerungen einer bestimmten Spannweite bei irgendeiner Zusatzlast in dieser Spannweite, aber ohne solche in allen angrenzenden, beziehen sich alle auf den Grunddurchhang bei 2 kg/m Zusatzlast, gleichmäßig verteilt auf alle Spannweiten (Abb. 1). Der besseren Übersicht halber seien die Angaben des der Untersuchung zugrunde gelegten Seiles nochmals zusammengestellt[2].

Querschnitt des Seiles	2,103 cm²
Gewicht je Längeneinheit	0,830 kg
Elastizitätsmaß	$7{,}55 \cdot 10^5$ kg/cm²
Wärmedehnungszahl	$1{,}69 \cdot 10^{-5}$
Länge der Ketten	163 cm
Gewicht der Ketten	40 kg.

I. Ebene Spannfelder.

Unsere rechnerischen Untersuchungen haben ergeben:

1. Die Reihenfolge der verschiedenen und ungleich großen Nachbarspannweiten $1 \dots K$, $(K+1) \dots n$ hat keinen wesentlichen Einfluß auf die Durchhangsveränderung der kritischen Spannweite, praktisch kann er im allgemeinen vernachlässigt werden. Die Durchhangsveränderungen werden am größten, wenn die Spannweiten ihrer Größe nach abnehmend von $K+1$ nach n angeordnet werden. Falls die mittlere Spannweite sämtlicher Spannweiten der rechten Seite von derjenigen auf der linken Seite der kritischen Spannweite nicht allzusehr abweicht, darf der Einfluß der beiden Seiten als gleichgroß auf die Durchhangsveränderung der kritischen Spannweite angenommen werden.

2. Die Beteiligung der links und rechts gelegenen Nachbarspannweiten an der Durchhangsveränderung der kritischen Spannweite nimmt sehr rasch ab mit zunehmender Entfernung von der mit Zusatzlast behafteten kriti-

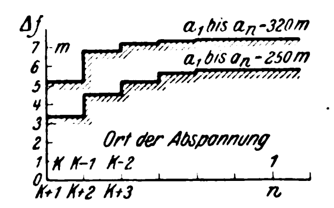


Abb. 2. Durchhangsvergrößerungen Δf der kritischen Spannweite als Funktion der Zahl der Nachbarspannweiten.

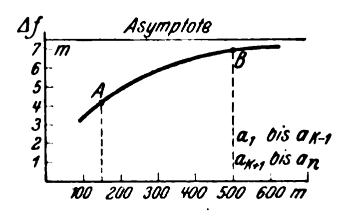


Abb. 3. Durchhangsvergrößerungen Δf der kritischen Spannweite als Funktion der Größe der Nachbarspannweiten.

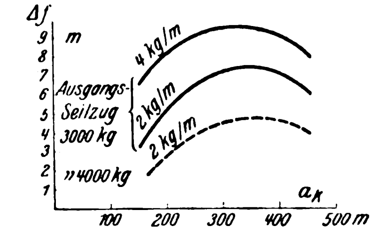


Abb. 4. Durchhangsvergrößerungen Δf als Funktion der kritischen Spannweite und der Zusatzlast.

[1] Bourquin, Bull. SEV Bd. 14, S. 545.

[2] Vgl. a. Langhard, ETZ 1928, S. 1181.

schen Spannweite. Es genügt, bei Berechnungen die nächstgelegenen 4...5 Spannfelder zu berücksichtigen (Abb. 2).

3. Es läßt sich leicht eine Grenzwertlinie für die Durchhangsveränderung der kritischen Spannweite als Funktion der Größe der kritischen Spannweite selbst und der Zusatzlast bestimmen. Nehmen wir z. B. an, die kritische Spannweite betrage 320 m, sämtliche Nachbarspannweiten 150 m. Bei der schon oben erwähnten ungleichmäßig verteilten Belastung von 2 kg/m erhalten wir eine Durchhangsvergrößerung der kritischen Spannweite von 4,20 m (Punkt A in Abb. 3). Verändern wir nun bei gleichbleibender kritischer Spannweite die Nachbarspannweiten links und rechts von 150 m auf 500 m, so wächst die Durchhangsvergrößerung der kritischen Spannweite auf 7 m (Punkt B in Abb. 3), um schließlich bei fortwährender Vergrößerung der Nachbarspannweiten einem Grenzwert zuzustreben, der aber von B nicht mehr weit entfernt ist. Führen wir dieselbe Untersuchung für verschiedene kritische Spannweiten durch und verbinden entsprechende Punkte miteinander, so erhalten wir leicht die erwähnte Grenzwertlinie. Aus den Kurven der Abb. 4 folgt nun das bemerkenswerte Ergebnis, daß die Durchhangsveränderungen der kritischen Spannweite, wie auch die Nachbarspannweiten beschaffen sein mögen, nicht über einen gewissen Höchstwert hinausgehen können und daß dieser sowohl von der größten erreichbaren Spannweite als auch von den Belastungsannahmen und den mechanischen Eigenschaften des Seiles abhängig ist[3].

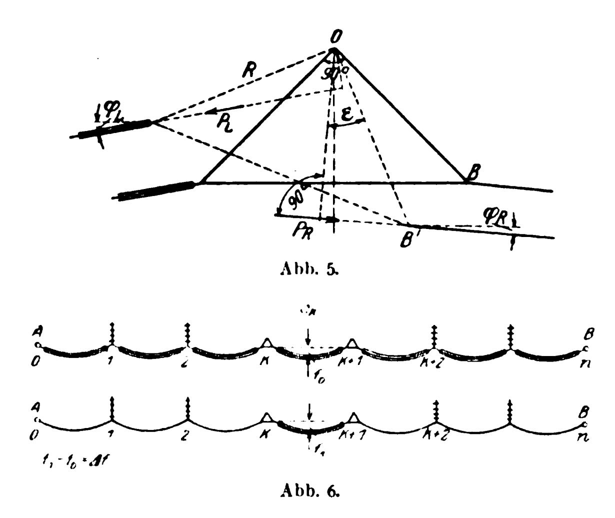


Abb. 5.

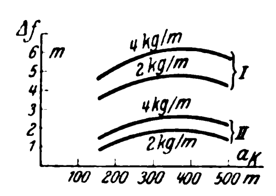
Abb. 6.

Die Ursache der oben erwähnten Durchhangsvergrößerungen bei Hängeketten liegt in erster Linie in der Beweglichkeit der Aufhängepunkte des Stromleiters. Es ist nun aber möglich, 1. diese Bewegungen auszuschalten oder 2. nur einzuschränken, so daß ein gewisser Spannungsausgleich unter den verschiedenen Spannweiten sich noch auszuwirken vermag. Diese Bedingungen können durch nachfolgende Anordnungen erfüllt werden:

1. durch Abspannungen,
2. durch Halbabspannungen.

Vollständige Abspannungen bedingen jedoch besonders ausgebildete Tragwerke. Wie Abb. 2 zeigt, sind Abspannmaste auch in bezug auf die Durchhangstabilisierung beinahe unwirksam, wenn sie nicht in kurzen Abständen nacheinander angeordnet werden. Durch die wiederholte Anwendung von Abspannmasten wird aber eine gewisse unerwünschte Starrheit der Leitung hervorgerufen, die sich namentlich auf die Isolatoren in ungünstiger Weise auswirkt (stoßweise Belastungen, größere Beanspruchungen). Für bereits erstellte Leitungen fallen Abspannungen außer Betracht, da sie eine weitgehende Verstärkung der gewöhnlichen Trag- oder Stützmasten erfordern. Wir sehen deshalb von einer weiteren Erörterung zu 1. ab und wenden uns den unter 2. erwähnten Halbabspannungen zu, welche etwas näher ins Auge gefaßt werden sollen.

Die Halbabspannung besteht aus 2 Isolatorenketten, die in einem Winkel, der etwa zwischen 60° und 90° liegt, angeordnet sind. Die Wirkung der Halbabspannung nähert sich um so mehr der Wirkung der Ganzabspannung, je größer der erwähnte Winkel ist, und um so mehr der Hängekette, je kleiner dieser Winkel ist. Für die zahlenmäßige Erfassung dieser Wirksamkeit wurden die Untersuchungen wie oben durchgeführt und angenommen, daß sich das Halbabspanndreieck wie eine starre Scheibe verhalte, die sich um einen gedachten Drehpunkt O reibungslos drehen könne (vgl. Abb. 5 u. 6). An der Berechnung ändert sich nur die Gleichgewichtsbedingung für den einzelnen Aufhängepunkt, doch bietet deren Aufstellung keine Schwierigkeiten. Aus den Kurven der Abb. 7 ersieht man nun leicht, daß sich mit Halbabspannungen eine wesentliche Verminderung der Durchhangsvergrößerungen gegenüber Hängeketten erzielen läßt.



I Halbabspannung im Punkt K oder $K+1$
II Halbabspannung im Punkt K und $K+1$.

Abb. 7. Durchhangsvergrößerungen Δf als Funktion der kritischen Spannweite und der Zusatzlast bei Halbabspannungen.

In gewissem Zusammenhang mit den erwähnten Untersuchungen steht noch die Frage nach der Beanspruchung der Tragwerke infolge der neuen Kräfteverhältnisse und wir erachten es als erwünscht, einige diesbezügliche Anhaltspunkte noch kurz anzugeben.

1. Annahme von einseitigem Leiterbruch bei Zusatzlast. Die Verminderung des einseitigen Seilzuges infolge Auslenkens des Halbabspanndreieckes erreicht nur etwa die Hälfte des Wertes bei Hängeketten.

Abb. 8.

2. Die Differenzzüge in einem Aufhängepunkt infolge ungleichmäßig verteilter Zusatzlasten, aber bei intakten Leitern, können das Doppelte derjenigen, die bei Hängeketten auftreten, erreichen. Zu 2. ist hingegen zu bemerken, daß dieselbe ungünstigste Lastverteilung auf allen Leitern wohl als ausgeschlossen betrachtet werden darf. Für die Berechnung wird die Annahme von 2...3 ungünstigst belasteten Leitern genügen.

Falls Halbabspannungen in bestehende Leitungen eingebaut werden sollen, liegen in den fraglichen Punkten wohl ausschließlich Trag- oder Stützmasten vor, also solche, die nicht auf vollen einseitigen Zug berechnet sind. Selbstverständlich müssen diese auf die neuen ungünstigsten Kräfte hin untersucht und unter Umständen verstärkt werden.

Der Vollständigkeit halber soll noch eine letzte Möglichkeit einer Verbesserung der Verhältnisse kurz gestreift werden. Der Grundabstand läßt sich selbstverständlich auch vergrößern durch Wahl höherer Masttypen, und da können in bezug auf die Durchhänge Halbabspannungen und höhere Masten miteinander in Konkurrenz treten. Die Entscheidung für die eine oder andere Möglichkeit richtet sich in erster Linie nach dem Ergebnis eines Kostenvergleiches, und dieser ist wiederum abhängig von den Verhältnissen der Leitung (Größe der Spannweiten, Konstruktion der Masten) und kann deshalb nicht von vornherein angegeben werden. In einem besonderen Falle zeigte sich zum Beispiel, daß bei Leitungen mit großer/kleiner Leiterzahl die Halbabspannungen teurer/billiger sind als entsprechend höhere Masttypen.

Naheliegend wäre auch die Erhöhung des Ausgangseilzuges. Der Gewinn an Abstand gegen Boden ist aber, wie die Rechnung zeigt (vgl. Abb. 4), nur gering, und bei bereits erstellten Leitungen bedingt diese Lösung eine Neuregelung der in Frage kommenden Spannweiten und unter Umständen eine Verstärkung der Tragwerke.

II. Geneigte Spannfelder.

Hier sind die Verhältnisse nicht mehr so einfach wie bei den oben betrachteten ebenen Spannfeldern. Zusammenfassend kann aber gesagt werden, daß die Beweglichkeit der Aufhängepunkte stark abhängig ist von der Gesamt-Vertikalkomponente der Seilkräfte. Da die Isolatorenauslenkungen ungefähr kubisch wachsende oder abnehmende Durchhangsveränderungen hervorrufen, so können Punkte mit besonders großen Gesamt-Vertikalkomponenten als Fixpunkte, d. h. als solche ohne großen Einfluß auf die Durchhangsveränderungen angesehen werden. Anders liegen die Verhältnisse, wenn es sich um Aufhängepunkte

[3] Für die Grundlagen zur Berechnung der Kurven Abb. 4 vgl. z. Carpentier, Rev. Gén. d'El. Bd. 19, S. 108; Bourquin, Bull. SEV Bd. 14, S. 545 sowie den Aufsatz des Verfassers, ETZ 1928, S. 1181.



handelt, die beinahe in der Seillinie selbst liegen, daß also die Gesamt-Vertikalkomponente fast zu Null wird. Diese Punkte sind dann im Vergleich zu den bei ebenen Spannfeldern betrachteten sehr beweglich und haben großen Einfluß auf die Durchhangsveränderungen. In derartigen Fällen wird es sich empfehlen — besonders bei Leitungen im Gebirge, wo große Zusatzlasten zu gewärtigen sind — auch mit Rücksicht auf die geringen Abstände zwischen Seil und Ausleger den Leiter am Mast abzuspannen (vgl. Abb. 8). Jene extremen Fälle liegen aber außerhalb des Rahmens unserer Untersuchungen und müssen den Verhältnissen entsprechend für sich behandelt werden. Für alle übrigen Fälle, wo die Höhenunterschiede nicht derart groß sind, dürfen wir die in Abschn. I, 1. ... 3. gewonnenen Ergebnisse verallgemeinern.

III. Beobachtungen über Durchhangsvergrößerungen infolge ungleichmäßig verteilter Zusatzlasten.

Gerade der Winter 1928/29 mit seinen oft schweren Schneefällen hat die Erscheinungen, die hier Gegenstand unserer Untersuchungen geworden sind, in augenfälliger Weise gezeigt. Dem Verfasser sind Fälle bekannt, wo bei Leitungen mit Hängeketten einseitig verteilte Schneewalzen von über 25 cm Dmr. und dadurch verursachte Durchhangsvergrößerungen von über 6 m in Spannweiten von ungefähr 300 m festgestellt worden sind.

Die Wirkung des Buchholzschutzes bei Generatorenschäden.

Von Dr.-Ing. **Hans Schwenkhagen,** Kassel.

Übersicht. Es wird im folgenden über Versuche berichtet, bei denen an einer 3000 kW-Maschine im Kraftwerk Moabit der BEWAG Generatorenschäden möglichst naturgetreu nachgeahmt wurden, um die Wirkungsweise des neuen Buchholz-Generatorenschutzes zu untersuchen. Ausgeführt wurden Windungschlüsse, Spulenschlüsse und Erdschlüsse. Der Verlauf der Versuche wird beschrieben und es wird die Schlußfolgerung gezogen, daß die Ansprechzeiten des Schutzes sich selbsttätig der Bedeutung des abzuschaltenden Fehlers anpassen und daß in allen Fällen die Auslösung so frühzeitig erfolgt, daß der Fehler auf seine Ursprungstelle beschränkt bleibt.

Die Übertragung des Grundgedankens des Buchholzschutzes für flüssigkeitsisolierte elektrische Apparate auf elektrische Einrichtungen ohne flüssige Isoliermittel hat, wie kürzlich in dieser Zeitschrift[1] mitgeteilt wurde, zur Konstruktion eines insbesondere für den S c h u t z v o n G e n e r a t o r e n bestimmten Apparates geführt. Eingehende Versuche im Laboratorium und eine mehrmonatige Erprobungszeit im Betriebe an einer 10 000 kW-Maschine berechtigten zu der Annahme, daß die neue Einrichtung für den Schutz von Generatoren bei inneren Fehlern eine ähnliche Bedeutung gewinnen könnte, wie sie der Buchholzschutz für Transformatoren[2] seit Jahren besitzt. In dem neu entwickelten Generatorenschutz wird die verschieden große Durchlässigkeit der Generatorabluft für Wärmestrahlung bei fehlerhaftem und fehlerfreiem Generator zur Einleitung der für den Schutz der Maschine erforderlichen Maßnahmen ausgenutzt. Diese Verschiedenheiten werden hervorgerufen durch den Gehalt an Zersetzungstoffen der Konstruktionsmaterialien in der Abluft, insbesondere Rauch- und Rußbestandteilen, die aus der Zerstörung von Isoliermaterial und aus Metalldämpfen der Fehlerlichtbogen herrühren.

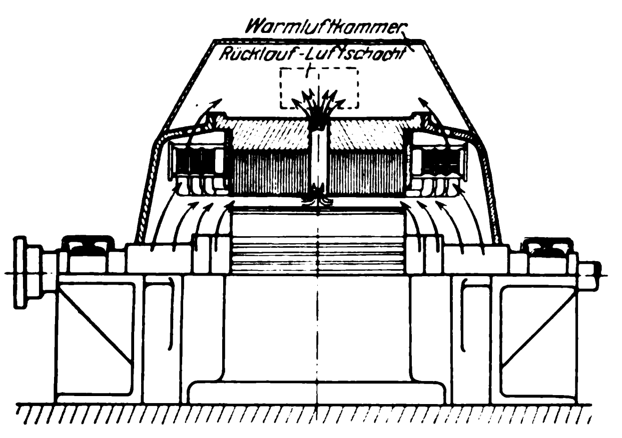
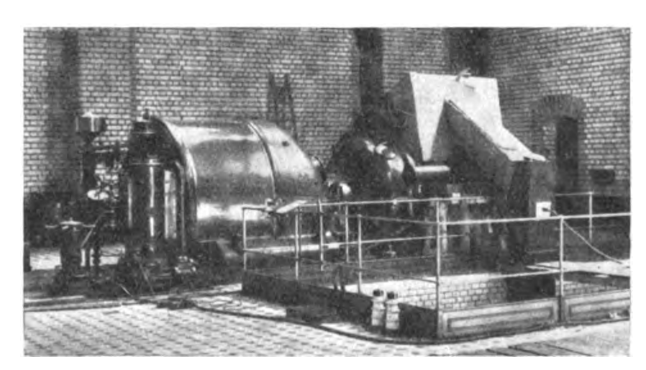


Abb. 1. Kühlluftführung in dem für die Versuche benutzten 3000 kW-Generator.

Daß die entwickelte Apparatur gut geeignet war, das Vorhandensein von Rauch in der durchströmenden Luft nachzuweisen, hatten bereits die Vorversuche einwandfrei gezeigt. Da jedoch die Verwendung der bisher nur als lästig empfundenen Zersetzungstoffe zu nützlichen Zwecken bei Generatoren noch nie in Erwägung gezogen worden war, waren naturgemäß keine Unterlagen darüber vorhanden, ob und in welchem Ausmaß wirkliche Generatorfehler mit einer Rauchentwicklung verbunden waren. Insbesondere war noch die Frage zu klären, ob die Einwirkung einer Schutzeinrichtung, die von den Zersetzungstoffen Gebrauch macht, nicht zu spät käme, um die Ausbreitung des beginnenden Fehlers in genügend engen Grenzen zu halten. Es lag deshalb der Wunsch vor, das Verhalten des Schutzes bei möglichst naturgetreu nachgeahmten Fehlern einwandfrei zu untersuchen.


Abb. 2. 3000 kW-Generator mit Versuchsaufbau.

Diese Untersuchungen konnten an einem 3000 kW-Generator für 3150 kVA mit einer Betriebspannung von 6000 V ausgeführt werden, der im Kraftwerk Moabit der BEWAG stand und nach der bevorstehenden Außerbetriebsetzung verschrottet werden sollte. Die Drehzahl des Generators betrug 1500 U/min. Betriebsmäßig entnimmt der Generator seine Frischluft ohne Zwischenschaltung eines Filters dem Kondensationskeller. Die Luft wird dem Generator von beiden Seiten aus durch Ventilatoren zugeführt. Ein Teil der Luft dient zur unmittelbaren Kühlung der Wickelköpfe und verläßt den Generator an Abluftöffnungen in der Mitte der oberen Abdeckkappen der Statorwickelköpfe. Die Hauptluftmenge passiert den Luftschlitz des Generators in axialer Richtung und wird durch einen in der Mitte liegenden, etwa 10 cm breiten Ventilationsschlitz im Stator nach außen abgeführt. Das Blechpaket des Stators sitzt in einem massiven Gußmantel, der zusätzlich mit Wasser gekühlt werden kann. Für die Versuche wurde die Luftführung des Generators in einen Kreislauf umgewandelt, um den heute mit Rücksicht auf die Verstaubung üblichen Bauarten der Kühlanlagen möglichst nahezukommen. Zu dem Zwecke wurde oberhalb des Generators aus einem mit Pappe abgedichteten Holzverschlag eine Warmluftkammer von 2½ m³ Inhalt aufgebaut, an die auch die Ausblaseöffnungen der Wickelkopf-Kühlluft angeschlossen waren. Eine schematische Darstellung der Luftführung in der Maschine und der für die Versuche neu eingebauten Warmluftkammer zeigt Abb. 1. Die Warmluftkammer wurde durch einen Holzkanal von etwa ¼ m² lichtem Querschnitt (hierfür wurde zum großen Teil die ursprünglich vorhandene Saugleitung des Generators verwendet) mit dem Ansaugstutzen der Maschine verbunden. Durch Öffnen je einer Klappe von

[1] ETZ 1929, S. 1016.
[2] ETZ 1928, S. 1257.

¼ m² Größe an der Warmluftkammer und dem Ansaugstutzen konnte der Generator auch in eine frischluftgekühlte Maschine umgewandelt werden. Ein Bild des gesamten Aufbaues der Luftführung im Generator gibt Abb. 2. Hier ist gleichzeitig zu erkennen, wie der Buchholzschutz in die Luftführung des Generators eingeschaltet wurde. Der Schutzapparat ist mit seiner Längsachse parallel zum Generator aufgestellt und erhält seine Luftzuführung durch einen am Ausgang der Warmluftkammer im Luftkanal liegenden Trichter über eine biegsame Rohrleitung von 3" l. W. und etwa 50 cm Länge. Die Abluftöffnung des Apparates ist durch eine zweite derartige Leitung mit der Ansaugöffnung des Generators verbunden. Durch Einbau einer Drosselklappe in die Verbindungsleitung zwischen dem Abluftstutzen des Apparates und der Saugkammer des Generators wird die Luftmenge, die den Apparat passiert, auf den normalen Wert (rd. 40 l/s) eingestellt. Die bei dem Betrieb mit Frischluftkühlung vom Generator umgewälzte Luftmenge wurde mit einem Anemometer gemessen. Sie betrug nach Messung in der Abluftöffnung 2 m³/s. Zu diesem Wert sind für die tatsächliche Kühlluftmenge noch der Luftverbrauch des Schutzapparates und die Verluste durch Undichtigkeiten der Warmluftkammer zu addieren. Die Gesamtluftmenge dürfte etwa 2,5 m³/s betragen haben.

windung durch Umhüllung mit einer 1 mm starken Lage Preßspan isoliert. Das gesamte Windungspaket liegt in einer 5 mm starken Mikanithülse. Das Wickelschema des Stators zeigt Abb. 4, wobei zu beachten ist, daß jede gezeichnete Spule 9 Windungen enthält, daß also zwischen dem Anfang jeder Spule und der Bügelverbindung zur nächsten Spule jeweils 9 Windungen liegen.

Untersucht wurde die Wirkungsweise des Schutzapparates bei

Windungschlüssen,
Spulenschlüssen und
Erdschlüssen.

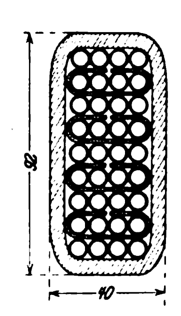


Abb. 3. Querschnittbild der Nut.

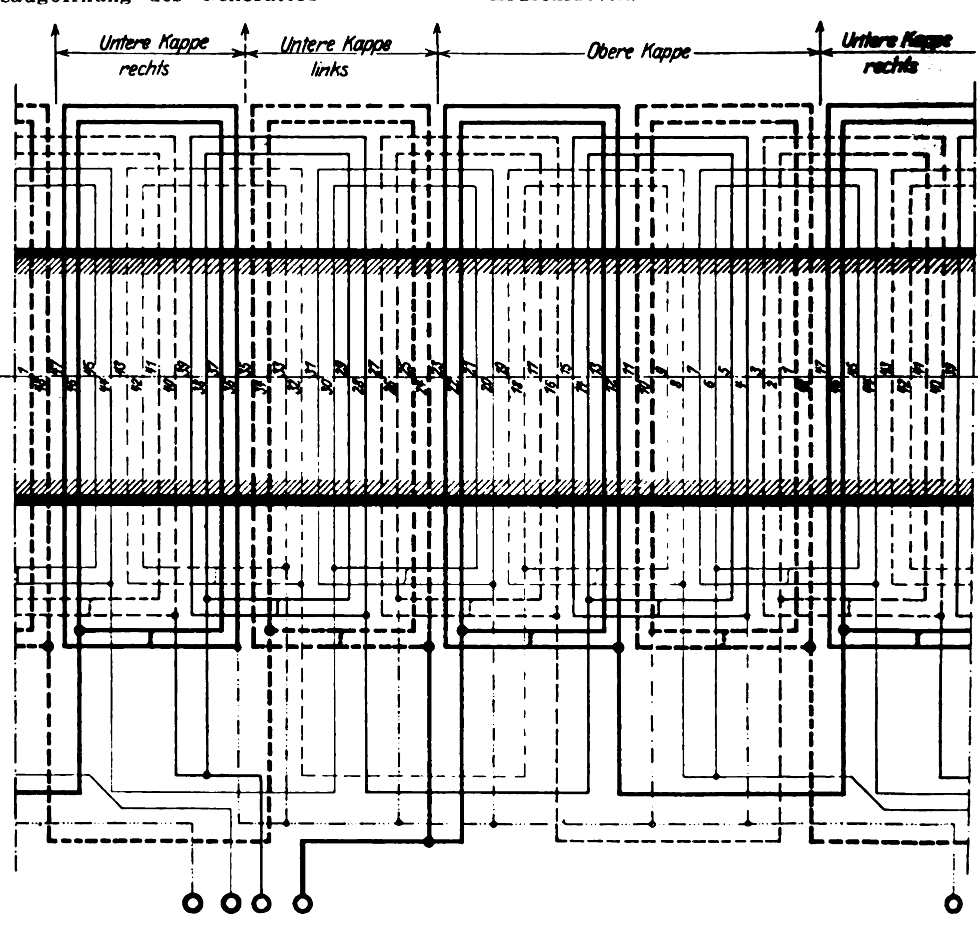


Abb. 4. Wickelschema des Stators und der Schaltverbindungen.

Für die Versuche wurde der Buchholzschutz so geschaltet, daß von ihm aus

1. eine Signallampe betätigt wurde, die sein Ansprechen am Generator selbst anzeigte, und
2. wurde parallel zu dieser Lampe die Betätigung des Kurzschlußschalters für das Feld der Erregermaschine gelegt.

Eine Schnellentregung besaß der Generator nicht. Eine Betätigung des Generatorölschalters vom Apparat aus erfolgte nicht, da der Generator bei keinem Versuch an das Netz angeschlossen war, um Rückwirkungen auf den normalen Betrieb zu vermeiden. Der für den Versuch verwendete Buchholz-Generatorschutzapparat war der gleiche, der unmittelbar vorher längere Zeit in einer ringlaufgekühlten 10 000 kW-Maschine des Städt. Elektrizitätswerkes Kassel eingebaut gewesen war. Der Apparat wurde für die Versuche auf die gleiche Empfindlichkeit eingestellt, die er dort im Betrieb gehabt hatte und bei der während der Erprobungszeit keinerlei schädliche Rückwirkungen auf den Betrieb, wie Fehlauslösungen o. dgl., aufgetreten waren.

Der für den Versuch benutzte Generator hatte 48 geschlossene Nuten. Die Wicklung des Generators bestand aus zwei parallel geschalteten Zweigen von je 36 Windungen in 1 Phase. Diese 36 Windungen sind in 4 Spulen zu je 9 Windungen unterteilt. Das Querschnittbild einer Nut zeigt Abb. 3. Jede Windung besteht aus 4 parallel geschalteten Leitern aus Rundkupfer von 5,5 mm Dmr. Der äußere Durchmesser des isolierten Leiters beträgt 6,2 mm. Jede zweite Windung ist gegen die Nachbar-

Auf die Untersuchung der Wirkungsweise des Schutzapparates bei Kurzschlüssen mußte aus Zeitmangel verzichtet werden.

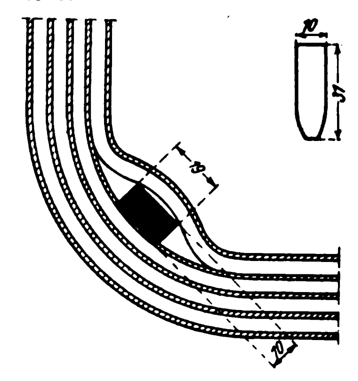


Abb. 5. Windungschluß hergestellt durch Eintreiben eines Kupferkeiles zwischen zwei Windungen.

Als erster Versuch wurde ein metallischer Windungsschluß in einer Phase dadurch hergestellt, daß an der Abbiegungstelle des Bügels der betreffenden Spule zwischen die erste und zweite Windung nach Abb. 5 ein Kupferkeil getrieben wurde. An Stelle der entfernten normalen Isolation wurde die so geschaffene Fehlerstelle mit Exzelsiorleinen neu umbandelt. Die fehlerhafte Windung war die Eingangswindung des Generators, führte also gegen Erde die größte Spannung. Bei voller Drehzahl wurde der Kurzschluß des Feldes der Erregermaschine



aufgehoben und die Erregung langsam gesteigert. Nach etwa 30 s, als die Erregung 20 A betrug, also etwa 40 % des Leerlauf-Erregerstromes, löste der Buchholzschutz bereits aus und schloß das Feld der Erregermaschine wieder kurz. Beim Öffnen des Kreislaufs unmittelbar danach war kaum Rauch zu beobachten, doch zeigte sich am Geruch deutlich, daß die Maschine fehlerhaft war. Bei der Untersuchung des Fehlers wurde festgestellt, daß die kurzgeschlossene Windung merklich erhitzt war. Abb. 6

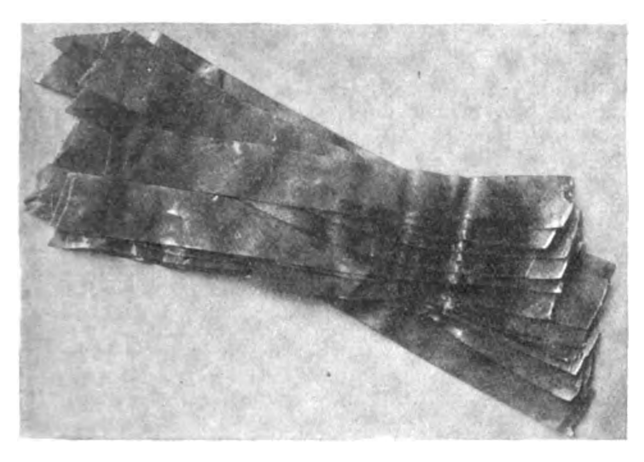


Abb. 6. Verfärbung des zur Umbandelung des Bügels benutzten Exzelsiorbandes durch Windungschluß.

zeigt die neu aufgebrachte Isolation. Es geht daraus hervor, daß nur in unmittelbarer Nachbarschaft der kurzgeschlossenen Windung das Isolationsmaterial leicht gebräunt war. Schon die dritte Lage des Isolierbandes war nicht mehr merklich angegriffen. Beim späteren Aufschneiden der für diesen Versuch benutzten Windung wurde festgestellt, daß auch auf der übrigen Länge des Leiters die ursprüngliche Isolation nur ganz geringfügig gebräunt war.

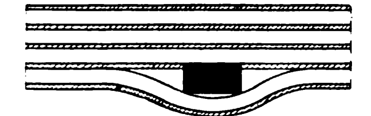


Abb. 7. Windungschluß im Bügel, hergestellt durch Kupferkeil.

Bei einem zweiten Versuch gleicher Art wurde der Keil nicht an der Biegungstelle der Leiter angebracht, sondern an einer Stelle des Bügels, wo die Leiter parallel nebeneinander laufen (Abb. 7). Kurzgeschlossen waren in diesem Fall die beiden letzten Windungen der Eingangspule. Die Erregung der Maschine wurde bei diesem Versuch nicht langsam gesteigert, es wurde vielmehr der Nebenschlußregler auf den Wert eingestellt, der der normalen Erregung entsprach. Bei voller Drehzahl der Maschine wurde dann der Kurzschluß des Feldes der Erregermaschine aufgehoben, so daß sich die Maschine selbst bis auf den gewünschten Wert erregte. Nach den Beobachtungen am Erregerstromzeiger begann unter diesen Verhältnissen die eigentliche Erregung nach etwa 6 s. Nach weiteren 4 s sprach der Buchholzschutz an. Gleichzeitig trat am Generator bläulicher Rauch in erheblicher Menge aus den Fugen und Verschalungen des Kreislaufes. Die Auslösung des Kurzschlußschalters am Magnetfeld erfolgte gegenüber dem Ansprechen des Apparates um einige Sekunden verzögert, da, wie sich nachträglich herausstellte, der Erregerschalter klemmte. Auf der Erregerseite des Generators traten vereinzelt Funken aus der Abluftöffnung aus. Um das Entstehen eines Brandes zu verhüten, wurde durch die obere Abluftöffnung an der Erregerseite mit einem Tetralöscher gelöscht.

Beim Aufnehmen des Generators zeigte sich, daß in diesem Falle nicht ein rein metallischer Windungschluß vorhanden gewesen war, sondern daß, wahrscheinlich durch die Wirkung der elektrodynamischen Kräfte, der nicht genügend fest zwischen die Leiter eingetriebene Keil einen Lichtbogen zwischen den kurzgeschlossenen Windungen eingeleitet hatte. Durch diesen Lichtbogen ist der Keil selbst geschmolzen und einige der benachbarten Leiter sind auf kurze Entfernung angegriffen. Der Lichtbogen hat von innen heraus ein Loch in die isolierende Umhüllung des Bügels gebrannt und die Bügelisolation ist von den heraustretenden Flammen oberflächlich angekohlt. Ebenso ist nach unten ein kleines Brandloch in der Bügelisolation entstanden, jedoch sind an der übrigen Isolation der Wickelköpfe keine Schäden aufgetreten. Selbst der unmittelbar unter dem beschädigten Bügel liegende zweite Bügel ist nur auf einer Fläche von etwa 4×5 mm² gering angegriffen. Andere Schäden waren nicht festzustellen. Beim Ausschneiden der Fehlerstelle zeigte sich, daß die Wicklung selbst nicht beschädigt war. Das Kupfer war nicht verfärbt und auch die Isolation an der kurzgeschlossenen Windung war nur ein wenig angeschwärzt. Die Fehlerstelle selbst ist in Abb. 8 dargestellt.

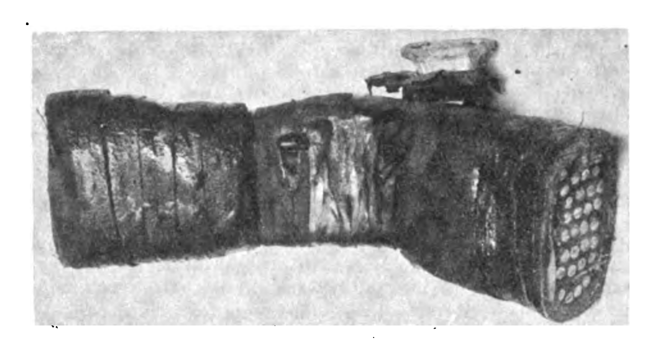


Abb. 8. Durch einen Windungschluß über Lichtbogen beschädigter Bügel.

Spulenschlüsse wurden in der Weise ausgeführt, daß zwischen Anfang und Ende je einer aus neun Windungen bestehenden Spule eine metallische Verbindung durch ein Kabelstück hergestellt wurde, das bedeutend größeren Querschnitt als die Wicklung selbst besaß. Diese Versuche wurden mehrfach mit verschiedenen Spulen ausgeführt. Z. B. wurde an der gleichen Spule nacheinander je ein Versuch ausgeführt, bei dem der Erregerstrom das eine Mal auf den Endwert von etwa 95 A eingestellt war, das andere Mal auf einen Endwert von etwa 70 A (Abb. 9). Bei voller Drehzahl wurde der Fehler dann durch Aufheben des Feldkurzschlusses sozusagen eingeleitet. Nach etwa 6 s begann der eigentliche Erregungsvorgang. Bei dem Versuch mit höherem Erregerstrom löste der Schalter nach 9 s durch den Buchholzschutz aus, als der Erregerstrom 80 A erreicht hatte. Bei dem Versuch mit schwachem Erregerstrom erfolgte die Auslösung 10 s nach Aufheben des Feldkurzschlusses bei einem Erregerstrom von etwa 65 A. In beiden Fällen wurde Rauch an der Maschine praktisch nicht sichtbar, Geruch jedoch deutlich wahrnehmbar. Irgendwelche Veränderungen in der Isolation der Spule oder der Bügel waren auch nach dem Zerschneiden der Spule nicht feststellbar.

Zwei weitere gleiche Versuche mit einer anderen Spule sollten die Verschiedenheit beim Arbeiten des Schutzes an der kreislaufgekühlten und an der frei ausblasenden Maschine zeigen. Beim Versuch mit der kreislaufgekühlten Maschine stieg die Erregung auf einen Endwert von 74 A. Nach 8,5 s sprach der Schutz an. Rauch war nicht wahrnehmbar. Bei der freiausblasenden Maschine erfolgte die Auslösung erst 19 s nach Aufheben des Feldkurzschlusses. Der Erregerstrom betrug etwa von der 10. Sekunde ab konstant 74 A. Auch hier war an der Austrittsöffnung der Maschine die Rauchdichte noch so gering, daß sie mit dem Auge kaum wahrgenommen werden konnte, doch war der Geruch naturgemäß deutlicher feststellbar. Beim Aufschneiden zeigte sich auch hier die Isolation der Spule nicht wahrnehmbar verändert.

Zwei weitere Versuche wurden noch ausgeführt, um das Verhalten des Buchholzschutzes bei Erdschluß mit geringen Stromstärken zu untersuchen. Um den Erdschluß möglichst naturgetreu einzuleiten, wurde diejenige Spule, an der der erste Versuch vorgenommen werden sollte, zunächst von der übrigen Wicklung getrennt und mit Hilfe eines Spannungswandlers nach Abb. 10 gegen Erde durchgeschlagen. Beim ersten dieser Versuche erfolgte der Durchschlag an den Bügelverbindungen gegen eine Befestigungsklaue, u. zw. unter der Fläche der Klaue bei einer Spannung von 21 kV. Die Fehlerstelle wurde anschließend noch einige Sekunden lang mit dem Strom des Spannungswandlers belastet, um sicher zu gehen, daß auch bei Betriebspannung ein Übergang erfolgen würde. Die fehlerhafte Spule wurde dann

wieder an die Wicklung angeschlossen (Abb. 11) und der Nullpunkt der Maschine über einen Trennschalter, einen Stromwandler zur Messung des Erdschlußstromes und einen Wasserwiderstand zur Begrenzung des Erdschlußstromes geerdet. Der Wasserwiderstand betrug bei 220 V Wechselspannung etwa 195 Ω, so daß, wenn man Proportionalität zwischen *E* und *I* in erster Annäherung annimmt, bei Leerlauferregung des Generators etwa 14 A Erdschlußstrom fließen konnten. Beim Hauptversuch war der Trennschalter in der Erdungsleitung des Generators zunächst geöffnet. Die Erregung wurde langsam auf ihren Leerlaufwert gesteigert. Nach einiger Zeit wurde dann der Erdungstrennschalter eingelegt. Beim Einschalten des Erdschlusses trat sofort mit dumpfem Schlag eine weißliche Rauchwolke auf der Antriebseite aus der Maschine aus, der unmittelbar eine bräunlich-gelb gefärbte Qualmwolke mit einzelnen Funken folgte. Die Zeit vom Einlegen des Erdschlußschalters bis zur Auslösung des Schalters ist unter diesen Umständen nicht genau gemessen worden. Sie kann nach den Beobachtungen höchstens 3 s betragen haben.

Auch bei diesem Versuch trat wieder ein Festklemmen des Kurzschlußschalters des Erregerfeldes auf, so daß auch nach dem Ansprechen des Buchholzschutzes der Generator noch weiter erregt war. Erst auf telephonischen Anruf wurde die Erregung abgeschaltet. Der Fehler hatte etwa 11 s länger gestanden, als er nach dem Ansprechen des Buchholzschutzes hätte bestehen dürfen. Der entstandene Brand wurde durch Einblasen von überhitztem Dampf, der von der Turbinenzuleitung entnommen war, gelöscht, u. zw. erfolgte die Dampfzufuhr schon, als die Maschine noch erregt war. Die Qualmentwicklung verstärkte sich daraufhin zunächst, hörte dann aber völlig auf. Beim Aufnehmen der Maschine zeigte sich, daß trotz des Löschens mit Dampf (die Einblasestelle ist in Abb. 2 vorn an der Umluftleitung deutlich zu erkennen) Feuchtigkeit nicht festgestellt werden konnte. Die Fehlerstelle selbst lag — entsprechend der Punktierung — an den Bügeln der Antriebseite, u. zw. war als Folge des Erdschlusses sofort ein Windungsschluß entstanden. Die hohe Lichtbogenstromstärke hatte die beiden ursprünglich betroffenen Leiter sofort abgeschmolzen und war dann auf die Nachbarleiter übergegangen, so daß fast alle Teilleiter der betreffenden Spule, z. T. auf mehrere Zentimeter Länge, abgeschmolzen waren. Durch die hohe Lichtbogentemperatur war das Isolationsmaterial des Bügels entzündet worden und auf einer Länge von etwa 20 cm auf der Bügelinnenseite abgebrannt. Trotz dieses relativ schweren Schadens infolge der nicht rechtzeitig abgeschalteten Erregung sind jedoch weder die Nachbarbügel noch der Rotor der Maschine, dem die Fehlerstelle unmittelbar zugekehrt war, angegriffen worden. Nach Auswechslung der beschädigten Spule wäre die Maschine wieder voll betriebsfähig gewesen. Die Größe des Fehlers ist natürlich in diesem Fall nicht durch das Eingreifen des Buchholzschutzes beschränkt worden, der Schaden hat sich vielmehr fast unbegrenzt auswirken können, weil der Erregerschalter versagte.

Beim zweiten Erdschlußversuch wurde eine andere Spule punktiert, wobei, wie später festgestellt wurde, der Durchschlag im Innern der Nut, etwa 5 cm von der Kante des Ventilationsschlitzes entfernt, bei 25,2 kV erfolgte. Die Schaltung hierfür war die gleiche wie in Abb. 10 dargestellt. Die Schaltung des Hauptversuches zeigt Abb. 12. Bei diesem Versuch war die beschädigte Phase allein an den Nullpunkt angeschlossen, um möglichst übersichtliche Verhältnisse zu schaffen und um an der Herstellung von Verbindungen an den Bügeln, die sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, zu sparen. Der Widerstand betrug bei diesen Versuchen etwa 160 Ω bei der Messung mit 220 V Wechselstrom. Vor Einschaltung des Erdschlußschalters wurde die Maschine zunächst etwa 10 min lang mit halber Erregung betrieben, ohne daß sich irgendwelche anormale Erscheinungen zeigten. Der Erdschlußschalter wurde dann eingelegt, ein Stromübergang erfolgte jedoch nicht. Bei geöffnetem Nullpunktschalter wurde dann die Erregung auf 40 A, also ungefähr 80 % des Leerlauferregerstromes, erhöht und der Erdungsschalter wiederum eingelegt. Nach der Ablesung am Amperemeter gingen etwa 15 A an der Fehlerstelle über. Nach 20 s wurde, ohne daß irgendwelche anormale Erscheinungen an der Maschine zu beobachten gewesen wären, aberregt, und der Erdungschalter wurde wieder geöffnet. Unmittelbar darauf wurde bei gleichem Erregungstrom wieder eingeschaltet und die Maschine in diesem Zustand 3 min 15 s lang betrieben. Auch jetzt war durchaus nichts Anormales an der Maschine durch Geruch oder Geräusch feststellbar. Die Erregung wurde deshalb auf Leerlauferregerstrom 53 A erhöht, wobei der Erdschlußstrom auf 20 A stieg. Nach etwa weiteren 20 s zeigte sich das Vorhandensein eines Fehlers am Geruch. 50 s nach Erhöhung des Stromes löste der Schutzapparat aus. Im gleichen Augenblick waren Rauchaustritt und geringer Funkenflug an den Abluftöffnungen der Erreger- und Antriebseite sichtbar. Der Erregerschalter fiel programmäßig, die Rauchentwicklung ging daraufhin zurück, gelöscht wurde nicht. Beim Aufnehmen der Maschine konnte festgestellt werden, daß die Spule, in der der Erdschluß lag, schwach erwärmt war, daß also in dieser Spule ein Windungsschlußstrom entstanden war. An der Kante des Ventilationsschlitzes befand sich in der Hülse ein Loch von etwa 10 mm Dmr., durch das Kupferperlen nach außen getreten waren. In der Spulenhülse waren, durch dieses Loch hindurch sichtbar, einige Kubikzentimeter Hohlraum entstanden. Nach Abschneiden der Bügel auf beiden Seiten des beschädigten Stabes konnte der Stab herausgezogen werden. Dabei wurde festgestellt, daß die Spule selbst, abgesehen von der Fehlerstelle an sich, nicht merklich angegriffen war. An der Fehlerstelle war durch den Windungschluß-Lichtbogen mit seiner hohen Stromstärke eine größere Menge Kupfer an den zunächst betroffenen im Grunde der Nut liegenden Windungen geschmolzen. Da der beschädigte Stab selbst in der Maschine oben lag, ist das geschmolzene Kupfer von der Fehlerstelle aus auch in die übrigen Windungen der fehlerhaften Spule hineingelaufen, hat auch hier die Isolation zerstört und weitere Windungschlüsse eingeleitet. Durch den Überdruck an der Fehlerstelle ist dann das etwa 15 cm entfernt liegende Loch in der Hülse am Ventilationsschlitz entstanden, durch das sich der Fehler Luft gemacht hat, so daß die Auslösung durch die austretenden Zersetzungsbestandteile bewirkt werden konnte. Das Eisenpaket des Generators ist, wie einwandfrei festgestellt werden konnte, überhaupt nicht angegriffen, trotzdem der Erdschlußstrom im ganzen über 4 min auf die Fehlerstelle eingewirkt hat. Es zeigten sich weder Verschmorungen noch Verfärbungen.

Diese Versuche mit Erdschluß haben, übereinstimmend mit früheren Versuchen, die in einem Prüffeld vorgenommen wurden, gezeigt, daß bei reinem Erdschluß eine Rauchentwicklung nur in sehr geringem Ausmaß

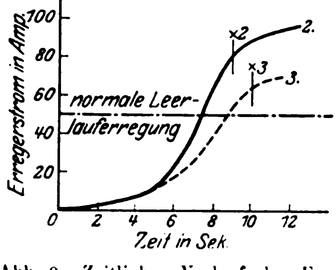


Abb. 9. Zeitlicher Verlauf des Erregerstromes bei Selbsterregung.

Abb. 10. Punktierung einer Generatorspule mit Prüfspannung.

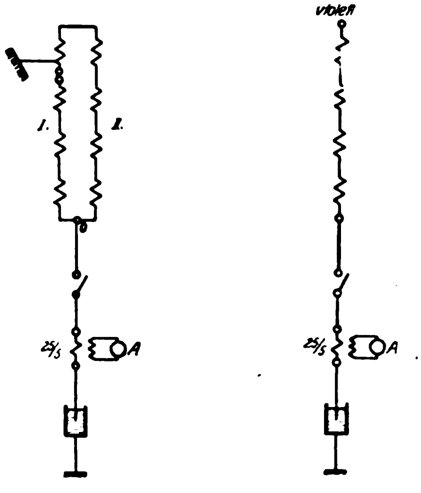


Abb. 11 u. 12. Erdschlußversuche mit begrenztem Erdschlußstrom.

eintritt. Bei diesen früheren Versuchen, die im Luftkreislauf einer 3000 kW-Maschine an behelfsmäßig angebrachten Versuchsstäben vorgenommen wurden, konnte festgestellt werden, daß bei einer Erdschlußstromstärke von 20 A der Apparat zwar kurzzeitig eine schwache Rauchentwicklung anzeigte, diese jedoch für eine Auslösung nicht genügte. Bei 40 A Erdschlußstrom dagegen erfolgte unter den gleichen Verhältnissen eine Auslösung durch den Apparat innerhalb weniger Sekunden nach dem Einschalten des Erdschlusses.

Bei einem zweiten gleichartigen Versuch mit 40 A Erdschlußstrom hatte der Apparat nicht angesprochen. Bei diesem Versuch hatte sich zwischen dem Kupferleiter und dem Eisenpaket eine metallische Brücke aus geschmolzenem Kupfer gebildet, ohne daß nennenswerte Zerstörungen an dem Isolationsmaterial aufgetreten waren.

Die Versuche mit dem Buchholz-Generatorenschutz haben gezeigt, daß der Apparat außerordentlich geringe Rauchdichte zum Ansprechen benötigt. Er arbeitet bereits bei Rauchmengen, die mit dem Auge kaum sichtbar sind. Die Versuche haben weiterhin gelehrt, daß bei ernsthaften Generatorfehlern, insbesondere in all den Fällen, in denen große Lichtbogen-Stromstärken im Innern des Generators auftreten, Rauch in sehr erheblicher Menge entwickelt wird. Die in diesen Fällen vorhandene Rauchstärke übersteigt das zur Betätigung des Apparates erforderliche Maß um ein bedeutendes Vielfaches. Allerdings wäre es sehr erwünscht, diese Ergebnisse gelegentlich auch an einer Maschine mit größerer Kühlluftmenge nachzuprüfen.

Das Ergebnis der Versuche hinsichtlich der R e c h t z e i t i g k e i t der Auslösung kann dahin zusammengefaßt werden, daß der Apparat nicht in allen Fällen in den gleich kurzen Ansprechzeiten auslöst, wie ein für den besonderen Fehlerfall eingestellter elektrischer Schutz auslösen müßte. Die Auslösezeit des Apparates paßt sich vielmehr selbsttätig dem Umfang und der Gefährlichkeit des Fehlers für den Generator in der Weise an, daß schwerwiegende Fehler in sehr kurzer Verzögerungszeit, geringfügige Fehler, bei denen eine unmittelbare Gefahr für den Bestand der Wicklung noch nicht vorhanden ist, erst nach längerer Zeit zur Auslösung führen. Sie schwankt zwischen der Mindestzeit, die die Rauchpartikelchen für die Zurücklegung des Weges von der Fehlerstelle bis zur Apparatur benötigen, bei schweren Fehlern und mehreren Minuten bei leichteren Fehlern mit geringer Wärmeentwicklung an der Fehlerstelle.

Die Auslösezeit ist aber, vom Standpunkt der Erhaltung des Generators aus gesehen, nicht so wesentlich wie vielmehr die Frage, ob innerhalb der Zeit bis zum Ansprechen des Apparates der Fehler so viel weiter um sich greift, daß eine größere Ausbesserung erforderlich wird als bei früherer Abschaltung. Für die Beurteilung des Schutzwertes des Apparates ist also in erster Linie maßgebend, daß bei k e i n e m d e r a u s g e f ü h r t e n V e r s u c h e m e h r a l s d i e j e n i g e S p u l e b e s c h ä d i g t w u r d e, i n d e r d e r F e h l e r b e g a n n. Mit der Auswechslung einer einzigen Spule, die auch bei dem geringsten Fehler nicht zu umgehen ist, wäre also in allen untersuchten Fällen der Schaden behoben gewesen. Es bliebe hier nur noch der Wunsch offen, zu untersuchen, inwieweit der Apparat bei Erdschlüssen mit h o h e n Erdschlußströmen, bei denen eine Beschädigung des Eisenpaketes eher als bei der hier verwendeten geringen Erdschluß-Stromstärke eintreten kann, rechtzeitig anspricht, um die gefürchteten Verbrennungen des Eisenpaketes zu verhindern. Die Antwort hierauf wird jedoch nicht bei versuchsmäßiger Nachahmung von Erdschlüssen mit hoher Erdschluß-Stromstärke erhalten werden können, weil die naturgetreue Nachahmung eines Hülsendurchschlages innerhalb der Nut nur in den seltensten Fällen gelingt. Überhaupt werden derartige Schädenversuche niemals den wirklichen Verhältnissen ganz gerecht werden können, weil der Fehler hierbei sich stets während der Erregungszeit ausbildet, während er sich in der Praxis stets bei voller Erregung plötzlich einstellt.

Die Versuche haben gezeigt, daß bei allen Generatorfehlern, durch die der Bestand der Wicklung gefährdet ist, insbesondere bei Windungs- und Spulenschlüssen, sowie bei Fehlern, die mit einem Lichtbogen hoher Leistung im Inneren des Generators verbunden sind, erhebliche Rauchmengen auftreten, durch die ein Ansprechen des neu entwickelten Buchholz-Generatorschutzapparates innerhalb so kurzer Zeit gewährleistet wird, daß ein Umsichgreifen der Zerstörung auf die der Ursprungstelle benachbarten Teile praktisch ausgeschlossen erscheint. Die Versuche haben fernerhin gezeigt, daß es zweckmäßig sein wird, von der Schutzeinrichtung aus außer dem Generatorölschalter und der Entregungseinrichtung auch eine Löscheinrichtung für einen etwa entstehenden Generatorbrand zu betätigen, um ein Weiterbrennen des durch den Lichtbogen in kürzester Zeit entzündeten Isoliermaterials im Kühlluftstrom des Generators zu verhindern.

Ein Meßverfahren zur Bestimmung der sekundären Streuinduktivität, der Windungsabweichung und des Leerlaufstromes von Stromwandlern.

(Mitteilung aus dem Elektrischen Prüfamt 1, Ilmenau.)

Von Dipl.-Ing. **Kurt Gocht**, Ilmenau.

Übersicht. Es wird ein Verfahren angegeben, vermittels dessen allein durch zweckentsprechende Messungen der Stromfehler und Winkelfehler eines Stromwandlers zunächst die sekundäre Reaktanz und die Windungsabweichung, anschließend die Leerlaufstrom-Charakteristik bestimmt werden können.

Im folgenden wird die Kenntnis des Diagrammes des Stromwandlers von M ö l l i n g e r und G e w e c k e[1] als bekannt vorausgesetzt. Das Diagramm gestattet die Bestimmung des Stromfehlers f % und Fehlwinkels δ (Min.) bei jeder beliebigen sekundären Belastung des Wandlers, setzt aber zur Feststellung die Kenntnis folgender Größen voraus:

a) Kenntnis der inneren sekundären Streureaktanz X_2 des Wandlers;

b) Kenntnis der sekundären Windungsabweichung $b\,\% = 100 \cdot \left(\frac{1}{\ddot{u}}\,\frac{n_2}{n_1} - 1\right)$, die dadurch entsteht, daß die sekundäre Windungszahl n_2 in der Regel um eine oder mehrere Windungen kleiner gemacht wird als dem Nennwert des Übersetzungsverhältnisses $\ddot{u}$ entspricht;

c) Kenntnis der Leerlaufstrom-Charakteristik, d. h. der Wirk- und Blindkomponente I_w und I_m des Leerlaufstroms I_0 als Funktion der sekundären Klemmenspannung E_2.

Zu a) Ein direktes Meßverfahren zur Bestimmung der sekundären Streureaktanz X_2 war bisher nicht bekannt. Es ist zwar leicht, die wirksame Reaktanz $(X_2 + X_1\,\ddot{u})$ zu messen, die Zerlegung dieses Ausdrucks in seine Glieder macht dagegen scheinbar unüberwindliche Schwierigkeiten. Möllinger und Gewecke nehmen an, daß $X_2 = X_1\,\ddot{u}$ ist. S c h e r i n g ermittelte später den wahren Wert von X_2 indirekt als Schlußglied des Möllinger-Diagramms[2], mußte aber dabei alle übrigen Bestimmungsstücke außer der Windungsabweichung, insbesondere die Leerlaufstrom-Charakteristik als bekannt voraussetzen. Er bewies durch seine Versuche, daß X_2 und $X_1\,\ddot{u}$ beträchtlich voneinander verschieden sein können. J a n v i e r s versucht in einem kürzlich veröffentlichten Aufsatz[3] die Streureaktanz durch ein graphisches Näherungsverfahren zu ermitteln; der Erfolg ist aber gering; wir konnten bei Anwendung des Verfahrens mehr als 100prozentige Abweichungen vom wahren Werte feststellen.

Zu b) Ein direktes Meßverfahren zur Bestimmung der Windungsabweichung b % am fertigen Wandler war bisher nicht bekannt. Man war darauf angewiesen, sich möglichst genaue Wicklungsdaten von der Herstellerfirma geben zu lassen und daraus b % zu errechnen oder die Windungsabweichung nach der Methode von Schering gleichzeitig mit X_2 aus dem Diagramm zu entnehmen. In der Arbeit von Janviers wird die Windungsabweichung als bekannt vorausgesetzt.

[1] M ö l l i n g e r u. G e w e c k e, ETZ 1912, S. 270.

[2] S c h e r i n g, Arch. El. Bd. 7, S. 47.

[3] W. J a n v i e r s, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 619. Vgl. das Referat auf S. 1667 dieses Heftes.



Zu c) Die Aufnahme des Leerlaufstroms I_0 bzw. seiner Komponenten I_m und I_w wird im allgemeinen mit einem Wechselstromkompensator vorgenommen. Abgesehen davon, daß das Arbeiten mit diesem Apparat umständlich und zeitraubend ist und ein gewisses Maß von Erfahrung und experimenteller Geschicklichkeit voraussetzt, hat das Verfahren auch den grundsätzlichen Nachteil, daß der Magnetisierungstrom nicht unter Last sondern im Leerlauf festgestellt wird; Schering[4] konnte allerdings aus der guten Übereinstimmung von Messungen mit den Diagrammwerten die Schlußfolgerung ziehen, daß der Betriebswert durch den Leerlaufwert ersetzt werden darf.

Nachstehend wird ein einfaches Verfahren beschrieben, vermittels dessen man ohne Kenntnis von Konstruktionsdaten unter Last allein durch zweckentsprechende Messungen der Stromfehler und Winkelfehler die Größen X_2, $b\,\%$, E_2, I_0, I_m, I_w und damit alle Bestimmungstücke des Stromwandlerdiagramms ermitteln kann.

G r u n d l a g e d e s V e r f a h r e n s.

Unter bekannten, zulässigen Vernachlässigungen läßt sich der hier in Frage kommende Teil des Stromwandlerdiagramms in Form der Abb. 1 darstellen:

f Prozentualer Stromfehler,
δ Winkelfehler in Min.,
b prozentuale Windungsabweichung,
I_0 Leerlaufstrom,
I_m Magnetisierungstrom,
I_w Wattkomponente des Leerlaufstromes,

} bezogen auf Sekundärseite. (I_0, I_m, I_w)

Dabei sind I_0, I_m, I_w, ψ Funktionen von E_2 allein. Das Diagramm stelle einen bestimmten Belastungsfall dar. Der äußere Belastungswiderstand sei induktionsfrei, so daß X_2 die Streureaktanz des Wandlers darstellt.

T e i l v e r s u c h 1: Wir vergrößern den Widerstand R_2 durch Einschaltung induktionsfreier Widerstände in den sekundären Stromkreis mehr und mehr und vermindern dabei den Strom I_2 in gleichem Verhältnis, derart, daß das Produkt $I_2 R_2$ unverändert bleibt. Dann bewegt sich der Endpunkt B des Vektors E_2 auf der Geraden AC.

T e i l v e r s u c h 2: Wir bringen eine bekannte eisenfreie Drosselspule X_a in den Belastungskreis und vergrößern dadurch die Reaktanz auf den Betrag $(X_2 + X_a)$. Ändern wir wiederum R_2 und I_2 derart ab, daß das Produkt $I_2 R_2$ den alten Wert behält, dann bewegt sich der Endpunkt des Vektors E_2 wiederum auf der Geraden AC.

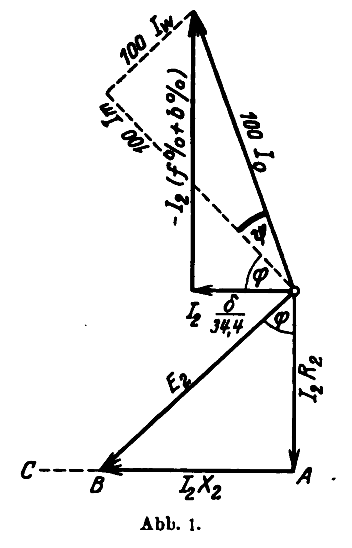


Abb. 1.

Wir nehmen zunächst an, es gäbe ein direktes Verfahren zur Messung der EMK E_2. Stellen wir für jeden Teilversuch die Funktionen $E_2 = f(R_2)$ graphisch in dem gleichen Kurvenblatt dar, so erhalten wir zwei Kurven, die in einfachster Weise gegeneinander verschoben sind: Zu gleichen Werten von E_2 gehören nämlich Widerstände R_2, die sich verhalten wie

$$\frac{R_2^{\mathrm{II}}}{R_2^{\mathrm{I}}} = \frac{X_2 + X_a}{X_2} = \text{konst.} \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

Entnehmen wir also aus beiden Kurven die zu einem bestimmten Wert von E_2 gehörigen Widerstände R_2^{I} und R_2^{II}, so errechnet sich die Streureaktanz des Wandlers aus Formel (1) zu

$$X_2 = \frac{X_a}{\dfrac{R_2^{\mathrm{II}}}{R_2^{\mathrm{I}}} - 1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Die EMK E_2 ist allerdings nicht direkt meßbar. In der beschriebenen Versuchsanordnung gehören aber zu gleichen Werten von E_2 auch gleiche Werte von φ, und damit stimmt schließlich, wie leicht einzusehen ist, das ganze Diagramm der Abb. 1 in beiden Fällen überein. Das Prinzip unseres Meßverfahrens ändert sich demnach nicht, wenn wir bei jedem Teilversuch an Stelle der unbekannten Funktion $E_2 = f(R_2)$ die Funktion $I_2\,\delta = f(R_2)$ auftragen, sofern wir den Winkelfehler δ nach einem der bekannten Verfahren gemessen haben. Die Formel (2) bleibt gültig und liefert in gleicher Weise den Wert der Streureaktanz X_2.

Die Ermittlung der Windungsabweichung $b\,\%$ beruht auf der Überlegung, daß für gleiches E_2 auch die Strecken $I_2\,(f\,\% + b\,\%)$ des Diagramms übereinstimmen. Messen wir bei jedem Teilversuch auch den Stromfehler $f\,\%$, zeichnen die beiden Kurven $I_2 f = F(R_2)$ und bestimmen die zu den oben bestimmten zusammengehörigen Widerständen R_2^{I} und R_2^{II} gehörenden Produkte $I_2^{\mathrm{I}} f^{\mathrm{I}}$ bzw. $I_2^{\mathrm{II}} f^{\mathrm{II}}$, so errechnet sich die Windungsabweichung aus der Formel $I_2^{\mathrm{I}}\,(f^{\mathrm{I}} + b) = I_2^{\mathrm{II}}\,(f^{\mathrm{II}} + b)$ zu

$$b\,\% = \frac{I_2^{\mathrm{II}} f^{\mathrm{II}} - I_2^{\mathrm{I}} f^{\mathrm{I}}}{I_2^{\mathrm{I}} - I_2^{\mathrm{II}}} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Sind erst einmal X_2 und $b\,\%$ bekannt, so liefert jede beliebige Messung des Strom- und Winkelfehlers bei bekannter äußerer Bürde einen Punkt der Leerlaufstrom-Charakteristik $I_0 = f(E_2)$ nebst dem zugehörigen Winkel ψ bzw. die Komponenten I_m und I_w. Sind nämlich R_a und X_a die Komponenten der Bürdenreaktanz, $f\,\%$ und δ (Min.) die gemessenen Fehlerwerte, I_2 der Sekundärstrom, R_{2i} der innere Ohmsche Widerstand, so wird

$$100\, I_0 = I_2 \sqrt{(f + b)^2 + \left(\frac{\delta}{34{,}4}\right)^2} \quad \ldots\ldots \quad (4)$$

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg}(\varphi + \psi) &= -\frac{(f + b)}{\dfrac{\delta}{34{,}4}} \\ \operatorname{tg}\varphi &= \frac{X_2 + X_a}{R_{2i} + R_a} \end{aligned}\right\} \text{(hieraus folgt } \psi) \quad \ldots \quad (5)$$

$$E_2 = I_2 \sqrt{(X_2 + X_a)^2 + (R_{2i} + R_a)^2} \quad \ldots \quad (6)$$

$$I_m = I_0 \sin\psi, \quad I_w = I_0 \cos\psi. \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

Man braucht also nur in bekannter Weise die Fehlerwerte $f\,\%$ und δ (Min.) z. B. bei konstanter Bürde für verschiedene Ströme aufzunehmen, so liefert die Meßreihe vermittels der Formeln (4), (5), (6) ebenso viele Punkte der Leerlaufcharakteristik wie Teilmessungen ausgeführt wurden. Damit sind alle Bestimmungstücke bekannt, um das Stromwandlerdiagramm für jeden beliebigen Belastungsfall zu zeichnen. Der Gang der Genauigkeit des Verfahrens soll an Hand eines Beispieles dargelegt werden.

B e i s p i e l.

Untersucht wurde ein Stromwandler der Koch & Sterzel AG., Klasse F, Modell TCJW III, 12,5/25/50 A zu 5 A, Nennbürde 1,2 Ω, im Meßbereich 50/5 A. Stromfehler und Winkelfehler wurden nach der Kompensationsmethode von S c h e r i n g und A l b e r t i[5] gemessen. Die Messung der Stromstärke wurde mit einem zweiten Wandler 50/5 A mit angeschlossenem Präzisions-Amperemeter vorgenommen. Der Stromwandler wurde in der üblichen Weise an die Kompensationsbrücke angeschlossen. In dem Bürdenkreis der Sekundärseite lag außer dem Sekundärnormal und den Zuleitungen ein induktionsfreier, bis 8 A belastbarer Dekaden-Kurbelwiderstand R_v für 0, 0,1, 0,2 ..., 1 Ω in seiner Nullstellung sowie eine Luftdrosselspule $R =$ 0,18 Ω, X_a = 0,52 Ω bei 50 Hz. Die Drossel konnte durch einen kräftigen Schalter überbrückt werden.

Der Sekundärstromkreis wurde nun an irgendeiner Stelle geöffnet, um nach Zwischenschaltung einer Gleichstromquelle den Gleichstromwiderstand des gesamten Kreises bestimmen zu können. Er betrug ohne Drosselspule (Spule durch Schalter überbrückt) R_2 = 0,64 Ω, mit Drosselspule (Schalter geöffnet) R_2 = 0,82 Ω.

Nach sorgfältiger Entmagnetisierung wurden dann in der Brücke folgende beide Meßreihen aufgenommen: Reihe 1 ohne Drossel (Drossel durch Schalter überbrückt), Reihe 2 mit Drossel; R_2 wurde durch Verstellen des Dekadenwiderstandes verändert; gleichzeitig wurde I_2 so abgeändert, daß das Produkt $I_2 R_2$ über beide Meßreihen hin unverändert blieb; gewählt wurde der Wert $I_2 R_2$ = konst. = 3,2.

	R_0	R_2	I_2	$f\,\%$	δ (Min)	$I_2\,\delta$	$I_2 f$
Meßreihe 1 ohne Drossel	0	0,64	5,0	+ 0,07	7,4	37,0	+ 0,350
	0,3	0,94	3,405	— 0,01	13,7	46,6	— 0,034
	0,7	1,34	2,39	— 0,105	21,1	50,5	— 0,251
Meßreihe 2 mit Drossel X_a = 0,52	0,3	1,12	2,86	— 0,30	12,65	36,2	— 0,858
	0,6	1,42	2,255	— 0,34	19,3	43,5	— 0,767
	0,9	1,72	1,860	— 0,44	25,2	46,8	— 0,818

In Abb. 2 ist $I_2\,\delta = f(R_2)$ für beide Meßreihen graphisch dargestellt. Wir suchen aus der Abbildung für

---

[4] Wie Fußnote 2.

[5] S c h e r i n g u. A l b e r t i, Arch. El. Bd. 2, S. 263. Referat ETZ 1915, S. 860.

einen beliebigen Wert von $I_2\,\delta$ die zugehörigen Werte R_2. Das Verhältnis $\frac{R_2^{II}}{R_2^{I}}$ soll dann konstant sein. So ergibt sich für $I_2\,\delta = 40$ das Wertepaar $R_2^{II} = 1{,}25$ und $R_2^{I} = 0{,}70$, woraus $\frac{R_2^{II}}{R_2^{I}} = 1{,}79$.

Für $I_2\,\delta = 45$ erhalten wir entsprechend $\frac{R_2^{II}}{R_2^{I}} = \frac{1{,}54}{0{,}86}$, was wiederum 1,79 ergibt. Somit errechnet sich die Streureaktanz des Stromwandlers nach Gl. (2):

$$X_2 = \frac{X_a}{\frac{R_2^{II}}{R_2^{I}} - 1} = \frac{0{,}52}{1{,}79 - 1} = 0{,}66\ \Omega \text{ bei } 50\text{ Hz}.$$

Zur Bestimmung der Windungsabweichung zeichnen wir die Funktion $I_2 f = F(R_2)$ für beide Meßreihen auf (Abb. 3). Nun suchen wir zu einem der oben gefundenen Widerstandswertepaare, z. B. für $R_2^{I} = 0{,}70$ und $R_2^{II} = 1{,}25$ die zugehörigen Werte $I_2 f$ auf Abb. 3 und arbeiten nach folgendem Schema:

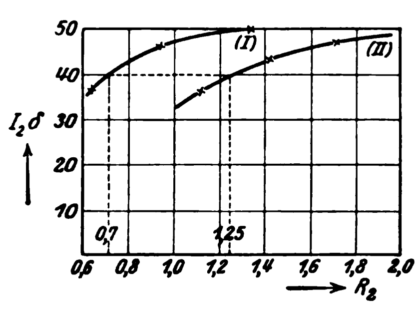


Abb. 2.

Abb. 3.

R_2	$I_2 = \frac{3{,}2}{R_2}$	$I_2 f$ aus Kurve
$R_2^{I} = 0{,}70$	$I_2^{I} = 4{,}57$	$I_2^{I} f^{I} = +0{,}21$
$R_2^{II} = 1{,}25$	$I_2^{II} = 2{,}56$	$I_2^{II} f^{II} = -0{,}79$

Dann ist nach Formel (3)

$$b = \frac{-0{,}79 - 0{,}21}{4{,}57 - 2{,}56} = -\frac{1{,}00}{2{,}01} = -0{,}497\,\%.$$

Benutzen wir das Wertepaar $R_2^{I} = 0{,}86$ und $R_2^{II} = 1{,}54$, so erhalten wir

$$b = \frac{-0{,}76 - 0{,}04}{3{,}73 - 2{,}08} = -\frac{0{,}80}{1{,}65} = -0{,}486\,\%.$$

Im Mittel ist also $b = -0{,}492\,\%$.

Bevor wir dazu übergehen, die Leerlaufcharakteristik zu bestimmen, wollen wir uns einen Überblick über die Genauigkeit der Werte X_2 und $b\,\%$ verschaffen, indem wir das Verfahren nochmals in gleicher Anordnung aber mit anderen Stromstärken, nämlich für $I_2 R_2 =$ konst. $= 4{,}48$ wiederholen. Wir erhalten:

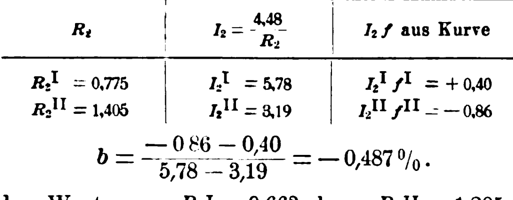
	R_0	R_2	I_2	$f\,\%$	δ (Min.)	$I_2\delta$	$I_2 f$
Meßreihe 1 ohne Drossel	0	0,64	7	+ 0,10	6,2	43,4	+ 0,70
	0,3	0,94	4,77	+ 0,03	11,8	5[illegible],3	+ 0,143
	0,7	1,34	3,34	— 0,065	18,2	60,8	— 0,217
Meßreihe 2 mit Drossel, $X_a = 0{,}52$	0,3	1,12	4,0	— 0,20	10,4	41,6	— 0,80
	0,6	1,42	3,15	— 0,275	15,9	50,1	— 0,866
	0,9	1,72	2,60	— 0,335	20,5	53,3	— 0,870

Nach Aufzeichnung der Kurven erhalten wir für

$$\left.\begin{aligned} I_2\,\delta = 50: \quad \frac{R_2^{II}}{R_2^{I}} &= \frac{1{,}405}{0{,}775} = 1{,}815 \\ I_2\,\delta = 45: \quad \frac{R_2^{II}}{R_2^{I}} &= \frac{1{,}205}{0{,}663} = 1{,}818 \end{aligned}\right\} X_2 = 0{,}64\,,$$

während wir bei dem ersten Versuch $\frac{R_2^{II}}{R_2^{I}} = 1{,}79$ sowie $X_2 = 0{,}66$ gefunden hatten.

Zur Bestimmung von $b\,\%$ erhalten wir für das Wertepaar $R_2^{I} = 0{,}775$, $R_2^{II} = 1{,}405$:



R_2	$I_2 = \frac{4{,}48}{R_2}$	$I_2 f$ aus Kurve
$R_2^{I} = 0{,}775$	$I_2^{I} = 5{,}78$	$I_2^{I} f^{I} = +0{,}40$
$R_2^{II} = 1{,}405$	$I_2^{II} = 3{,}19$	$I_2^{II} f^{II} = -0{,}86$

$$b = \frac{-0{,}86 - 0{,}40}{5{,}78 - 3{,}19} = -0{,}487\,\%.$$

Für das Wertepaar $R_2^{I} = 0{,}663$ bzw. $R_2^{II} = 1{,}205$ folgt in gleicher Weise

$$b = \frac{-0{,}82 - 0{,}64}{6{,}75 - 3{,}72} = -0{,}483\,\%.$$

Im Mittel ergibt sich also $b = -0{,}485\,\%$ gegenüber $b = -0{,}492\,\%$ beim ersten Versuch. Die Übereinstimmung zwischen den Messungen ist demnach recht gut. Im folgenden rechnen wir mit

$$X_2 = 0{,}65\,, \qquad b = -0{,}55\,\%.$$

Leerlaufcharakteristik. — Die Bestimmung der Funktion $I_0 = f(E_2)$ nebst den zugehörigen Winkeln

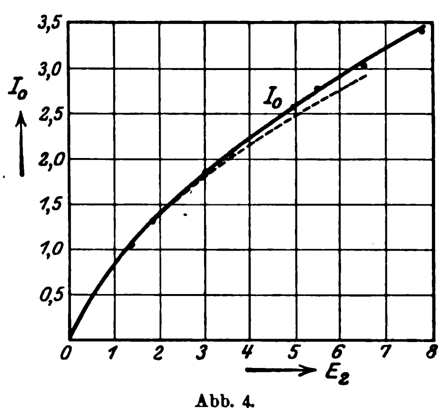


Abb. 4.

ist recht einfach, sobald X_2 und b bekannt sind. Jede beliebige Aufnahme der Fehlerwerte $f\,\%$ und δ, die bei bekannter Bürde und bekanntem Strom vorgenommen wurde, ist geeignet, einen Punkt der Charakteristik zu liefern. Die Berechnung erfolgt vermittels der Formeln (4) ... (7). Wir greifen zunächst einige unserer bisherigen Versuchswerte heraus und finden:

R_2	X_2	I_2	$f\,\%$	δ (Min.)	E_2	$100\,I_0$	ψ
1,34	0,65	2,39	—0,105	21,1	3,56	2,06	18° 45′
1,34	0,65	3,34	—0,065	18,2	4,98	2,58	21° 6′
0,94	0,65	4,77	+ 0,03	11,8	5,44	2,77	19° 7′
1,12	1,17	4,0	—0,20	10,4	6,50	3,05	20° 29′

Die Kurve kann natürlich durch Aufnahme weiterer Fehlerwerte beliebig erweitert werden. Z. B. ergibt sich für

R_2	X_2	I_2	$f\,\%$	δ (Min.)	E_2	$100\,I_0$	ψ
0,64	0,65	1,0	— 0,10	17,7	0,91	0,79	4°
		1,5	— 0,06	15,2	1,37	1,07	6° 20′
		2,0	— 0,03	13,2	1,82	1,31	8° 40′
		3,0	+ 0,02	10,5	2,74	1,71	12° 12′

In Abb. 4 haben wir alle so errechneten Punkte der Funktion $100\,I_0 = f(E_2)$ eingetragen. Sie lassen sich zwanglos zu einer Kurve verbinden.

Vermittels des Winkels ψ können dann I_m und I_w nach Gl. (7) berechnet werden.

Zum Vergleich wurden schließlich noch einige Punkte der Leerlaufstrom-Charakteristik nach der bekannten Methode mit einem Wechselstromkompensator, Bauart Krukowski, aufgenommen:

E_2	$100\,I_0$	ψ
1,82	1,35	14,4°
3,32	1,95	18,9°
5,42	2,60	22,0°

Die Kurve, die in Abb. 4 gestrichelt eingetragen ist, weicht nur sehr wenig, u. zw. bei höheren Werten von E_2 nach unten gegen die frühere ab. Ob die kleine Abweichung gesetzmäßig ist oder auf Ungenauigkeiten der Messungen zurückzuführen ist, muß durch weitere Versuche entschieden werden.

Über neue Erscheinungen im Kondensatorfelde sehr schnell schwingender Stromkreise*.

Von Dr.-Ing. K. Heinrich, Wismar, Ostsee.

Übersicht. Es werden lichtbogenartige Erscheinungen im schnellschwingenden Kondensatorfelde beschrieben, besonders die Erscheinung der frei an einem Belag brennenden Flamme, wenn der Belag als Spitze ausgebildet ist. Für diese Erscheinung wird eine Erklärung zu geben versucht.

Bildet man die Beläge eines Kondensators eines sehr schnell schwingenden Stromkreises so aus, daß ein Belag eine Platte *P* und der andere Belag ein Drahtstift *S* ist (Abb. 1), so tritt, wenn man den Stift *S* der Platte *P* genügend weit nähert, ein lichtbogenähnlicher Überschlag ein. Zieht man den Stift *S* weiter zurück, so bleibt der Überschlag bestehen. Man kann dabei sehr deutlich einen Kern *K* und eine Hülle *H* beobachten. Der Kern *K* schneidet auf der Platte *P* einen Kreisring *R* von sehr stark leuchtender hellblauer Farbe aus, während die Hülle *H* die Platte *P* nur unregelmäßig „beleckt". Bringt man auf der Platte *P* kleine, stecknadelkopfgroße Lötzinnpünktchen an, so bemerkt man, daß dieses Zinn augenblicklich schmilzt, wenn man den Kern *K* über das Zinn streichen läßt, während die Hülle *H* keine sonderliche Schmelzwirkung zeigt. Bläst man gegen diesen scheinbaren Lichtbogen, so läßt sich bei einiger Vorsicht die Hülle *H* vom Kern *K* beinahe völlig wegblasen.

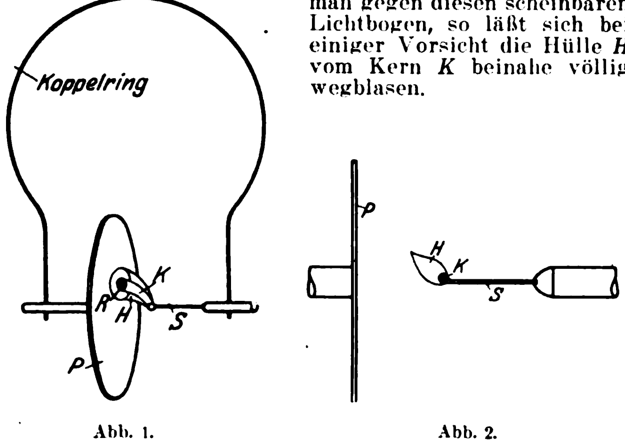


Abb. 1. Abb. 2.

Zieht man den Stift *S* weiter von der Platte *P* ab, so reißt der Lichtbogen ab und aus der Spitze des Stiftes *S* heraus brennt vollkommen frei eine Flamme, bei der wiederum Kern *K* und Hülle *H* unterschieden werden können (Abb. 2). Hält man die Spitze des Stiftes *S* bei austretender Flamme an eine Glasplatte (Abb. 3), so wird durch diese Platte unter äußerst starker Lichtentwicklung fast augenblicklich ein Loch gebohrt. Dabei ist zu beobachten, daß diese Arbeit nur von dem Kern *K* geleistet wird, die Hülle *H*, die man leicht wegblasen kann, umgibt nur lose den Kern *K*. — Bringt man weiter von unten an die Spitze des Stiftes *S* einen Glasstab (Abb. 4), so tritt bei genügender Annäherung nur der Kern *K* auf den Glasstab über, während die Hülle *H* losgelöst frei nach der Platte *P* zu nach oben brennt.

Bläst man die gesamte Flamme aus und drückt einen Glasstab oder eine Glasplatte gegen die Spitze des Stiftes *S*, so beginnt die Umgebung der Berührungsstelle bald rot zu glühen. Beim Entfernen des Glases erscheint die Flamme wieder. Isolierstoffe, wie Pertinax, Hartgummi usw., verbrennen beim Übertritt des Kernes *K* unter sehr starker Lichtentwicklung. Sie werden, ohne daß vorher die Flamme brennt, bei Berührung mit dem Stift *S* sofort entzündet.

Sobald der Kern *K* auf einen zweiten Stoff auftrifft, wird auch der Stift *S* im Spitzenteil zur Hellglut gebracht. Nähert man der Spitze Metall, etwa ein an einem Glasstab befestigtes Drahtstück, so schmelzen Drahtstück und Stift *S* unter starker Lichtentwicklung sehr schnell ab. Wird das Material des Stiftes *S* gewechselt, so ändert sich lediglich die Farbe der Hülle *H* bei freibrennender Flamme zwischen Hell- und Dunkelgelb, während der Kern *K* seine stark leuchtende hellblaue Farbe behält. Setzt man ein kleines Glaströpfchen auf die Stiftspitze, so leuchtet der Kern *K* besonders stark und die Hülle *H* tritt gesondert stichflammenartig aus.

Bei den Versuchen betrug die Spannung zwischen den Kondensatorbelägen durchschnittlich $U = 1200$ V, gemessen mit einem eigens angefertigten statischen Voltmeter, und die Schwingleistung etwa 300 W bei einer Frequenz von 10^8 Hz. Der Schwingkreis war an einen Röhrengenerator von $\lambda = 3$ m angekoppelt[1]. Die verwendete Platte hatte 10 cm Dmr., der Stift — wahlweise Kupfer, Stahl, Bronze — war 0,1 cm stark. Der größte erzielte Abstand zwischen Platte *P* und Stiftspitze bei brennender Flamme betrug 5,5 cm. Eine Glasplatte von 3 mm Dicke wurde in 1,5 s durchbohrt.

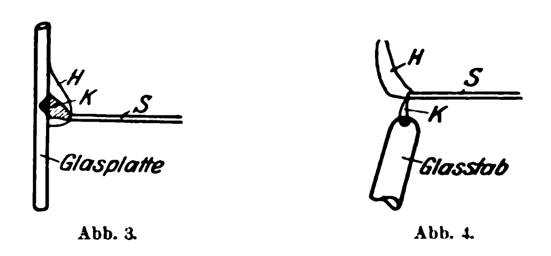


Abb. 3. Abb. 4.

Im folgenden wird versucht, eine teilweise Erklärung der Vorgänge zu finden. Bringt man an die Spitze des Stiftes *S* zwei aufeinander liegende Glasplatten, so wird nur die der Spitze zugekehrte Platte sofort durchbohrt, während erst geraume Zeit später auch die zweite Platte durchbohrt wird. Das „Bohrloch" der ersten Platte ist dabei von einem metallischen, schwarzen Belag umgeben. Bei näherer Beobachtung zeigt sich, daß dieser Belag durch die Hülle *H* hervorgerufen wird. Untersucht man den Belag, so findet man ihn aus demselben Metall wie der Stift *G* bestehend. Daraus könnte gefolgert werden, daß die Hülle *H* aus Metalldampf des Stiftes *S* besteht, der sich auf der Platte niedergeschlagen hat. In der Tat nimmt der Stift *S* auch bei frei brennender Flamme, ohne daß er glüht oder abbrennt, bei längerem Brennen ab.

Wie aber ist das „Verdampfen" des Stiftmetalls zu erklären? — Zunächst ist durch den Schwingstrom die Zahl der im Schwingkreis schwingenden Elektronen und damit auch die Zahl der von den Kondensatorbelägen in das Dielektrikum übertreten wollenden Elektronen gegeben. Ist die Stiftspitze sehr scharf, so werden an ihr unvergleichlich mehr Elektronen in das Dielektrikum übertreten wollen als von einer gleich großen Teilfläche der Platte *P*. Daher wird das Dielektrikum an der Stiftspitze stark erhitzt, u. zw. scheinbar um so mehr, je größer die Dielektrizitätskonstante ist. Diese starke punktförmige Erhitzung wirkt auf die Spitze zurück, die dadurch weißglühend wird und die Metallverdampfung bewirkt. Dadurch ist auch das Herausschießen einer Stichflamme bei einem aufgebrachten Glaströpfchen zu erklären. Diese Hülle besteht dann aus glühenden Glasteilchen, die wesentlich leichter als die glühenden Metallteilchen sind und infolgedessen eine längere Flamme liefern[2]. Nun wird aber durch das Glühen der Spitze des Stiftes *S* noch eine weitere Wirkung ausgelöst: der bekannte Vorgang in jeder Glühkathodenröhre, nur mit dem Unterschied, daß die Kathode sich selbst glühend erhält. Dann muß aber auch eine Gleichrichterwirkung in dem Schwingkreis nachweisbar sein; die Platte *P* hat in der Tat ein zwar sehr schwaches, aber deutlich ausgeprägtes positives Potential. Hat der Stift *S* von vornherein in Luft einen so großen Abstand, daß ein Überschlag nicht erfolgt, so treten zwar aus der Stiftspitze Elektronen in das Dielektrikum Luft über, aber sie erhitzen die Luft nicht so weit, daß ein Glühen eintritt. Erst wenn durch Glas oder Pertinax die Spitze zum Glühen gebracht ist, brennt denn auch in Luft die Flamme weiter. Die Metallteilchen der Hülle *H* haben dasselbe Potential wie der Stift *S*. Die Hülle *H* wird daher nach der Platte *P* neigen müssen.

* Eingeg. am 22. VI. 1929.

[1] Die gesamte Schaltanordnung entspricht der, wie sie in dem Aufsatz des Verfassers in der ETZ 1929, S. 1088 angegeben wurde.

[2] Es sei gleichzeitig auf die einschlägige Literatur über Entladungen in Gasen verwiesen.

Es wird ausdrücklich bemerkt, daß es sich nur um den Versuch einer Erklärung handelt. Die hier geschilderten Beobachtungen sollen den Anstoß für weitere Untersuchungen geben. Die Beobachtungen wurden vom Verfasser im El. Institut der St. Ing.-Akademie Wismar ausgeführt.

Zusatz bei der Korrektur[3]: Die Beobachtungen scheinen noch weitere Folgerungen zuzulassen: Es scheint so, als ob die Elektronen nur durch Nichtmetalle hindurchgehen, bei Metallen sich jedoch nur auf der Oberfläche bewegen. Bringt man Nichtmetalle in das Kondensatorfeld, so werden diese erwärmt und halten die Wärme noch eine Zeitlang nach dem Ausschalten des Schwingkreises. Bringt man Metalle in das Kondensatorfeld oder auch nur in die Nähe der Beläge, so tritt beim Berühren mit der Hand eine starke Wärmeempfindung an den berührenden Hautstellen ein, das Metall scheint heiß zu sein. Wird der Schwingkreis jedoch abgeschaltet, so ist in dem Metall keine Temperatursteigerung nachzuweisen. Die beim Anfassen des Metalls unter Betrieb stark fühlbare Hitze scheint dadurch zu entstehen, daß die sich auf der Metalloberfläche bewegenden Elektronen die berührenden Hautstellen treffen und dadurch die Wärmebildung hervorrufen.

Der Widerstand, den Nichtmetalle den Elektronen entgegensetzen, hängt von der Art des Nichtmetalls ab. Er ist auf alle Fälle größer als der Oberflächenwiderstand von Metallen. Die Elektronen werden daher bei der Wahl stets den Weg über die Metalloberfläche vorziehen.

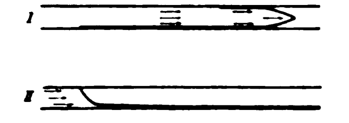
Bringt man ein Kircherol-Thermometer in ein Kondensatorfeld, so steigt dessen Säule schnell an[4]. Nähert man mit Hilfe von Seidenfäden oder einer Glasstange der Thermometerkugel ein Metallstück mit etwa denselben Abmessungen wie die der Thermometerkugel, so nimmt die Steiggeschwindigkeit der Thermometersäule sofort ab.

[3] Eingeg. am 17. X. 1929.

[4] ETZ 1929, S. 1088.

Zettelrohrposten, Förderbänder und Bandposten in Fernämtern[1].

Die Eigenart des Fernverkehrs bedingt im Gegensatz zum Ortsverkehr das Aufzeichnen der gewünschten Gesprächsverbindungen. Bei der Anmeldung eines Ferngesprächs durch einen Teilnehmer hat die Beamtin des Meldeamts auf einem Gesprächsblatt Nummer des rufenden, Ort und Nummer des verlangten Teilnehmers, Anmeldezeit usw. zu vermerken. Ferner ist beim Herstellen von Fernverbindungen unter Zusammenschaltung von zwei oder mehr Fernleitungen bei den solche Durchgangsverbindungen ausführenden Ämtern aus betrieblichen Gründen die Ausfertigung sog. Durchgangsblätter an den Fernschränken nötig. Die Gesprächsblätter werden vom Meldeamt aus den einzelnen Fernplätzen zur weiteren Erledigung der angemeldeten Verbindung zugeführt und die Durchgangsblätter im allgemeinen zwischen den einzelnen Fernplätzen ausgetauscht.



I Zettelfaltung für Rohrpost von Zwietusch & Co.
II Zettelfaltung für Rohrpost von Mix & Genest.

Abb. 1.

In kleineren Fernämtern geschieht die Beförderung der genannten Blätter von einer Dienststelle zur anderen von Hand oder durch besondere Boten. In größeren Fernämtern wird zur Erzielung einer möglichst schnellen Beförderung der Blätter an die einzelnen in Frage kommenden Arbeitsplätze, zur Ersparnis von Personalkosten und zur Betriebsverbesserung (Verminderung einer gewissen Unruhe bei der Blätterverteilung, Verringerung der Zahl der Irrläufer infolge unrichtiger Sortierung) eine Zettelrohrpost eingerichtet. Außer den oben genannten Blättern sind in größeren Fernämtern noch Auskunftsblätter zur Aufzeichnung von Anfragen und Aufträgen der Teilnehmer in bezug auf den Fernverkehr und Störungsblätter zum Vermerk von Störungen, die in den Fernleitungen oder den eigenen technischen Einrichtungen beobachtet werden, im Gebrauch, die ebenfalls den einzelnen Dienststellen durch Rohrpost zugehen.

Wesen der Zettelrohrposten. Die genannten Blätter haben in der Regel eine Länge von 140 mm und eine Breite von 60 mm. Sie werden nach Anknüffung einer sog. Fahne, d. h. ein Teil des Zettels wird am Anfang oder Ende des Zettels umgeknifft, durch Druckluft oder durch Saugluft, zu deren Erzeugung ein durch einen Elektromotor angetriebenes Gebläse dient, in rechteckig gezogenen Messingrohren von rd. 70 × 10 mm l. W. ohne Verwendung von Büchsen wie in Haus- oder Stadtrohrposten befördert. Die beiden Firmen, die für die Deutsche Reichspost Zettelrohrposten eingerichtet haben, sind E. Zwietusch & Co. G. m. b. H. und Mix & Genest AG., beide in Berlin. Jene verwendet als Fahrrohr glattes Messingrohr, diese Messingrohr mit je acht kleinen Riefen in den Breitseiten. Bei den Anlagen von Zwietusch fährt das Blatt mit einer 35 mm langen Fahne voran im Rohr, bei den Anlagen von Mix & Genest mit einer 9 mm langen Fahne am Ende (Abb. 1).

Grundsätzliche Anordnung einer Zettelrohrpostanlage. Vom Meldeamt aus gelangen die Gesprächsblätter und die Auskunftsblätter über Förderbänder oder durch Saugluftrohrpost zu einer im Fernsaal möglichst zentral anzuordnenden Rohrpost-Verteilerstelle (Abb. 2). Von hier werden sie den Fern-

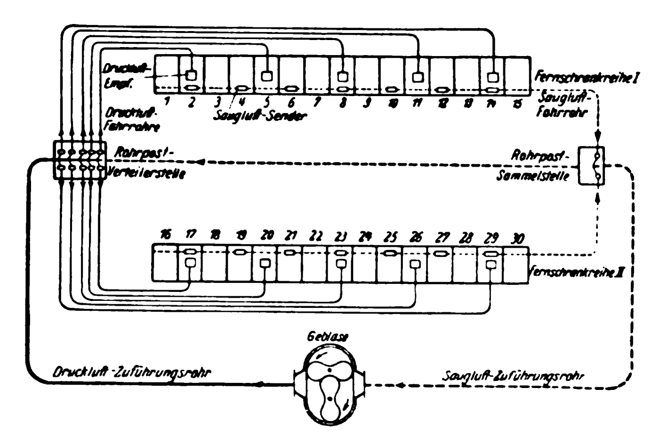


Abb. 2. Grundsätzliche Anordnung einer Zettelrohrpost mit Druckluft- und Saugluftbetrieb.

schränken in Einzelrohren durch Druckluft zugeführt; je zwei oder drei Fernplätzen ist ein gemeinsames Fahrrohr zugeordnet, das bei der Verteilerstelle mit einem Druckluftsender ausgerüstet ist und im Fernschrank in einem Drucklufttempfänger endigt. Die im Gebläse erzeugte Druckluft wird der Verteilerstelle in einem Luftrohr zugeführt, an das die Sender unter Verwendung eines Luftverteilerkastens angeschlossen sind. Die an den Fernplätzen auszufüllenden Durchgangsblätter, die Auskunftsblätter — soweit sie an diesen Plätzen mit einer Antwort zu versehen und der Auskunftsantwortstelle zuzuleiten sind — und die Störungsblätter gelangen durch Saugluftbetrieb nach einer Rohrpost-Sammelstelle. Da es sich auf diesem Wege um einen Sammelbetrieb, also um keine Einzelverteilung handelt, genügen wenige Fahrrohre, in die jeweils 6 ... 8 Saugluftsender — an jedem zweiten Fernplatz einer — eingebaut werden. An der Rohrpost-Sammelstelle mündet das Saugluftfahrrohr in einen Saugluftempfänger ein. Rohrpost-Sammelstelle und Rohrpost-Verteilerstelle stehen entweder durch ein Förderband oder u. U. durch Saugluft-Rohrpost miteinander in Verbindung, um Durchgangs-, Störungsblätter usw. zur weiteren Verteilung an die Fernplätze bzw. an die Störungsstelle der Verteilerstelle zuführen zu können. Bei älteren Anlagen sind Rohrpost-Verteilerstelle und Rohrpost-Sammelstelle vereinigt.

Technische Einrichtung für den Druckluftbetrieb. Am Druckluftsender der Verteilerstelle (Abb. 3) wird nach Einführen des Gesprächs- usw. Blatts in den Spalt O durch Betätigen der Taste T_1 eine Klappe

[1] O. Kuhn, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 17, S. 91, 170, 213, 242, 275, 309, 341, 370; Bd. 18, S. 78, 109.

K_1 geöffnet, die im Ruhezustand das vom Gebläse kommende Luftzuführungsrohr R_1 abschließt. Dadurch strömt Luft in die Kammer R_2, schließt die Öffnung $Ö$ mit der Klappe K_2 ab, wirkt auf die angekniffte Fahne des Blattes ein und treibt dieses durch das Fahrrohr bis zum Empfänger E. Durch Drücken der Taste T_1 schließt sich gleichzeitig ein Stromkreis über einen Ruhekontakt am Empfänger, wodurch der Elektromagnet M erregt wird und den als Anker ausgebildeten, mit der Luftklappe K_1 in Verbindung stehenden Hebel A angezogen hält, auch

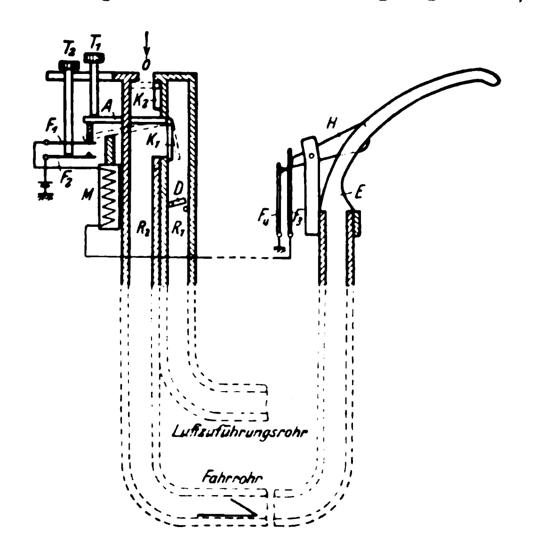


Abb. 3. Schematische Darstellung des Druckluftbetriebs.

wenn T_1 wieder losgelassen wird. Das am Empfänger ankommende Blatt streift über einen Hebel H, der den Ruhekontakt öffnet, dadurch den Stromkreis unterbricht und so den Anker A am Sender zum Abfallen bringt. Klappe K_1 schließt nunmehr die Luftzuführung ab, die Öffnung $Ö$ wird wieder freigegeben. Die Taste T_2 dient zur Unterbrechung des genannten Stromkreises, wenn T_1 versehentlich ohne Einführen eines Blatts in den Sender geschlossen worden sein sollte.

T e c h n i s c h e E i n r i c h t u n g f ü r d e n S a u g l u f t b e t r i e b. Das am Ende offene Saugluftrohr wird mit einem Luftfilter zum Reinigen der dauernd aus dem Fernsaal angesaugten Luft von Staub, Schmutzteilchen usw. versehen. Die an den Fernplätzen in das Rohr einzubauenden S a u g l u f t s e n d e r (Abb. 4) stellen im wesentlichen Klappen dar, die im Ruhezustand Ausschnitte in der oberen Breitseite des flach geführten Rohrs für das Einführen der Blätter abdecken. Beim Beschicken

schlußkappe abgedeckt, deren Drehachse sich ungefähr am unteren Ende der oberen Kammer befindet. Beide Kammern stehen durch je ein Zweigrohr mit dem zum Gebläse führenden Luftrohr in Verbindung. Die Zweigrohre können durch im Innern eingebaute Luftabsperrklappen wechselweise verschlossen werden. Im Betriebszustand schließt die Luftabsperrklappe des oberen Zweigrohrs die obere Kammer vom Luftrohr ab, die Klappe der unteren Kammer ist geöffnet, die Klappe zwischen den beiden Kammern hängt senkrecht herab, so daß beide Kammern miteinander verbunden sind. Da aus den Fahrrohren Luft angesaugt wird und auch die Verschlußklappe der unteren Kammer durch das Ansaugen geschlossen ist, werden die in die Saugluftsender eingeführten Gesprächsblätter vom Luftstrom mitgenommen, gelangen in die obere Kammer, in die das Fahrrohr mündet, und fallen in die untere Kammer gegen die Verschlußklappe. Zwei in dieser angebrachte, mit Glas oder Zellon abgedeckte Fenster gestatten die Beobachtung, ob sich Zettel in der Kammer befinden oder nicht. Zwecks Entleerung der Kammer drückt die Beamtin den in den Bildern sichtbaren Hebel nieder. Durch ein Gestänge wird das untere Zweigrohr infolge Umlegens der Luftabsperrklappe geschlossen, das der oberen Kammer geöffnet und gleichzeitig die Klappe im Innern so weit umgelegt, daß die beiden Kammern voneinander getrennt werden. Da nunmehr aus der unteren Kammer keine Luft mehr abgesaugt wird, bewegt sich die vorher schräg angezogene Verschlußklappe der unteren Kammer in eine senkrechte Lage, die Öffnung ist freigegeben und die angekommenen Blätter fallen heraus. Gelangen während dieser Zeit weiter Blätter in den Empfänger, so sammeln sie sich in der oberen Kammer. Beim Rückführen des Hebels in die Ruhelage werden die beiden Luftabsperrklappen in umgekehrter Richtung betätigt und die Trennklappe zwischen den beiden Saugkammern geht in die senkrechte Ruhelage zurück. Die inzwischen angelangten Blätter gleiten nunmehr in die untere Kammer, deren Verschlußklappe sich infolge Ansaugens der Luft wieder vor die Öffnung gelegt hat.

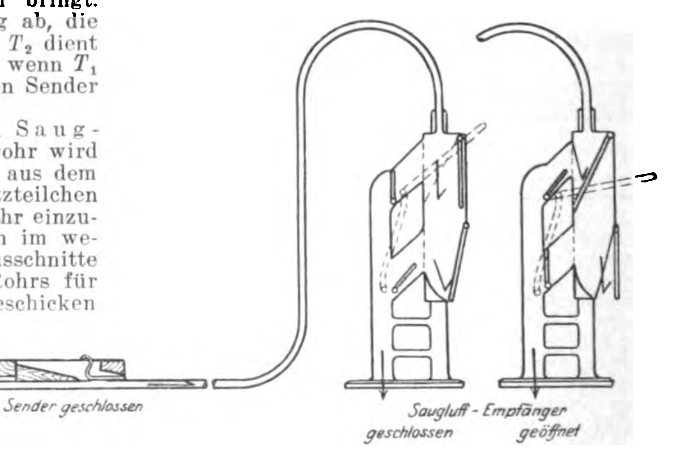


Abb. 4. Schematische Darstellung des Saugluftbetriebs mit Schleusenempfänger.

des Senders wird die Klappe hochgehoben und das Blatt von oben schräg eingeführt. Die Saugluftsender werden so in die Tischplatte der Fernschränke eingebaut, daß sie mit der Oberfläche der Platte bündig abschließen. Der S a u g l u f t e m p f ä n g e r, in dem das Fahrrohr einmündet, wird aus einem luftdicht verschlossenen, durch ein Luftzuführungsrohr mit dem Gebläse in Verbindung stehenden Metallgehäuse gebildet. Die im Saugluftstrom mitgeführten Blätter fallen in das Gehäuse und werden von ihm aus ins Freie befördert. In älteren Anlagen geschieht dies durch zwei im Innern des Gehäuses sich gegeneinander drehende, gegen die Gehäusewandungen dicht abschließende Walzen. Die Blätter werden von beiden Walzen gefaßt und fallen durch einen von zwei federnden Blechen begrenzten Spalt aus dem Gehäuse nach unten heraus (W a l z e n e m p f ä n g e r).

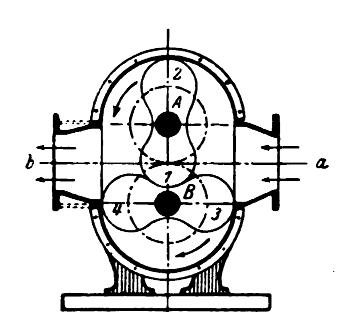
In neueren Anlagen verwendet man den in Abb. 4 dargestellten einfacheren S c h l e u s e n e m p f ä n g e r. Er besteht z. B. aus einem Metallgehäuse mit zwei übereinander befindlichen Saugkammern. Beide können durch eine im Innern befindliche umlegbare Klappe voneinander getrennt werden. Der abgeschrägte vordere Teil der unteren Kammer wird gewöhnlich durch eine Ver-

B a u a r t d e r R o h r p o s t - V e r t e i l e r s t e l l e u n d d e r R o h r p o s t - S a m m e l s t e l l e. Der Verteilertisch älterer Bauart ist mit einem Rahmen ausgerüstet, in dem die Druckluftsender bis zu sechs Reihen hintereinander und je sieben nebeneinander — insgesamt bis 42 Stück — eingebaut sind. Unterhalb der Tischplatte befindet sich der Luftverteilungskasten. An ihn sind mittels Stutzen einerseits die Sender angeschlossen, anderseits mündet in ihn das vom Gebläse kommende Zuführungsrohr für die Druckluft ein. In älteren Zettelrohrpostanlagen sind die Saugluftempfänger — in der Regel Walzenempfänger — allgemein auf dem Rohrpost-Verteilertisch mit untergebracht. Bei größeren Fernämtern mit mehr als 42 Sendern wurden Tische mit zwei oder drei Senderfeldern von Fall zu Fall beschafft.

Da sich aus der Vereinigung von Sende- und Empfangstelle aber Schwierigkeiten in der Bedienung ergaben, werden beide Stellen neuerdings getrennt voneinander angeordnet. Die neuen Verteilertische haben ein Feld zum Einbau von sieben Reihen zu je sieben, d. h. im ganzen 49 Sendern. Dies ist erfahrungsgemäß die Höchstzahl von Sendern, die eine Beamtin bedienen kann. Zu Zeiten stärksten Verkehrs ist infolge Wegfalls der Saug-

luftempfänger die Möglichkeit geschaffen, daß eine Beamtin auf der der eigentlichen Verteilerbeamtin gegenüberliegenden Tischseite Aushilfe leisten kann. Sind bei einem Amte mehr als 49 Druckluft-Fahrrohre nötig, so wird die Rohrpost-Verteilerstelle durch Aufstellen mehrerer solcher Normal-Verteilertische gebildet.

Für die Rohrpost-Sammelstelle werden in der Regel Tische in den Größenabmessungen der Meldetische verwendet, damit beide Arten von Tischen in einer Reihe aufgestellt werden können. Auf jedem Tisch finden bis zu vier Saugluftempfänger Platz. Sie werden in zwei Gruppen von je zwei Stück so aufgebaut, daß sich in der Mitte eine Mulde zur Aufnahme der ankommenden Blätter unterbringen läßt. Die einzelnen Schleusenempfänger sind an ein im Unterteil des Rohrpost-Sammeltisches endigendes, vom Gebläse kommendes Saugluftrohr angeschlossen. Die Rohrpost-Sammelstelle wird möglichst nahe der Verteilerstelle untergebracht, insbesondere in kleineren Fernämtern, damit die Beamtin dieser Stelle die ankommenden Durchgangs- usw. Blätter den Sammelmulden selbst entnehmen oder die Beamtin der an die Verteilerstelle anstoßenden Leit- oder Auskunftstelle die Empfänger mit bedienen und die Blätter der Verteilerstelle kurzer Hand hinreichen kann.



a Luft-Eintritt
b Luft-Austritt
A, B Läufer, entgegengesetzt drehend
1 ... 4 Flügel der Läufer

Abb. 5. Rootsches Gebläse für Zettelrohrposten.

Einrichtung für die selbsttätige Entleerung der Schleusenempfänger. Zur Ersparnis von Personal wird bei großen Fernämtern die Einrichtung getroffen, daß sich die Schleusenempfänger selbsttätig öffnen und die angekommenen Blätter hinausbefördern. In dem Aufsatz von O. Kuhn[2] ist die beim neuen Fernamt in Köln-Deutz angewandte Vorrichtung näher beschrieben. Die Schleusenempfänger befinden sich in zwei Reihen auf besonderen Eisenkonstruktionen. Durch Kurvenscheiben, die von einem Elektromotor in Umdrehung versetzt werden, erfolgt eine Betätigung der an den Empfängern angebrachten Hebel des Klappenumlegegestänges. Die Blätter fallen auf unterhalb der Schleusenempfänger sich bewegende Förderbänder und gelangen auf diesen zu der die weitere Verteilung vornehmenden Dienststelle. Die beiden Firmen Zwietusch & Co. und Mix & Genest haben neuerdings einfachere selbsttätige Entleerungseinrichtungen für einzelne Empfänger oder für Gruppen solcher Apparate, z. B. für die vier Empfänger eines Rohrpost-Sammeltisches, geschaffen. Bei der Einrichtung der Firma Zwietusch & Co. werden die Empfänger durch Umsteuern von Luftwegen in ihnen mittels eines elektrisch betätigten Ventils, bei der von Mix & Genest mechanisch durch eine hin- und hergehende Steuerstange geöffnet und wieder geschlossen.

Anordnung der Druckluftempfänger und der Saugluftsender in den Fernplätzen. Die Druckluftempfänger werden an den Fernschränken in das sog. Spiegelbrett, das rechtwinklig an die Tischplatte des Arbeitsplatzes anstößt, eingebaut, die Saugluftempfänger in den vorderen Teil der Tischplatte. In Fern-Doppeltischen finden beide Apparate im mittleren Teil der Tischplatte Platz, die je zwei gegenüberliegende Fernplätze voneinander trennt, in Fern-Einfachtischen in der an die Tischplatte anstoßenden waagerechten Platte.

Gebläseanlage. Das durch einen Elektromotor anzutreibende Gebläse hat aus dem Saugluft-Fahrrohrsystem Luft anzusaugen, diese zu verdichten und in das Druckluft-Fahrrohrsystem zu pressen. Der Spannungsunterschied zwischen Druck- und Saugluft beträgt je nach dem Umfang einer Zettelrohrpostanlage 750 ... 1500 mm WS. bei einer Fahrgeschwindigkeit der Blätter von 7 ... 8 m/s. Bei der Deutschen Reichspost werden vorwiegend Rootsche Gebläse (Abb. 5), seltener Kreiskolbengebläse und Turbinengebläse verwendet. Turbinengebläse arbeiten unwirtschaftlicher als jene, sie verursachen aber weniger Geräusch und gelangen daher dann zur Aufstellung, wenn die örtlichen Verhältnisse die Einrichtung des Rohrpostmaschinenraums im Kellergeschoß nicht gestatten.

[2] Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 17, wie Fußnote 1.

In kleineren und mittleren Fernämtern — bis etwa 145 Fernplätze mit 49 Druckluft-Fahrrohren — wird ein Rootgebläse von 8,8 m^3/min Leistung bei 1000 mm Wassersäule Druckunterschied und 3 PS Kraftbedarf oder ein Kreiskolbengebläse von 9,5 m^3/min bei gleichem Druckunterschied und 3,4 PS Kraftbedarf aufgestellt, in größeren Fernämtern ein Gebläse von 16,5 m^3/min und 5,4 bzw. 17,4 m^3/min und 5,9 PS. Turbinengebläse erfordern bei gleichem Druckunterschied und 8,5 m^3/min Leistung 4,5 PS bzw. bei 20 m^3/min Leistung 8 PS Kraftbedarf.

Rohrnetz. Die Luftzuführungsrohre vom Gebläse zur Rohrpoststelle sind Eisenblechrohre von 100 bis 200 mm Dmr. Zur Verminderung des Spannungsabfalls müssen sie auf kürzestem Wege geführt werden. Die Messingfahrrohre sind auf gerader Strecke in Längen von 3 ... 5 m zu verlegen. Bei Richtungsänderungen finden Bogenstücke Verwendung, u. zw. Flachbogen mit einem Halbmesser von mindestens 200 mm, Hochkantbogen mit einem solchen von mindestens 500 mm, ferner Rohrverdrehungen und u. U. Schraubenbogen. Die Verbindung der einzelnen Rohrstücke erfolgt entweder unter Verwendung von Muffen (Mix & Genest) oder in der Weise, daß das eine Ende des Rohrstücks muffenartig erweitert und der Anfang des zweiten Rohrstücks in diese Erweiterung eingeschoben wird (Zwietusch & Co.). Die Verbindungstellen werden mit Kitt gedichtet.

In die Fahrrohre werden in Abständen von 6 ... 8 m Reinigungsverschlüsse eingebaut, die im Fall von Störungen das Entfernen steckengebliebener Blätter erleichtern.

Die Fahrrohre werden in der Regel in Kanälen von rd. 150 mm Tiefe verlegt, die im Fußboden der Fernsprechsäle auszusparen sind. Die Abdeckung der Kanäle erfolgt durch aufnehmbare Holzplatten in Eisenrahmen oder Eisenblechplatten. In kleineren Ämtern werden die Rohrpostrohre u. U. vom Rohrpostverteilertisch und dem Rohrpost-Sammeltisch durch Öffnungen unmittelbar nach dem darunter befindlichen Raume geführt und an der Decke dieses Raumes in Bündeln so verlegt, daß sie durch die Decke am Ende der Fernschrankreihen wieder hochsteigen. Von hier aus können sie im unteren, rückwärtigen Teil der Fernschränke untergebracht oder in einfachen Holzkanälen auf der Bedielung hinter den Fernschränken nach den einzelnen Fernschränken geführt werden.

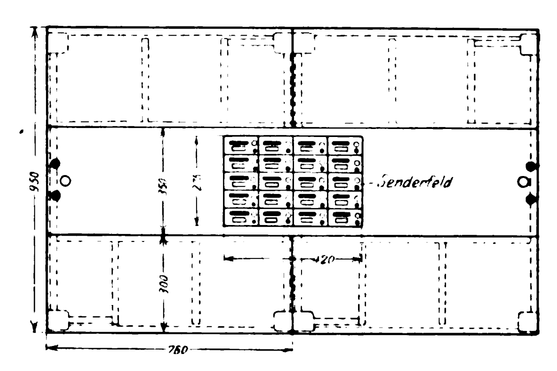


Abb. 6. Vereinfachte Zettelrohrpost von Mix & Genest.

Vereinfachte Zettelrohrposten. Zettelrohrposten der beschriebenen Art kommen aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen in Fernsprechämtern in Frage, wenn diese bei der Neueinrichtung bereits 60 oder mehr Fernplätze umfassen. In dem Bestreben, auch für Fernämter kleineren Umfangs die Vorteile einer mechanischen Blätterverteilung zu schaffen, die den Anspruch auf Wirtschaftlichkeit haben muß, sind vereinfachte Zettelrohrposten entwickelt worden. Gemeinsam ist solchen Anlagen, daß zur Ersparung einer besonderen Verteilerbeamtin die Beamtinnen des Meldeamts selbst die Versendung der Gesprächs- usw. Blätter nebenbei vornehmen. Die Firmen Zwietusch & Co. sowie Mix & Genest verwenden für vereinfachte Zettelrohrposten die Apparate usw. der vorher beschriebenen normalen Anlagen. Bei dem System von Mix & Genest wird in den Mittelteil von zwei aneinanderstoßenden Meldetischen ein Senderfeld nach Abb. 6, aufnahmefähig für 4 × 5 Sender, eingebaut.

Zwietusch & Co. fügen zwischen je zwei Meldetischen einen schmalen Verteilertisch für insgesamt $3 \times 7 = 21$ Sender ein, so daß diese den benachbarten vier Meldebeamtinnen erreichbar sind.

Bei der von C. Aug. Schmidt Söhne in Hamburg entworfenen vereinfachten Zettelrohrpost führen bis zu 14 Fahrrohre dicht nebeneinander und hochkant verlegt unter dem mittleren Teil der Tischplatte der Meldetische entlang. Jeder Meldetisch erhält ein Senderfeld zur Aufnahme von insgesamt $2 \times 7 = 14$ Sendern. Diese bestehen im wesentlichen aus einer rechtwinklig zur Fahrrohrrichtung verschiebbaren Klappe, die einen in der Schmalseite des Rohrs angebrachten 120 mm langen und 8 mm breiten Sendeschlitz verschließt. Die Blätter sind demnach mit der langen Kante in den Sender einzuführen. Wenn ein Sender des Fahrrohrs geöffnet wird und solange sich im Rohr ein Blatt in Fahrt befindet, werden die an den übrigen Meldetischen desselben Rohrs befindlichen Sender elektromagnetisch verriegelt. Druckluft wird erst beim Betätigen eines Senders dem Fahrrohr zugeführt, u. zw. durch Ansprechen eines Ventils auf elektrischem Wege in Abhängigkeit von dem Öffnen des Senders. Die Abschaltung des Luftstromes erfolgt durch Unterbrechung eines Stromkreises am Empfänger wie bei den Rohrposten von Zwietusch & Co. sowie Mix & Genest. Zwischen den Fernplätzen und dem Meldeamt werden Durchgangsblätter usw. durch Saugluftbetrieb befördert unter Verwendung eines einfachen Saugluftemfängers. Dieser wird mit der Saugluftleitung des Gebläses durch ein Ventil in Verbindung gebracht, das ein beim Betätigen der Saugluftsender ansprechendes Zeitrelais einschaltet. Durch Einbau von Weichen in die Fahrrohre können an jedes Rohr zwei oder mehr Empfänger angeschlossen werden. Die Weichen lassen sich durch Druckknöpfe neben den Sendern auf elektrischem Wege steuern.

Bei allen vereinfachten Zettelrohrposten werden die Saugluftempfänger auf dem ersten Meldetisch angeordnet. Dessen Beamtinnen haben die Empfänger nebenbei mit zu entleeren und die ankommenden Durchgangsblätter usw. weiterzuleiten. *Sb.*

Österreichs Elektroindustrie im Jahre 1928*).

Von **E. Honigmann**, Wien.

Die im Jahre 1927 beobachtete leichte Besserung der allgemeinen wirtschaftlichen Verhältnisse hat 1928 keine besonderen Fortschritte gemacht, immerhin aber auch keine Rückschritte, wie eine Gegenüberstellung der günstigen und ungünstigen Faktoren ergibt. Gewachsen ist der Kohlenverbrauch; die inländische Erzeugung erhöhte sich um 7,9 %, die Einfuhr nur um 2 %, wozu wohl der Ausbau der Wasserkräfte und die Rationalisierung zahlreicher Betriebe beigetragen haben. Vom Bundesamt für Statistik[1] sind Erhebungen über die Jahresumsätze der bedeutendsten Industrie-Aktiengesellschaften angestellt worden, und auf seine Umfrage hat ein Viertel aller Gesellschaften, nämlich 260, die ein Drittel des gesamten österreichischen Aktienkapitals repräsentieren, die Geschäftsergebnisse der letzten drei Jahre mitgeteilt. Unter ihnen befinden sich 20 Unternehmungen aus der Gruppe „Beleuchtung, Kraft, Leitung" mit einem Kapital von 96,244 Mill S; ihre Umsätze betrugen 1925 56,045, 1926 65,421 und 1927 78,166 Mill S, sind also in recht erfreulicher Entwicklung begriffen, im Verhältnis zum Kapital allerdings, an denen anderer Branchen gemessen, niedrig. Die Ursache ist vermutlich in den hohen Anlagekosten der Stromlieferungswerke zu suchen. Die Zahl der Arbeitslosen war im Berichtsjahre noch immer sehr groß, hat sich aber doch gegen das Vorjahr etwas verringert, ebenso die der Insolvenzen, u. zw. bei den Ausgleichen um 21 %, bei den Konkursen allerdings nur um 5,5 %. Sie ist aber immer noch verhältnismäßig sehr hoch, genau so hoch wie in der uns wirtschaftlich doch so überlegenen Tschechoslowakei und sechsmal so hoch wie im Jahre 1923, knapp nach dem Aufhören der Inflation. Im Außenhandel hat sich eine Belebung insofern gezeigt, als sein Gesamtumsatz gestiegen ist, wenn auch nicht in dem Maße wie im Vorjahre. Das Passivum hat sich ein wenig gesenkt, der Ausfuhrüberschuß der Fertigfabrikate etwas gehoben, ein Zeichen, daß die Anstrengungen unserer Industrie, ihre Erzeugnisse im Ausland zu verbreiten, nicht erfolglos geblieben sind.

Von Interesse ist die Bewegung der Elektrizitätsaktien auf dem Kapitalmarkte. Während ihr Kursindex 1926 durchschnittlich nicht viel über 500 lag, setzte er im Jahre 1928 mit 762 ein und schloß im Dezember mit ungefähr der gleichen Zahl (765). Sein Tiefpunkt lag im März (678), die Spitze der Kurve im Mai (797). Im allgemeinen sind die Elektrizitätsaktien an der Börse niedriger bewertet worden als im Vorjahre, was vielleicht auf den Beschluß der Bundesbahnen, eine Pause in der Elektrisierung eintreten zu lassen, zurückzuführen ist.

Die fabrizierende Elektroindustrie gehört zweifellos zu denjenigen, die i. a. auch in der Zeit wirtschaftlicher Depression zufriedenstellende Ergebnisse erzielen konnten. Das liegt in der fast stürmischen Entwicklung begründet, die die Elektrizitätsverwertung seit dem Kriege in Österreich genommen hat. Der Ausbau der alpinen Wasserkräfte, die Errichtung eines engmaschigen Leitungsnetzes, das alle Bundesländer mit elektrischer Arbeit versorgt, die Umstellung der westlichen Bahnen vom Dampf- auf elektrischen Betrieb, der wachsende Umfang der Einrichtungen für Telephon- und Telegraphendienst, die Vergrößerung der städtischen Elektrizitätswerke, insbesondere die rasche Entwicklung des Strombedarfs der großstädtischen Bevölkerung sowie der Straßenbahnen brachten den elektrotechnischen Fabriken eine Fülle von Aufträgen, so daß man eigentlich meinen müßte, sie könnten auf eine zehnjährige Hochkonjunktur zurückblicken. Wenn das nun aber doch nur in beschränktem Maße der Fall ist, so liegt das vor allem daran, daß auch diese Fülle von Aufgaben noch immer nicht ausreicht, um die gewaltigen Anlagen unserer führenden Unternehmungen voll zu beschäftigen. Obwohl sie schätzungsweise 30 bis 40 % ihrer Erzeugung exportieren, sind ihre Werkseinrichtungen bei weitem noch nicht voll ausgenutzt. Die Konsumkraft Österreichs ist viel zu gering, und die Werbeorganisation der Fabriken mußte ihre Tätigkeit aufs äußerste anspannen, um im Umsatz und Ertrag nicht gegen die Vorjahre zurückzubleiben[2].

Das ist nicht so leicht, zumal, der allgemeinen wirtschaftlichen Depression entsprechend, die Investitionen der österreichischen Industrie nachgelassen haben. Immerhin schreitet die Elektrisierung der Betriebseinrichtungen in Industrie, Gewerbe, Verkehr, Landwirtschaft und Haushalt unaufhaltsam vorwärts. Die zunehmende Erschließung der Wasserkräfte und die Rationalisierung der allgemeinen Kraftversorgung führt zur allmählichen Umstellung von der Stromerzeugung in eigenen Anlagen zum Strombezug aus den Netzen der Großkraftwerke, wobei naturgemäß Veränderungen und Neueinrichtung elektrischer Anlagen unvermeidlich sind. Der Notwendigkeit, die Maschinen der Fabriken zu automatisieren und zu modernisieren, was vielfach auf elektrotechnischem Wege geschehen muß, kann sich bei dem heutigen scharfen Konkurrenzkampf niemand entziehen, der nicht unterliegen will. Im Berichtsjahre traten dabei als Arbeitgeber für die Elektroindustrie hervor die Papierfabriken, die eisenverarbeitenden und chemischen Industrien, die Holz- und Automobilindustrie, aber auch kleinere Fabriken und Gewerbetreibende, die durch intensive und geschickte Propaganda mit den Vorzügen des elektrischen Betriebes vertraut gemacht worden waren, zählen zur ständigen Kundschaft der elektrotechnischen Unternehmungen. Gewisse Spezialitäten, wie Werkzeugmaschinenantriebe, Transport- und Verladeanlagen, Aufzüge, geben gut zu tun. Die elektrische Dampf- und Warmwassererzeugung, auch die industrielle Elektroheizung, setzten sich immer mehr durch; die Einrichtung elektrischer Schweißanlagen nimmt mit der Vervollkommnung der dafür konstruierten Maschinen ebenfalls dauernd zu. Die Fortschritte der Lichttechnik tragen dazu bei, das allgemeine Lichtbedürfnis zu erhöhen, die Beleuchtungsanlagen zu erweitern und zu verbessern, die Installationstätigkeit anzuregen und den Absatz an Lampen und Leuchtkörpern zu steigern. Auch verschiedene neuartige sinnreiche Spezialanlagen für Bühnenbeleuchtung dürfen nicht unerwähnt bleiben. Neben dem Absatz im Inlande wurde der Export von sämtlichen Fabrikationsfirmen eifrig gepflegt. Aber außer dem außer-

* Vgl. ETZ 1928, S. 1784.

[1] Statistische Nachrichten des B. A. für Statistik Jahrg. 7, S. 36 ff.

[2] Vgl. auch ETZ 1929, S. 1284. D. S.



ordentlich scharfen Wettbewerb der in den verschiedenen Ländern neu entstandenen oder stark vergrößerten Industrien, zu dem überall derjenige Deutschlands, aber auch der Weststaaten, ja der der V. S. Amerika kommt, ist es vor allem die hochschutzzöllnerische und die heutige Handelspolitik überall beherrschende Tendenz zur Autarkie, welche uns die Eroberung und Behauptung der fremden Märkte erschwert. Trotzdem ist es der Elektroindustrie gelungen, einen erheblichen Teil ihrer Erzeugung im Auslande abzusetzen, obwohl sie häufig in der Preisstellung bis an die Grenze des überhaupt noch Möglichen zu gehen gezwungen ist. Dabei erhöhen sich die Produktionskosten von Jahr zu Jahr. Die wiederholt angekündigte Verminderung der Steuern ist ausgeblieben, die Höhe der sozialen Leistungen und die Steigerung der Gehälter und Löhne vereitelt die Bestrebungen, die Gestehungskosten durch Rationalisierung zu vermindern. Die Schwachstromindustrie hatte auch längere Zeit unter einem Streik zu leiden, der sich an Lohnkämpfe in der Metallindustrie anschloß und im Dezember zu einer Einigung führte. Die Erhöhung der Selbstkosten ist aber nur in seltenen Fällen durch bessere Verkaufspreise einzubringen.

Befriedigend liegen die Verhältnisse in der Schwachstromindustrie, die einen überwiegend großen Teil ihrer Erzeugnisse an die Post- und Telegraphenverwaltung absetzt, wobei die einzelnen Fabriken, die durchweg mit einem gewissen Kontingent an den Aufträgen beteiligt sind, mit gleichmäßigerer Beschäftigung rechnen können. Hierbei spielten die Arbeiten für die Vollautomatisierung des Wiener Fernsprechnetzes, die bald ihrem Abschluß entgegengehen, und den Ausbau des Fernkabelnetzes die Hauptrolle. Letzteres wurde an jenes der Tschechoslowakei durch ein 98 paariges Normalfernkabel angeschlossen (72,6 km von Wien bis zur Grenze Lundenburg). Die Verbindung mit Jugoslawien ist im Berichtsjahre von Wien bis Bruck a. M. durch ein 166paariges und von da bis Graz durch ein 98paariges Normalfernkabel in einer Länge von zusammen 271,5 km vollendet. Die Ferngespräche mit dem Auslande haben sich sprungweise vermehrt, aber auch der Überlandsprechverkehr im Inlande. Den Fernkabeln hat man auch die Einführung der Tonfrequenztelegraphie zu danken, die eine bedeutende Beschleunigung und Verbesserung des Telegraphenbetriebes ermöglicht, ja als Beginn einer neuen Entwicklungsperiode angesehen werden kann. Die infolge der Elektrisierung der Bundesbahnen notwendig gewordene Verkabelung der Fernmeldeleitungen zur Hintanhaltung von Störungen durch Starkstrom wurde fortgesetzt. Überlandfreileitungen sind 1928 in einer Gesamtlänge von 7284,9 km neu errichtet worden. Das Fernsprechleitungsnetz hat eine Linienlänge von 29 056, eine Leitungslänge von 773 803 km, davon 620 273 km Kabel. Der Rundfunk entwickelt sich befriedigend — die „Ravag" hat in den ersten vier Jahren ihres Bestehens rd. 20 Mill S der Volkswirtschaft zugeführt, davon allein 7,5 Mill S an Steuern und fast ebensoviel für Investitionen — ebenso die Radioindustrie; in Österreich wurden fast 0,8 Mill Röhren erzeugt, und der Export österreichischer Apparate für drahtlose Fernvermittlung ist außerordentlich bedeutend.

Die Hoffnung, daß die schweren Zeiten, welche das Installationsgewerbe seit langem durchzumachen hatte, vorüber seien, hat sich leider nicht erfüllt. Im Gegenteil wird das Jahr 1928 von den maßgebenden Vertretern dieses Gewerbes zu den ungünstigsten gerechnet, die seine Geschichte aufzuweisen hat. Es ist erklärlich, daß die allgemeine Wirtschaftslage sich in einem Erwerbszweig besonders klar widerspiegelt, der bei so vielen Einrichtungen des modernen Lebens einzugreifen hat. Vor allem wird das fast vollkommene Fehlen privater Bautätigkeit außerordentlich beklagt, und die Hoffnungen, die man auf eine größere Gesichtspunkte berücksichtigende Abänderung der Mietengesetzgebung gesetzt hat, sind arg enttäuscht worden. Der Großteil der Installateure sieht sich nach wie vor auf die Ausführung von Reparaturen und Instandhaltungsarbeiten angewiesen, z. T. auch auf den Verkauf von Haushaltungsartikeln, Beleuchtungskörpern u. dgl. Aber trotz der offenbaren Notlage des Gewerbes ist der Zudrang zu ihm nach wie vor übermäßig stark und übertrifft den Bedarf ganz bedeutend. Nach Mitteilung der Wiener Genossenschaft beträgt ihr Mitgliederstand 1762, davon 1186 in Wien selbst und 521 in Niederösterreich. Gegen 50 Konzessionäre waren unbekannten Aufenthalts, und über 200 üben das Gewerbe überhaupt nicht aus. Im Berichtsjahr wurden trotzdem 46 neue Konzessionen ausgegeben. Eine Besserung verspricht man sich von der neuen Regelung des Befähigungsnachweises, da in Zukunft Bewerber um die „Unterstufe" Konzession mit Ausnahme der Absolventen gewisser Fachschulen sich einer amtlichen Prüfung unterziehen müssen, von der es jetzt keinen Dispens mehr gibt. Besondere Anerkennung verdient, daß die Leitung der Genossenschaft der Ausbildung des Nachwuchses ihr Augenmerk mit Sorgfalt und weitschauend zuwendet. Überhaupt muß anerkannt werden, wie außerordentlich eifrig die Organisationen, in denen die Installationsfirmen sich zusammengefunden haben, bemüht sind, die schlechte Lage des Handwerks durch entsprechende Maßnahmen zu verbessern. Es sei nur an die Ausbildungskurse erinnert, um die Mitglieder mit den neuen Errungenschaften der Technik vertraut zu machen, ferner an die Beteiligung an der vom Gremium der Wiener Kaufmannschaft und der Elektroindustrie ins Leben gerufenen Schaufensterlichtwerbung, die nicht nur den lichttechnischen Fortschritt bemerkenswert gefördert, sondern vielen Elektrikern neue, gute Kunden gebracht hat.

Der Vertrieb elektrischer Erzeugnisse hat seit dem Kriege, den veränderten wirtschaftlichen und finanziellen Verhältnissen entsprechend, neue Bahnen eingeschlagen. Während des Krieges wurde die einheimische Erzeugung so ausgebaut, daß es nur noch wenige elektrotechnische Fabrikate gibt, die nicht im Inlande erhältlich wären. Die Schmälerung des Absatzgebietes durch den Verfall des alten Reiches, der Ausbau und die Neuschöpfung elektrischer Industrien in den Nachfolgestaaten, der Zwang, aus Gründen der Rationalisierung die Produktion zu vergrößern, obwohl der Absatz immer schwerer gefunden wird, nötigten auch unsere großen Unternehmungen, das Geschäft sozusagen auf allen Seiten zu machen. In ihren Zweigbureaus und Filialen stehen ihnen energische Verkaufsorganisationen zur Verfügung, Bankverbindungen und Gegengeschäfte sichern ihnen die Aufträge der anderen Industrien, die Rücksicht auf Einheitlichkeit, Konstruktion und einfache Lagerhaltung bringt ihnen als Hersteller fast aller großen Anlagen auch die Bevorzugung bei der Nachbeschaffung von Betriebs- und Ergänzungsmaterialien, ihre finanzielle Stärke ermöglicht ihnen, bei Kreditgabe oder Zielgewährung entgegenkommender zu sein als die kleineren Konkurrenzunternehmungen, die aber doch auf den Bezug mancher Artikel bei ihnen angewiesen sind, zumal einige wichtige Fabrikatgruppen, wie Glühlampen, Leitungsmaterialien, Isolierrohre, z. T. auch Porzellan kartelliert sind und ihre Erzeuger die Zwischenhändler und Konsumenten kontrollieren, Preise und Bedingungen vorschreiben können. Kein Wunder, wenn der Großhändler, wo immer er kann, ausländische Lieferanten vorzieht, bei denen er überdies oft größeren Kredit und günstigere Zahlungsbedingungen findet. Allem Anschein nach scheint aber die Blüte des Engrosgeschäftes vorüber zu sein. Anders beim Detaillisten: Immer größer wird die Zahl elektrotechnischer Einrichtungsgegenstände, zu deren Benutzung der Laie keines Installateurs mehr bedarf und die er deshalb am liebsten in offenen Geschäften kauft. Unter ihnen tun sich besonders die Radiogeschäfte hervor, und wenn auch zahlreiche Insolvenzen vorgekommen sind, haben sich doch viele ganz vortrefflich entwickeln können.

Was nun den Export anlangt, so haben die Händler mehr und mehr auf diesen früher recht einträglichen Teil ihrer Tätigkeit verzichten müssen, und die Ziffern der Handelsstatistik dürften zum großen Teil auf das Konto der Fabriken zu setzen sein. Einen Überblick über das Gesamtbild der Ein- und Ausfuhr in den letzten drei Jahren gewährt die Zahlentafel. Noch immer gehören die elektrotechnischen Erzeugnisse zu den Aktiven der österreichischen Handelsbilanz. Der Ausfuhrüberschuß belief sich im Berichtsjahr der Menge nach auf 9381 dz, dem Werte nach auf 23,411 Mill S. Im Jahre 1927 betrugen die auf Grund der definitiven statistischen Berechnungen sich ergebenden entsprechenden Ziffern 21 649 dz bzw. 24,647 Mill S. Während also im Vorjahre der Durchschnittswert eines Doppelzentners sich auf fast 2500 S belief, sank er im Berichtsjahre auf rd. 1110 S. Diese Divergenz ist so auffallend, daß man Berechnungsfehler vermuten müßte, wenn die Werte noch wie früher geschätzt und nicht auf Grund von Deklarationen festgestellt würden, die im großen und ganzen als wahrheitsgetreu angenommen werden können. So erklärt sich der Unterschied einerseits aus den Preisunterschieden zwischen Import- und Exportwaren, da i. a. aus dem Auslande mehr Qualitäts- als Massenartikel bezogen werden, die Preise aber für den Wettbewerb auf dem Weltmarkt niedrigst bemessen sein müssen, anderseits daraus, daß sich in den einzelnen Untergruppen Artikel von außerordentlich verschiedenem Handelswerte beieinander finden und das Assortiment in den einzelnen Jahren zufälligen Einflüssen unterliegt. Die gleiche Erscheinung zeigt sich auch in mitunter erstaunlichem Maße bei der Betrachtung der einzelnen Tarifpositionen, wie sie die Zahlentafel wiedergibt.

(Zahlentafel s. S. 1662).

Österreichs Ein- und Ausfuhr elektrischer Erzeugnisse i. J. 1928.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr						Ausfuhr					
		Wert in 1000 S			Menge in dz			Wert in 1000 S			Menge in dz		
		1928	1927	1926	1928	1927	1926	1928	1927	1926	1928	1927	1926
1003 ... 1006	Elektrische Maschinen und Transformatoren	13 292	9 619	9 135	17 887	11 490	10 748	14 974	10 839	10 161	31 840	25 158	22 958
1007 1009 1012	Telegraphen-, Läute-, Signal- und Eisenbahnsicherungsapparate	847	663	313	480	311	141	721	430	662	444	328	600
1008	Telephone und Mikrophone	4 078	2 824	2 636	1 312	673	498	3 796	6 202	5 315	1 395	1 429	1 569
1010	Apparate für drahtlose Fernvermittlung . .	4 203	2 101	1 333	764	326	196	7 518	6 179	5 321	2 002	1 161	1 075
1011	Röntgen- und elektromedizinische Apparate und Hilfsgeräte .	1 422	958	806	929	481	333	1 370	1 452	1 485	761	887	663
	Zwischensumme. .	10 550	6 546	5 088	3 485	1 791	1 168	13 405	14 263	12 783	4 602	3 805	3 907
1013	Elektrizitätsmeß- und Zählapparate . . .	2 728	2 132	2 295	1 101	909	911	1 973	1 570	1 944	1 010	880	1 291
1014	Bogen-, Quarz-, Quecksilberdampflampen .	170	99	103	37	43	33	467	268	242	21	26	46
					1 151	1 270	—				7 895	7 496	—
					Stück	Stück	Stück				Stück	Stück	Stück
1015	Glühlampen	2 979	3 016	3 225	2 319 652	2 497 373	3 038 152	22 919	21 039	19 901	19 921 498	18 660 934	20 389 985
1016	Röntgenröhren	118	89	225	12	11	8	167	164	246	9	7	7
	Zwischensumme. .	3 257	3 204	3 553	1 200	1 324	41	23 553	21 471	20 389	7 925	7 496	53
	Stück	—	—	—	2 319 652	2 497 373	3 038 152	—	—	—	19 921 498	18 660 934	20 389 985
1017 ... 1018	Elektrische Öfen, Heiz- und Kochapparate; Bügeleisen, elektrische Apparate und Vorrichtungen n. b. b.	10 498	10 833	9 270	9 409	9 291	6 438	11 207	7 406	6 144	16 674	10 988	9 241
1020 1021	Kabel und isolierte Drähte.	1 033	621	292	1 454	694	314	4 084	5 468	5 010	13 790	19 899	16 215
1022	Akkumulatoren . . .	331	195	163	498	368	270	676	650	556	2 067	1 707	1 648
1023	Elektrische Beleuchtungskohle .	65	60	48	97	106	75	28	88	162	45	208	553
1024	Elektroden	1 573	1 086	1 322	18 177	9 298	14 419	22	46	189	120	211	784
1025	Elektrische Kohlen, andere.	582	461	268	1 057	552	116	82	67	69	29	38	20
	Zwischensumme. .	2 220	1 607	1 638	19 331	9 956	14 610	132	201	420	194	457	1 357
1019	Isolierrohre.	567	249	198	3 499	1 578	1 116	331	314	341	2 091	2 126	2 273
1026 1027 1028	Isolations- und Montierungsbestandteile . .	2 848	2 910	2 308	13 827	14 389	11 664	400	381	1 007	879	890	998
	Gesamtsumme . .	47 324	37 916	33 940	71 691	51 790	47 280	70 735	62 563	58 755	81 072	73 439	59 941
	Davon Glühlampen Stück	—	—	—	2 319 652	2 497 373	3 028 152	—	—	—	19 921 498	18 660 934	20 389 985

Amerikanische Drehstrom-Aufzugmotoren mit Käfiganker.

Die allgemeine Bevorzugung von Käfiganker-Motoren in den V. S. Amerika hat auch zur Anwendung dieser Motorenart zum Aufzugbetrieb geführt, wobei zu beachten ist, daß die schnellfahrenden und dauernd benutzten Aufzüge der amerikanischen Wolkenkratzer besonders scharfe Anforderungen an die Motoren stellen. Die Erzielung des notwendigen Anzugsmomentes ohne übermäßige Stromaufnahme bietet keine besonderen Schwierigkeiten: man macht eben den Läuferwiderstand entsprechend hoch und nimmt den hierdurch bedingten starken Schlupf in Kauf, da ja die Zeit des Laufes mit voller Drehzahl gegenüber der Anfahrzeit ganz gering ist. Ob die unvermeidlichen Verluste während der Beschleunigungsperiode im Motor selbst oder, wie bei Schleifringmotoren, im Anlasser auftreten, ist an sich gleichgültig; es muß nur für schnelle Wärmeableitung, also gute Lüftung gesorgt werden. Bei dem Motor der Lincoln Electric. Co. wird zu diesem Zweck das Gehäuse aus elektrisch geschweißtem Stahl mit jalousieartigen Luftöffnungen hergestellt; auch der Läufer ist unter Vermeidung von Gußeisen aus geschweißtem Stahl aufgebaut, wobei ebenfalls eine sehr luftige Konstruktion erzielt wird und — was besonders wichtig ist — eine geringe Schwungmasse.

Eine gewisse Schwierigkeit besteht bekanntlich bei schnellaufenden Aufzügen in der genauen Stockwerkeinstellung beim Anhalten; bei uns wird hierfür häufig ein besonderer Hilfsmotor benutzt. In Amerika scheinen sich Motoren mit Polumschaltung einzuführen: Man benutzt die niedrige Polzahl (hohe Drehzahl) zum Anfahren und zur Fahrt und schaltet kurz vor dem Anhalten auf die hohe Polzahl (niedrige Drehzahl) um. Der Aufzug nähert sich dann ganz langsam dem gewünschten Stockwerk und kann mit größter Genauigkeit und mit geringer Beanspruchung der mechanischen Bremse angehalten werden. Als Nebenvorteil ergibt sich dann noch ein gewisser Energierückgewinn beim elektrischen Bremsen, also beim Übergang von der hohen auf die niedrige Drehzahl.

Interessante Einzelheiten über polumschaltbare Aufzugmotoren mit Käfiganker enthält ein Aufsatz von E. E. Dreese[1]. Hiernach wird als „geringe Polzahl“ 4 oder mehr, als „hohe Polzahl“ 48 oder weniger verwendet. Das Verhältnis der Polzahlen liegt zwischen 1 : 2 und 1 : 6. Der Verfasser entwickelt einige einfache Formeln, aus denen er dann folgende recht lehrreiche Zahlentafel berechnet:

Polzahlverhältnis	2	3	4	6
Gesamte kinetische Energie des Systems bei voller Geschwindigkeit	1	1	1	1
Beim Bremsen zurückgewonnene Energie	0,5	0,44	0,37	0,28
In der mechanischen Bremse verlorene Energie	0,25	0,11	0,06	0,03
Im Rotor beim Bremsen verlorene Energie	0,25	0,45	0,57	0,69
Im Rotor während eines vollen Spiels (Anfahren und Anhalten) verlorene Energie	1,25	1,45	1,57	1,69

Der deutschen Elektrotechnik bleiben technische Fortschritte dieser Art leider verschlossen, weil die meisten Elektrizitätswerke Motoren ohne Schleifringe nicht zulassen.

L. Schüler.

[1] E. E. Dreese, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 48, S. 32.



RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Über neuere Wicklungen asynchroner Wechselstrommaschinen. — Ph. Suter, Baden (Schweiz), gibt einen kurzen Überblick über neuzeitliche Wicklungsarten. Da sich offene Nuten und magnetische Keile bisher nicht durchsetzen konnten, ist man bei Niederspannung fast allgemein zur Träufelwicklung übergegangen. Weil bei dieser Wicklung die Spulen vor dem Einträufeln auf Wicklungsschablonen hergestellt werden, kommt man immer mehr von der Zwei- und Drei-Ebenen-Wicklung ab und zur „Schablonenwicklung" (Wicklung mit gleichen Spulenköpfen). Die einfache „Schablonenwicklung" macht nun bei Reparaturen Schwierigkeiten, so daß man in letzter Zeit zur „Gruppenwicklung" übergegangen ist. Das Schema dieser Wicklung ist in Abb. 1 dargestellt. Der

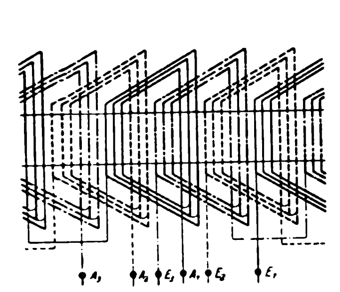


Abb. 1. Schema einer Gruppenwicklung; dreiphasig, 4 Pole, Nutzahl spezifisch 3, total 36.

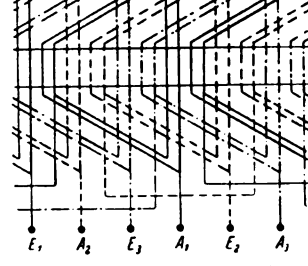


Abb. 2. Schema einer geteilten Gruppenwicklung; dreiphasig, 2 Pole, Nutzahl spezifisch 4, total 24.

Vorteil dieser Wicklung besteht, abgesehen von einer nennenswerten Kupferersparnis, in der Möglichkeit, die einzelnen Phasen gut abzuisolieren. Das Weglassen der Umbändelung der Wickelköpfe wird mit Rücksicht auf die bessere Kühlung und die heutigen vollkommenen Imprägnierungsverfahren empfohlen. Bei kleinen Polzahlen und großen Nutenzahlen für 1 Pol und 1 Phase kann man „geteilte Gruppenwicklung" anwenden (Abb. 2).

Von Wicklungen für Spannungen über 2000 V werden einige veraltete Methoden beschrieben, die hier nicht wiedergegeben werden sollen. Die wichtigste, heute wohl allgemein übliche Wicklungsmethode ist die des Einschiebens von „U-Spulen" (Halbformspulen), Abb. 3. Diese Spulen werden auf Schablonen gewickelt und mittels besonderer Isolierverfahren isoliert und mit Mikanit umfaßt. Nach dem Einschieben werden die offenen Enden zu Wickelköpfen zusammengebogen und verlötet oder verschweißt, letzteres fast stets mit elektrischen Stumpfschweißverfahren. Diese Wicklungen lohnen immer bei größeren Objekten. Für kleine Maschinen mit vielen Drähten wird immer noch gefädelte Wicklung verwendet. Bei gewöhnlichen U-Wicklungen müssen die freien Spulenenden durch doppeltes Biegen außerhalb des Nutenkreises geführt werden, mit Ausnahme der äußersten Ebene, wo auch einmaliges Biegen erfolgen kann. Diese Mängel können durch Verlegen der Verbindungsstellen (offene Wicklungsseite) zu beiden Seiten des aktiven Eisens nach Abb. 4 beseitigt werden. Die Spulen werden hier abwechselnd von beiden Seiten eingeschoben. Die Gruppenspulen werden alle gleich. Auch hier sind Reparaturen umständlich und kostspielig, da die Spulen eine Kette bilden und das Herausnehmen einer Spule das Öffnen der beiden benachbarten „Gruppenspulen" bedingt.

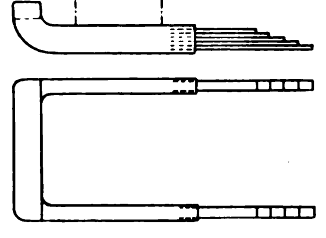
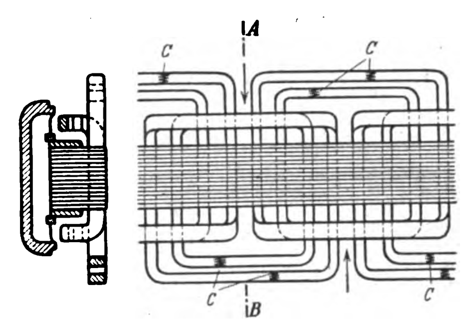


Abb. 3. U-Spule (Halbformspule), fertig zum Einschieben.

Wicklungen für mehrteilige Ständer können ohne weiteres so ausgeführt werden, daß die Trennfugen bei einer durch 4 teilbaren Polzahl (bei zweiteiligem Ständer) offen bleiben. Die bisher bekannten derartigen Wicklungen haben alle den Nachteil, daß sie in den metallischen Hüllteilen der Wickelräume erhebliche zusätzliche Verluste verursachen. Der Grund dafür ist darin zu suchen, daß die Ströme in den Wickelköpfen stets eine erhebliche tangentiale Durchflutung des Wickelraumes ergeben, während bei gewöhnlichen „Spulen"- oder „Gruppenwicklungen" diese tangentiale Komponente in jedem Augenblick null ist. Man hat Lösungen mit verkürzten oder weggelassenen überbrückenden Spulen versucht (Abb. 5), die aber eine Störung der Induktion in einzelnen Phasen bedeuten und daher im allgemeinen, zumal für Motoren, nicht empfohlen werden können. Man kann die Anzahl der nachträglich einzuwickelnden Spulen verringern, wenn man die Drei-Ebenen-Wicklung vermeidet und in solchen Fällen nur Zwei-Ebenen-Wicklung anwendet. Auch in diesem Falle muß man unter Umständen wegen des Einbringens einer Spule mehrere Spulen am Ort wickeln, sobald die auf ein Teilstück entfallende Polzahl nicht durch 4 teilbar ist. Man kann das vermeiden, wenn man neben den überbrückenden Spulen gekröpfte Spulen anwendet (Abb. 6). Die Polzahl jedes Teilstückes muß dann nur durch 2 teilbar sein.



C Verbindungsstellen

Abb. 4. U-Wicklung mit gleichen Spulen; Hälfte einer 4poligen Dreiphasenwicklung.

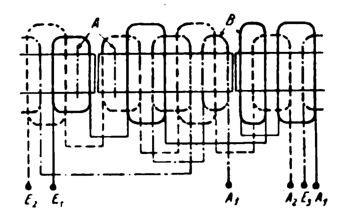


Abb. 5. Mittel zur Vermeidung nachträglicher Spulenmontage bei geteilten Blechkörpern. *A* und *B* Trennfugen. Bei *A* Weglassen der überbrückenden Gruppenspulen, bei *B* Kürzen der überbrückenden Gruppenspulen.

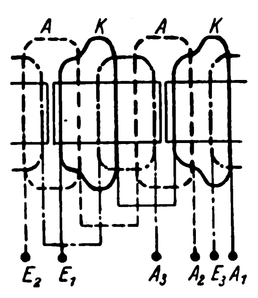


Abb. 6. Schema einer Spulenwicklung in 2 Ebenen, mit 2 gekröpften Gruppenspulen für zweiteiligen Blechkörper, dreiphasig, 4 Pole, Nutzahl spezifisch 1, total 12.

Abb. 7. Wicklungsschema eines Induktionsreglers zur Vermeidung von Phasenverschiebung zwischen ungeregelter Spannung und großem Drehmoment, dreiphasig, 2 Pole, Nutzahl spezifisch 2, total 12.

Bei Induktionsreglern treten durch die hohen Spannungen und außerordentlich hohen Stromstärken (bis 4000 A) Schwierigkeiten auf, die durch die hohen u. U. auftretenden Kurzschlußströme noch vergrößert werden. Um die außerordentlichen Kurzschlußkräfte zu beherrschen, hat die Firma Brown, Boveri & Cie. die sog.



„Ringwicklung" ausgeführt, bei der die drei oder sechs Phasen zu ringförmigen Sammelschienen geführt werden, die man mit den Spulenköpfen stets leicht abstützen kann. Hohe Spannungen beherrscht man durch Schablonenwicklung, die im Läufer in offene Nuten eingelegt werden, während im Ständer „U-Spulen" verwendet werden. Um die Phasenverschiebung der Zusatzspannung einerseits und die großen Drehmomente anderseits zu vermeiden, verwendet man Doppel-Induktionsregler. Die genannte Firma hat nach einem neuen Patent die Doppel-Induktionsregler durch einen zweiteiligen Regler ersetzt. In den in Eisenmitte angeordneten Luftspulen kreuzen sich nach Abb. 7 die Spulen zweier Phasen. Dadurch laufen die Drehfelder links und rechts dieses Luftspaltes gegensinnig. Die Wicklung ist genau dieselbe wie bei einem Doppel-Induktionsregler. (Ph. Suter, Schweiz. Techn. Z. Bd. 25, S. 73.) *F. U.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Temperatur-Überwachungsapparat. — Abb. 8 zeigt den Apparat für elektrische Öfen. Der innere Stab *a* besteht aus einem Material mit sehr geringem Ausdehnungskoeffizienten, während für das diesen Stab umgebende äußere Rohr *b* ein Material mit sehr großem Ausdehnungskoeffizienten gewählt ist. Rohr und Stab sind am unteren Ende fest miteinander verschraubt, am oberen Ende aber freispielend ineinander gelagert. Im Apparatkopf, der fest mit dem Außenrohr verbunden ist, sind zwei Kontakte angeordnet, von denen der eine vom Stab getragen wird, während der andere einstellbar mit dem Kopf verbunden ist. Die Einstellung des Apparates erfolgt mit dem außerhalb des Kopfes sitzenden Drehknopf und ist an einem Zeiger abzulesen. Die Verstellung erfolgt durch Veränderung der Federvorspannung; dadurch ist die Kontaktauslösung für jeden Temperaturpunkt innerhalb eines gewissen Meßbereiches möglich. Die Apparate werden für Temperaturen bis 300 ° und bis 1000 ° geliefert. Die Lebensdauer des exponierten äußeren Rohres, welches ersetzbar ist, erreicht nach dem Bericht bei Gebrauch zwischen 800 und 1000 ° etwa 5000 h. Über die Haltbarkeit der Kontakte werden keine weiteren Angaben gemacht bis auf die eine Bemerkung, daß der Apparat nur mit geringem Strom beschickt wird und die Schaltung des Heizstromes des Ofens über ein Relais erfolgt. Der Einstellbereich ist etwa 400 °, und der Apparat soll die Temperatur bis auf ½ ° genau zu halten gestatten. Bei dem Regler für Gasöfen ist statt des Kontaktorgans ein Scheibenventil vorgesehen, welches den Durchfluß des Gases regelt und welches durch die Differenz der Ausdehnung der mittleren Stange und des Außenrohres gesteuert wird. (Engg. Bd. 124, S. 747.) *Schö.*

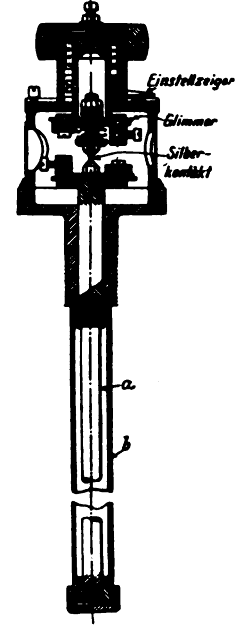


Abb. 8. Temperatur-Überwachungsapparat für elektrische Öfen.

Beleuchtung.

Die Helligkeitschwankungen an selbstregelnden Gleichstrombogenlampen. — Der Kohlennachschub bei den meisten heutigen selbstregelnden Gleichstrombogenlampen, namentlich bei den für Projektionszwecke gebauten, erfolgt diskontinuierlich. Die dadurch bedingten Helligkeitschwankungen wurden mit einer lichtelektrischen Kaliumzelle in Verbindung mit einem Saitenelektrometer registriert, während gleichzeitig die Spannung und die Stellung der positiven Kohle aufgezeichnet wurden. Untersucht wurden eine Weulelampe und zwei Lampen von Körting & Mathiesen. Die Helligkeitschwankungen variieren zwischen etwa 1 % und 8 %. Die Weulelampe hatte bei 15 A ein Schwankungsminimum von 2,5 %. Die 30 A-Lampe von Körting & Mathiesen wies etwa 1,3 %, die 8 A-Lampe etwa 5,3 % Helligkeitschwankungen auf. (A. Graf, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 60.) *Br.*

Die Bedeutung der Lichtwirtschaft für die Glühlampenindustrie. — Die Idee, den Verbraucher systematisch auf die große wirtschaftliche Bedeutung der richtiger und ausgiebiger Beleuchtung innewohnenden produktiven Kräfte hinzuweisen, hat nicht sehr lange nach der Gründung der Osram G. m. b. H., wie deren Direktor Chr. P. Jensen in einem lesenswerten Aufsatz[1] sagt, eine innere Umstellung aller am Vertrieb beteiligten Organe veranlaßt, um nicht mehr so sehr das Produkt selbst, die Glühlampe, sondern seine Leistung, das Licht, zu propagieren. So kam man zur Einführung der Lichtwirtschaft, die wirtschaftliche Probleme unter dem Gesichtswinkel der Beleuchtung behandelt. Man schuf das Lichthaus am Warschauer Platz und eine Abteilung für Lichtwirtschaft, doch zeigte sich bald die Notwendigkeit viel tiefer greifender Maßnahmen, wenn die Aufgabe mit Aussicht auf durchschlagenden Erfolg gelöst werden sollte. Zu dem Zweck schien zunächst eine Zusammenfassung aller Kräfte in nationalen Gesellschaften für Lichtwirtschaft möglich, ein Weg, der indessen vorerst wieder verlassen werden mußte. Statt dessen entstand unter der Mitarbeit der Verbände der Installateure und Beleuchtungshändler gemeinschaftlich mit der Organisation des Einzelhandels, der Dekorateur- und Reklameverbände die Zentrale der deutschen Schaufenster-Lichtwerbung, deren Erfolge — auch die Lichtfeste zahlreicher Großstädte trugen die Lichtidee in weite Kreise — 1928 zur Errichtung der Zentrale für Lichtwerbung führten. Ihr gehören die VdEW, der Reichsverband des deutschen Elektro-Installateur-Gewerbes, der Verband des Beleuchtungs- und Elektro-Einzelhandels Deutschlands und die Glühlampenindustrie an. Örtliche Elektrogemeinschaften führen nach den von dieser Zentrale aufgestellten Richtlinien gemeinschaftliche Werbeaktionen durch, ihre Erfahrungen werden sich vielleicht später auch für andere Gebiete der Elektrotechnik verwerten lassen. Nach dem Hinweis, daß kaum ein Zweig der Elektrotechnik weniger als das Elektroinstallateurgewerbe für aktive Werbung vorbereitet war, erwähnt Jensen aus der Vorgeschichte der A. F. I. das im wohlverstandenen eigenen Interesse gelegene Bestreben der deutschen Glühlampenindustrie, sich für den Vertrieb ihrer Erzeugnisse lediglich des legitimen Zwischenhandels zu bedienen, der den elektrotechnischen Großhandel, die Installateure und Beleuchtungsgeschäfte umfaßte, um diesem Zwischenhandel die erforderliche wirtschaftliche Stärkung zu geben. Aussprachen zwischen den berufenen Verbandsleitungen der Installateure und Beleuchtungskörperhändler mit der Osram-Gesellschaft hatten es als wünschenswert erscheinen lassen, gemeinschaftliche Mittel und Wege zu suchen, um Installateurgewerbe und Beleuchtungskörperhandel durch Steigerung ihres Absatzes auf verbesserter wirtschaftlicher Grundlage in ihrer Leistungsfähigkeit zu heben. Daher beschloß man die Bildung einer Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Elektro-Installateur- und Beleuchtungs-Gewerbes (A. F. I.) durch dessen Beratung und Unterstützung auf den Gebieten der Technik, der Werbung und der Wirtschaft. Über den Grundgedanken, die Ziele und die Tätigkeit der Elektrogemeinschaften ist in der ETZ schon früher berichtet worden. Eine grundsätzliche Aufklärung der umfassenden Gruppe von Verbrauchern, die sich, wie industrielle Mittel- und Großbetriebe, Verkehrsgesellschaften, Stadtverwaltungen, Kaufhäuser usw., nicht mehr durch den Elektroinstallateur bedienen lassen, sondern für Installationen meist eigene Arbeitskräfte unterhalten bzw. solche durch den Großinstallateur ausführen lassen, wird um so eher möglich sein, als hier zahlenmäßige Unterlagen darüber zur Verfügung stehen, welche Gewinne durch Vermehrung und Verbesserung des Produktionsergebnisses mit Hilfe besserer Beleuchtung in Betrieben gleicher Branche erzielt worden sind bzw. erreicht werden können. Die Bereitstellung überzeugungskräftiger Demonstrations- und Werbemittel läßt sich die Abteilung für Lichtwirtschaft angelegen sein.

„Die Lichtwirtschaft", so schließt Jensen seine Ausführungen, „hat sich ein beschleunigtes Tempo der natürlichen Steigerung des Lichtbedürfnisses zur Aufgabe gemacht. In dem Maße, in dem es ihr gelingt, ihre Ideen zum Allgemeingut werden zu lassen, wird sich diese Beschleunigung einstellen und damit automatisch ein größerer Bedarf an Glühlampen eintreten, eine weitere Verbesserung und Verbilligung des Produktes fördernd."

Leuchtdichte und Gesamtstrahlungsdichte von Wolframwendeln. — Die Frage nach der Leuchtdichte und der Gesamtstrahlungsdichte von Wolframwendeln ist nicht wie bei glattfädigen Glühkörpern durch Angabe der Temperatur eindeutig beantwortet, da sich die gegenseitige Bestrahlung der einzelnen Flächenteile des Glühkörpers je

[1] Osram-Nachrichten vom 15. IX. 1929.



nach der Ganghöhe (Steigungsfaktor) und dem Verhältnis des Wendelkerns zum Drahtdurchmesser (Kernfaktor) ändert. Um diese Größen zu bestimmen, muß man zunächst die Flächengröße der Wendelprojektion für eine Reihe von Projektionswinkeln ermitteln. Zu dem Zweck wurde eine besondere Wendelzeichenmaschine konstruiert, mit deren Hilfe über 100 Projektionen von Wendeln vom Kernfaktor 4 und 6, vier verschiedenen Steigungsfaktoren aus 11 ... 15 verschiedenen Richtungen angefertigt wurden. An jeder Projektion wurden planimetrisch für je eine Wendelganghöhe die unabgedeckte Außenseite des Drahts, die sichtbare Innenseite des Drahts und die Größe der Lücken gegenüber der Projektion der umhüllenden Zylinderfläche gleicher Höhe bestimmt. Diese Einzelwerte sind gemäß der Größe des von ihnen eingenommenen Raumwinkels zu bewerten. Daraus kann man dann die Größe der Raumwinkelprojektion einer Ganghöhe und damit der gesamten Wendel ermitteln. Bestimmt man in der Ulbrichtschen Kugel den Lichtstrom und mißt die Leistungsaufnahme beim Erhitzen im Vakuum auf gegebene Temperaturen, so lassen sich Mittelwerte für die Leuchtdichte und die Gesamtstrahlungsdichte für die betreffenden Temperaturen berechnen. Dabei sind für die Veränderungen, die durch Abkühlung an den Drahtenden entstehen, Korrekturen anzubringen. Die so ermittelten Werte wurden nachgeprüft, indem die Leuchtdichte der einzelnen Teile der Wendelfläche direkt auf photographischem Wege bestimmt wurde. Beide Wege führen zu gut übereinstimmenden Ergebnissen. Für einen Kernfaktor 4 und einen Steigungsfaktor 1,5 ergab sich, daß die Lichtstromdichte der Wolframwendel etwa 1,31mal, die Gesamtstrahlungsdichte etwa 1,40mal so groß wie von ebenen Wolframflächen ist. (G. Holst, E. Lax, E. Oosterhuis, M. Pirani, Z. techn. Phys. Bd. 9, S. 186.) *Br.*

Heizung. Öfen.

Eine Sondertagung der VdEW über elektrisches Kochen. — Am 15./16. X. hielt die Vereinigung der Elektrizitätswerke eine Sondertagung über elektrisches Kochen ab; diese bildete den Auftakt zu einem Werbekursus, der, von der Vereinigung und dem Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie in Verfolg des Programms der „Gemeinschaftswerbung" veranstaltet, bis zum 19. X. dauerte. Der Vorsitzende und der Verwaltungsdirektor der VdEW legten in ihren die einzelnen Vorträge umrahmenden Ausführungen etwa folgende Gedankengänge dar: Die Tagung werde in keiner Weise eine Kampfstellung gegenüber dem Gas einnehmen, betont aber müsse doch werden, daß die alte These „Licht und Kraft der Elektrizität, die Wärme dem Gas" heute nicht mehr aufrecht zu halten sei. Die Vereinigung werde Bestrebungen nicht unterstützen, die darauf abzielen, das Gas aus den Haushaltungen und Gewerben, in denen es einmal eingeführt sei, gewaltsam zu verdrängen, müsse aber Sorge tragen, daß in allen Neubauten und Neuanlagen der Elektrizität der ihr gebührende Platz auch bei der Wärmeversorgung gesichert werde; im besonderen werde sie dahin wirken, daß nicht ein zweites Energie-(Gas-) Netz nach Neusiedlungen oder Ortschaften verlegt werde, die von vorhandenen elektrischen Leitungen aus wirtschaftlich auch mit Wärme versorgt werden könnten. Eine derartige Kapitalvergeudung dürfe das verarmte deutsche Volk sich nicht leisten.

Der erste Tag der Versammlung war der elektrischen Haushaltküche, der zweite der elektrischen Großküche und der Anwendung der Elektrizität in den Molkereien gewidmet. Der Eindruck, den man von der Tagung erhielt, war der, daß die von den elektrischen Großküchen den Gastwirten gewährten Vorteile heute bereits in weiten Kreisen voll erkannt sind und mit der Einführung dieser Küchen in allen Gaststätten, die auf Sauberkeit des Betriebs und Güte der verabreichten Speisen Wert legen, mit Bestimmtheit in kurzer Zeit zu rechnen ist. Bei den Haushaltküchen gilt es, was sich als weit schwieriger und vor allem eine längere Zeit beanspruchend erweist, die Abneigung der Hausfrau gegen Neuerungen zu überwinden; denn das elektrische Kochen stellt wegen der bei ihm auftretenden weit niedrigeren Temperaturen gegenüber dem Kochen auf offener Flamme — mag sie durch feste Brennstoffe oder Gas erzeugt sein — stets Neues dar, so daß eine geringe Umstellung der Hausfrau nicht zu vermeiden ist, wenn sie alle Vorteile der vollelektrischen Küche ausnutzen will.

Erwähnt sei, daß in den Vorträgen und Erörterungen die „elektrische Sommerküche" nicht behandelt wurde, obwohl diese geeignet erscheint, den Übergang zur vollelektrischen Küche wesentlich zu erleichtern, u. zw. sowohl den Elektrizitätswerken wie den Hausfrauen, nämlich überall dort, wo man sich in Siedlungs- und Neubauten noch nicht zur Einführung einer Sammelheizung für den ganzen Baublock entschließen kann. Hier dürfte die Stockwerk-Warmwasserheizung sich durchsetzen, bei der eine Feuerstelle in der Küche die Herstellung des heißen Wassers für Wohnungsheizung und Wirtschaft, zugleich aber auch die Beheizung des Kochherdes übernimmt. Nach Abschluß der winterlichen Heizperiode werden diese Öfen bisher durch Hochstellen des Rostes und Einführung von Wärmeschutzwänden für die alleinige Herdbefeuerung umgewandelt. Unter Fortlassung dieser Umbauten kann man nun im Sommer die Feuerstelle ganz stillegen und zur rein elektrischen Sommerküche übergehen. Die Elektrizitätswerke würden sich dadurch einen sehr angenehmen „Sommerstromabnehmer" sichern, den sie ohne das Bedenken, ihre Netze zu überlasten, anschließen können; den Hausfrauen aber wird während des ganzen Sommers das Heranschaffen von Brennstoff und die Beseitigung der Asche erspart, eine nicht zu unterschätzende Wirtschaftserleichterung; zugleich hätten sie in der bestehenbleibenden Feuerstätte eine volle Reserve bei einem etwaigen Versagen des Stroms, die sie auch mit heranziehen könnten, wenn bei besonderen Festlichkeiten die elektrischen Kochgeräte nicht ausreichen sollten. Die kleinen elektrischen Tischgeräte, wie Tee- und Kaffeemaschinen, Brotröster, Wärmeplatten usw., werden in Wohnungen mit elektrischer Sommerküche auch während des Winters gebraucht werden. Letztere ist nur als ein Übergang anzusehen, kann aber als Vorläufer der vollelektrischen Küche den Hausfrauen wie den Elektrizitätswerken gute Dienste leisten. Thierbach.

Wolfram-Zirkonoxyd-Öfen. — Als einfacher und nicht zu teurer elektrischer Ofen wird ein für Laboratoriumszwecke geeigneter Widerstandsofen beschrieben, dessen feuerfestes Material Zirkonoxyd ist, während der Heizdraht aus Wolfram besteht. Es können mit solchen Öfen von beträchtlicher Lebensdauer Temperaturen über 2000° erreicht werden. Bei einem Stromverbrauch von 8 ... 15 A stellt sich der Betrieb nicht zu teuer; außerdem können diese Öfen direkt an das Netz angeschlossen werden. Man kann die Öfen sowohl als Innenwicklungs- wie als Außenwicklungsöfen herstellen. Notwendig ist aber in jedem Fall die Verwendung eines Schutzgases, etwa von gereinigtem Wasserstoff, um das Wolfram vor Oxydation zu schützen. (W. M. Cohn, Z. techn. Phys. Bd. 9, S. 110.) *Br.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Nominelle Leistung und Betriebsleistung von Bahnmotoren. — Infolge der Raumbegrenzung durch die Spurweite und des Abstandes von den Schienen, der starken Beanspruchung hinsichtlich Drehmoment und Leistung und auch durch die Erschütterungen bei Fahrt, und infolge der schlechten Zugänglichkeit und Überwachungsmöglichkeit hat die Konstruktion der Bahnmotoren immer schon in Händen von Spezialisten gelegen.

Eine andere Eigentümlichkeit der Bahnmotoren liegt in der Festsetzung ihrer nominellen Leistung, die von der bei anderen Betrieben üblichen wesentlich abweicht. Sie ist zwar Gegenstand der British Standard Specification, aber nur die Bahnspezialisten kennen den Zusammenhang zwischen ihr und der Leistung im Betrieb. Ein direkter Zusammenhang ist nicht vorhanden. Daher sind auch Methoden zur Bestimmung der Motorcharakteristiken entwickelt worden, wie sie bei anderen elektrischen Maschinen nicht üblich sind.

Die nominelle Leistung eines Motors — es soll hier nur von Gleichstrommotoren die Rede sein, da sie am weitesten verbreitet sind — ist nach der British Standard Specification definiert als die Leistung, die von dem Hersteller unter Innehaltung der vorgeschriebenen Bedingungen festgelegt ist. Diese Definition ist unbrauchbar. Die Definition nach den amerikanischen Regeln lautet: die nominelle Leistung von Maschinen und Apparaten ist die willkürlich gewählte Festsetzung einer Grenzleistung. Sie opfert die Deutlichkeit der Kürze und ist zu allgemein für ihren Zweck. Im folgenden soll eine neuzeitliche Fassung vorgeschlagen werden. Die nominelle Leistung einer Maschine ist die zahlenmäßige Charakteristik einer Leistung und wird unter Innehaltung von bestimmten Grenzen in besonderer Weise festgesetzt.

Allgemein ist die nominelle Leistung einer Maschine etwas Willkürliches. Sie soll natürlich in enger Beziehung zur Beanspruchung des Motors im Betrieb stehen. Ist beispielsweise eine 10 PS-Leistung in einem stationären Betrieb dauernd erforderlich, so soll der dafür ausge-

wählte Motor mit 10 PS gestempelt sein, und die Methode der Leistungsbestimmung soll nach Möglichkeit die Sicherheit dafür gewähren, daß der Motor diese Leistung hergibt. Dies versteht man allgemein unter Stempelleistung.

Bei den Bahnmotoren gibt es indes solch klaren Zusammenhang zwischen nomineller und Betriebsleistung nicht; dieser Zusammenhang kann sich außerdem grundsätzlich ändern, wenn die Bauart der Motoren eine andere wird, z. B. von der geschlossenen in die ventilierte übergeht. Der projektierende Ingenieur muß sich entsprechend umstellen. Der Betrieb oder wenigstens die Grenzleistung ist bei Bahnen meist ziemlich genau bekannt. Ein Motor kann dafür mit genügender Genauigkeit bestimmt werden. Dies hat aber mit der Stempelleistung des Motors nichts zu tun.

Obgleich also eine feste Beziehung zwischen nomineller und Betriebsleistung nicht besteht, oder vielleicht gerade aus diesem Grunde, gibt man neuerdings zwei Leistungen an: die Stunden- und die Dauerleistung. Allgemein gilt jedoch bei Straßenbahnen noch die Stundenleistung als nominelle Leistung, wenn auch die Dauerleistung mehr und mehr an Bedeutung gewinnt, weil sie sich enger dem Betrieb anpaßt; sie wird mit der Zeit vielleicht die Stundenleistung ganz verdrängen.

Der Grund, warum früher die Stundenleistung als Stempelleistung eingeführt wurde, dürfte der gewesen sein, daß bei Motoren ohne Wendepole der Stundenstrom und damit die Stundenleistung annähernd das Maximum darstellt, bei dem die Kommutierung des Motors noch einwandfrei war. Der Anfahrstrom wurde daher gleich dem Stundenstrom gewählt. Bei den heute üblichen Wendepolmotoren bildet der Stundenstrom weder eine Belastungsgrenze noch steht er in einer Beziehung zum Spitzenstrom im Betrieb. Abgesehen davon, daß er für die Prüfung der Motoren eine geeignete Belastung darstellt, die scharf genug ist, um etwaige Fehler aufzudecken, hat er seine Bedeutung verloren; deswegen aber, weil der Stundenlauf eine brauchbare Belastung für die Motoren im Prüffeld darstellt, darf die Stundenleistung noch nicht zur Stempelleistung erhoben werden. Die nominelle Leistung soll sich auf eine Motortype und nicht nur auf einen einzelnen Motor beziehen. Der Autor und das British Committee of the International Electrotechnical Commission haben daher vor einiger Zeit vorgeschlagen, den Stundenlauf als nominelle Leistung ganz fallen zu lassen, u. zw. hauptsächlich in der Erwägung, daß ihm eine Bedeutung beigemessen wird, die ihm nicht zukommt, und daß der nur willkürliche Zusammenhang mit dem Betrieb meist übersehen wird.

Die Dauerleistung kommt der Belastung im Betrieb näher besonders bei ventilierten Motoren. Nichtsdestoweniger soll auch ihr, ebenso wie der Stundenleistung, nur der Wert eingeräumt werden, der ihrer künstlichen Natur entspricht. Obwohl beide Läufe im allgemeinen mit der Erwärmung im Betrieb in Verbindung gebracht werden können, ist der Zusammenhang nur unbestimmt. Außerdem sollte eine Erwärmungsgrenze nicht vorgeschrieben oder unnötig niedrig gehalten werden, ohne Hinweis auf andere Eigenschaften, zur Erreichung eines zufriedenstellenden Betriebes. Mäßige Erwärmung der Motoren braucht nicht schädlich sein, und ihre Herabsetzung wird leicht um einen zu großen Preis erkauft. Die Amerikaner, die auf Vermeidung von nutzlosem Eigengewicht bei Zügen besonders bedacht sind, streben bei ihren Isolierstoffen Temperaturen von 145 ° und für kurze Perioden noch höhere Werte an. 130 ° werden für normalen Betrieb als geeignet betrachtet. Es muß verlangt werden, daß die maximale Erwärmung im Betrieb noch genügend weit unten der kleinsten schädlichen Erwärmung liegt, sonst aber soll der Projekteur freie Hand haben und nicht an eine nominelle Leistung gebunden sein.

Erwärmung der Motoren. Der Projekteur muß imstande sein, die Erwärmung des Motors in dem Betrieb, für den er bestimmt ist, im vorhinein mit genügender Genauigkeit berechnen zu können. Es sollen im folgenden die Erwärmung im Betrieb, die Motorprüfungen, auf Grund derer die ungefähre Erwärmung im Betrieb nachgeahmt werden kann, die geeigneten Methoden der Erwärmungsberechnung aus den Prüfungen betrachtet werden.

Die Erwärmung eines Bahnmotors im Betrieb hängt von der Temperatur der umgebenden Luft, von der Zugluft, von der Größe, der Verteilung und der Einwirkungsdauer der Motorverluste und von den Maßnahmen zur Abführung der Wärme ab. Allgemein spricht man nur von den Temperaturerhöhungen, doch müssen die örtlich auftretenden Temperaturen berücksichtigt werden, falls dabei Grenzerwärmungen erreicht werden, bei denen die Isolierstoffe zerstört werden können.

Die Temperaturzunahme eines bestimmten Motorteiles im Betrieb hängt von der in ihm selbst erzeugten Wärme und von der der Umgebung, die durch Leitung, Berührung oder Strahlung übertragen wird, ab. Natürlich kann die gegenseitige Beeinflussung verschieden sein; sie wird beispielsweise zwischen Anker und Feld bei geschlossenen Motoren, wo die ganze Ankerwärme durch die Pole und das Gehäuse abgeleitet werden muß, viel stärker sein als bei ventilierten Motoren. Die Art der Ventilation, ob Serien- oder Parallelventilation, ist ebenfalls von Bedeutung. Wenn übrigens alle Teile eines Motors im Betriebe gleichmäßig die zulässige Erwärmungsgrenze erreichen, so braucht dies bei den künstlichen Belastungen auf dem Prüfstand nicht der Fall sein.

Die Verluste, die zur Erwärmung des Motors beitragen, können eingeteilt werden in:

1. Ohmsche Verluste,
2. Bürstenübergangsverluste,
3. Bürstenreibungsverluste,
4. Eisenverluste,
5. zusätzliche Verluste bei Last: sie bestehen aus Widerstands- und Eisenverlusten, die der Rechnung nicht zugänglich sind.

Im Betriebe wechseln diese Verluste in der Größe und im Verhältnis zueinander von Augenblick zu Augenblick. Es ist daher unmöglich, sie auf dem Prüfstand nachzuahmen. Da jedoch die Motoren eine beträchtliche Wärmekapazität haben, genügt es, wenn im Betrieb jeweils größere Abschnitte zusammengefaßt und die mittleren Verluste bestimmt werden.

Die Abkühlung der Motoren ist verschieden, je nachdem die Motoren fremd-, eigenventiliert oder geschlossen sind. Im zweiten Fall steigt die Wärmeabfuhr ungefähr proportional mit der Motordrehzahl. Beim geschlossenen Motor ist der innere Temperaturausgleich um so gleichförmiger und demgemäß die Wärmeableitung um so günstiger, je höher die Drehzahl ist. Bei den fremdventilierten Motoren hat die Motordrehzahl kaum einen Einfluß auf die Abfuhr. Daß die durch den Motor gesaugte oder gedrückte Luftmenge eine ausschlaggebende Rolle für die Abfuhr der Verluste spielt, ist selbstverständlich.

Die hauptsächlichen Verluste sind oben bereits aufgezählt. Es soll noch einiges über ihr Größenverhältnis und die Möglichkeit ihrer Bestimmung gesagt werden. Wichtig ist, daß die angenommenen Verluste mit den tatsächlichen möglichst genau übereinstimmen, u. zw. immer mit Rücksicht auf einfache Berechnung, und zweitens, daß beim Gebrauch der Erwärmungs- und Abkühlungskurven die gleichen Methoden angewandt werden wie bei ihrer Aufstellung, um Irrtümer zu vermeiden. Bei jeder dieser Kurven sollten gleichzeitig die Widerstände, die Eisenverlustkurven und die Reibungskoeffizienten mit angegeben werden. Den Hauptteil bilden die Kupferverluste; sie können genau bestimmt werden. Etwa auftretende Wirbelstromverluste werden zu den zusätzlichen Verlusten bei Last gerechnet; sie können durch Unterteilen und Verdrillen der Leiter ziemlich vermieden werden. Die Bürstenübergangsverluste sind viel kleiner, aber auch schwerer zu bestimmen; sie hängen vom Zustand des Kommutators und der Bürsten ab. Man setzt sie mit einem konstanten Spannungsabfall von etwa 2 V, multipliziert mit dem jeweiligen Strom, in Rechnung. Die Kommutator-Reibungsverluste hängen von den gleichen Faktoren ab. Sie ergeben sich aus dem Produkt der Drehzahl und einer Konstanten, die aus mehreren Läufen erhalten wird.

Die Eisenverluste sind beträchtlich. Sie im voraus zu berechnen, ist sehr schwierig, da sie bei derselben Type von Motor zu Motor wechseln. Ihre Messung erfolgt bei offenem Ankerstromkreis und fremderregter Maschine unter Änderung der Drehzahlen und der Erregung. Bei Last sind sie um einen zusätzlichen Betrag zu vergrößern, der aber rechnerisch nicht erfaßbar ist.

Unter den zusätzlichen Verlusten bei Last sind all die Verluste zusammengefaßt, die außer den vorher aufgezählten noch auftreten. Sie werden als die Differenz zwischen den aus Bremsung ermittelten Gesamtverlusten und der Summe der gerechneten und geschätzten Verluste bestimmt. Bei den American Standardization Rules sind sie durch einen prozentualen Zuschlag zu den Eisenverlusten berücksichtigt, der von der Last abhängt.

Die Eignungsprüfung eines Motors für einen bestimmten Betrieb erfolgt am besten durch eine Probefahrt auf einer passenden Strecke mit den richtigen Haltestellen und Verhältnissen. Die Fahrt muß so lange ausgedehnt werden, bis die Motoren ihre Endtemperatur erreicht haben. Wo dies nicht möglich ist, muß ein Lauf im Prüffeld von



hinlänglicher Dauer gemacht werden, wobei die gleichen Geschwindigkeiten und Belastungen eingehalten werden sollten wie im Betrieb.

Über den Zusammenhang zwischen Erwärmungen auf dem Prüfstand und im Betrieb gibt eine Reihe von Versuchen Aufschluß, die unter den gleichen Bedingungen gemacht wurden. Danach ergibt sich für geschlossene Motoren, daß sie bei derselben Temperaturerhöhung im Betrieb etwa 30 % mehr Verluste abführen können als im Prüffeld. Bei ventilierten Motoren ist praktisch kein Unterschied. Es können also Erwärmungs- und Abkühlungskurven, die auf dem Prüfstand aufgenommen sind, für die heute allein vorkommenden selbstventilierten Motoren ohne weiteres für den Betrieb verwendet werden. (F. W. Carter, J. Inst. El. Engs. London Bd. 6, S. 994.) *Trb.*

Bergbau und Hütte.

Hochfrequenzerzeuger für Elektroöfen. — M. Dufour behandelt das für den Schmelzprozeß im Hochfrequenzofen sehr wichtige Problem der Erzeugung hochfrequenter Wechselströme durch Funkenstrecken, wobei kurz auf die Wirkungsweise und auf die Schaltungsmöglichkeiten der elektrischen Stromkreise eingegangen wird. Drei wesentliche Zeitabschnitte sind beim Betrieb mit einer Funkenstrecke zu unterscheiden:

1. die Zeitdauer der Aufladung der Kondensatoren,
2. die Zeitdauer der oszillatorischen Entladung derselben,
3. die Zeitdauer des Bestehens eines Lichtbogens.

Bei einer guten Energieausbeute, also bei einem guten Wirkungsgrad der Anlage, müssen die Zeitdauer der Aufladung der Kondensatoren und die Zeitdauer des Bestehens eines Lichtbogens sehr kurz sein. Die Ergiebigkeit an hochfrequenter Wechselstromenergie wird für die Funkenstrecke mit Graphitelektroden über ein Quecksilberbad (Methode Ajax-Northrup) mit 35 kW, für die rotierende Funkenstrecke mit 25 kW und für die Lichtfunkenstrecke mit 50 kW angegeben. Durch Auslöschung der Funkenstrecke mit einem Gasstrom parallel zum Lichtbogen und durch Verbesserungen der alten Erzeugungsmethode glaubt Dufour die Leistung der Löschfunkenentladung auf 100 kW steigern zu können.

Vermißt werden in der Arbeit Angaben über die Wirtschaftlichkeit dieser Erzeugungsmethode. Denn die Wirtschaftlichkeit wird erst entscheiden, ob diese Hochfrequenz-Erzeugungsmethode für praktische Betriebe in Betracht kommt. (M. Dufour, Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 8, S. 929.) *V. E.*

Ein Hochfrequenzofen mit rotierender Funkenstrecke und veränderlicher Schwingungszahl. — Kraemer beschreibt eine vom eisenhüttenmännischen Institut der T. H. Berlin gebaute Hochfrequenz-Schmelzanlage. Diese zeichnet sich vor anderen in der deutschen Literatur beschriebenen Anlagen dadurch aus, daß eine rotierende Funkenstrecke zur Erzeugung der erforderlichen hochfrequenten Wechselströme benutzt wurde. Die Funkenstrecke regt bekanntlich in einem elektrischen Stromkreis, der aus der Ofenspule und einer Kapazität besteht, Schwingungen an, die gedämpft ausschwingen. Die Apparatur hat für den Betrieb gewisse Vor- und Nachteile. Der Vorteil besteht darin, daß die Frequenz durch Einschalten von zusätzlichen Kondensatoren sich beliebig ändern und der Größe der zu schmelzenden Körper anpassen läßt. Nachteile entstehen dadurch, daß die Anlage mit gedämpften Schwingungen arbeitet und die Isolation der Anlage sowie die Durchschlagsfeldstärke der Kondensatoren nach der Maximalamplitude der zeitlich veränderlichen elektrischen Schwingungen bemessen werden muß, was gegenüber einer Apparatur, die mit ungedämpften Wellen arbeitet, eine gewisse wirtschaftliche Belastung mit sich bringt. Eine Apparatur mit gedämpfter Funkenstrecke mag vielleicht wirtschaftlich sein, wenn nur mit sehr kleinen Einsatzmengen gearbeitet wird und die Frequenz dementsprechend hoch gewählt werden muß. Für industrielle Betriebe, die mit einem Einsatz von 30 kg und mehr an Schmelzgut rechnen müssen, ist nach Vergleich der Preise eine Ofenanlage mit Maschinengenerator billiger.

Von Interesse ist noch die Beschreibung eines Vakuumofens und seines Aufbaues aus keramischen gegen hohe Temperaturen unempfindlichen Baustoffen. (M. H. Kraemer, St. u. E. Bd. 48, S. 1120.) *V. E.*

Fernmeldetechnik.

Der deutsche Kurzwellen-Rundfunksender. — Der deutsche Kurzwellen-Rundfunksender, von der Telefunken-Gesellschaft erbaut, ist im Hause des Deutschlandsenders, etwa 3 km südlich von Königswusterhausen, aufgestellt worden. Die bei kurzen Wellen im besonderen Maße erforderliche Konstanz der Frequenz wird durch „Kristallsteuerung" erreicht. Diese bedingt eine Leistungssteigerung von wenigen Watt bis zur Antennenhöchstleistung von rd. 30 kW, außerdem eine mehrmalige Frequenzvervielfachung. Die Schwingungserzeugung, Leistungssteigerung und Frequenzvervielfachung geschehen in 7 Stufen. Jede einzelne Stufe besitzt einen abgestimmten Gitter- und einen abgestimmten Anodenkreis. Nur der Gitterkreis der Kristallstufe enthält lediglich den Kristall. Der Anodenkreis jeder Stufe ist mit dem Gitterkreis der nächst höheren induktiv gekoppelt. Der Sender hat also einschließlich des Antennenkreises 14 abzustimmende Kreise. Die einzelnen Stufen sind gekapselt. Die Stufen 2 ... 7 sind neutrodynisiert. Die Modulation findet in der vorletzten Stufe statt, u. zw. nach der Gittergleichstrommethode.

Zur Beurteilung der Güte der Modulation und zur Messung des Modulationsgrades dient ein Überwachungsgerät. Die zur Bedienung des Senders erforderlichen Schaltorgane sind, soweit sie nicht Hochspannung führen, in einem Schaltpult untergebracht, das sich an den Unterbau des eigentlichen Senders anschließt. Zum Betrieb des Senders sind 13 voneinander unabhängige Spannungsquellen nötig. Die Heizung der Modulationsröhren geschieht mit Wechselstrom von 10 000 Hz. Die übrigen Röhren werden mit Gleichstrom geheizt. Der Anodenstrom der beiden wassergekühlten Röhren wird Gleichstrom-Hochspannungsmaschinen von 10 000 V entnommen. Die Kühlanlage für die beiden 20 kW-Röhren ist an den Sammelbehälter und den Rückkühler des Deutschlandsenders angeschlossen, hat aber im übrigen ein eigenes Leitungsnetz. Als Luftleiter dient eine Eindrahtantenne, die in der 9. Oberwelle angeregt wird. Die Messungen am Sender haben eine Antennenleistung bei Telegraphie von rd. 32 kW und bei Telephonie von rd. 8 kW ergeben. Der Sender arbeitet seit dem 26. VIII. d. J. mit der Frequenz 9560 Hz (Welle 31,38 m) im Probebetrieb und überträgt jeden Abend von 8 h ab das Berliner Programm. (A. Semm, Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 18, S. 187.) *Sb.*

Neue Funkstationen. — In Spanien wurde eine eigene Transradio-Gesellschaft gegründet, die „Transradio Española", die es sich zur Aufgabe gesetzt hat, mit den überseeischen Ländern in direkten Verkehr zu treten. Weiter wird aus Bogotá (Columbien) gemeldet, daß der dortige Rundfunksender seinen Betrieb aufgenommen und gute Reichweiten ergeben hat. Beide Anlagen wurden von der Telefunken-Gesellschaft erbaut. *of*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Neues Diagramm zur Darstellung der Arbeitsweise von Stromtransformatoren. — W. Janvier ist es durch geschickte Umformung des klassischen Stromwandlerdiagramms gelungen, ein neues Diagramm zu entwerfen, bei dem die Leerlaufstrom-Charakteristik $J_2 = f(E_2)$ mit dem

J_1 Primärstrom
J_2 Sekundärstrom
I_2 Leerlaufstrom, bezogen auf Sekundärseite
E_2 Sekundärspannung
R Ohmscher Widerstand des äußeren Kreises
X induktiver Widerstand des äußeren Kreises
R_2 Ohmscher Widerstand des Sekundärkreises
X_2 induktiver Widerstand des Sekundärkreises
Z Impedanz des Sekundärkreises $= \sqrt{(R + R_2)^2 + (X + X_2)^2}$
Ψ Phasenverschiebung zwischen Leerlaufstrom und umgeklappter Sekundärspannung $= \measuredangle (I_2 - E_2)$
Θ Phasenverschiebung zwischen Sekundärstrom und Sekundärspannung
ε Phasenverschiebung zwischen Primär- und Sekundärstrom

O, R_2, E, Θ, X_2, R, Ψ, G, H, X, H', C, $\frac{J_2}{E_2}$, $\frac{J_2}{E_2} = f(\Psi) = \frac{J_2}{Z I_2}$

$K = \frac{J_1}{J_2}$ $\quad K_t$ = Windungsverhältnis $\frac{n_2}{n_1}$ $\quad \Delta K = K - K_t$

Abb. 9.



Belastungsdiagramm derart organisch verbunden ist, daß man aus ihm ohne jede Umzeichnung für jede äußere sekundäre Belastung den Übersetzungsfehler und Winkelfehler bestimmen kann. Vorausgesetzt ist dabei die Kenntnis der Windungsabweichung und der inneren sekundären Streureaktanz. (Für die Bestimmung der Streureaktanz gibt der Verfasser ein Näherungsverfahren an, das aber nur in Ausnahmefällen brauchbare Ergebnisse zeitigt). Das in Abb. 1 dargestellte Diagramm liefert unabhängig von der Primärbelastung und vom Widerstand des äußeren Kreises die Werte $\frac{\Delta K}{K_t} = Z \times \overline{OH}$ und $\sin \varepsilon = Z \times \overline{HC}$. Der Betriebspunkt *C* wird mit Hilfe einer auf der Kurve $f(\Psi)$ angebrachten E_2-Skala ermittelt. (W. Janvier, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 619). *cht.*

Windungsprobe an Spulen mit Hochfrequenz. — Das bereits früher erwähnte Rylander-Verfahren zur fabrikationsmäßigen Prüfung von Maschinen- und Transformatorenspulen wird bei der Westinghouse Co. an vielen Stellen der Fabrikation angewandt. Die verwendete Frequenz in Form gedämpfter Schwingungen ist zwischen 10 000 und 200 000 Hz für Einzelspulen und 5000...100 000 Hz für vollständige Apparate. Die Schwingungen werden durch Entladungen eines Schwingungskreises gebildet, dessen Induktivität der Prüfling selbst ist. Abb. 10 zeigt

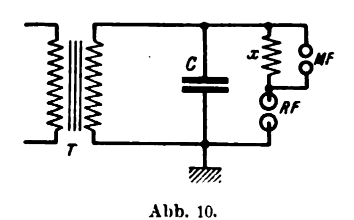


Abb. 10.

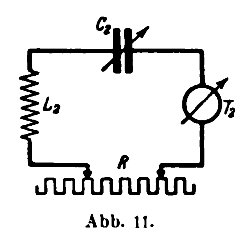


Abb. 11.

die Schaltung. *RF* ist eine rotierende Scheibenfunkenstrecke zum Einleiten der Schwingung, *MF* ist die Meßfunkenstrecke parallel zu dem Prüfling *x*. In jeder Halbwelle geht ein Hochfrequenz-Wellenzug durch die Wicklung, dessen Frequenz gegeben ist durch die Gleichung

$$f = \frac{0{,}159}{\sqrt{L_x C}},$$

wobei L_x die Induktivität des Prüflings ist.

Besonders wichtig ist bei diesem Verfahren, daß man innere Durchschläge sofort erkennen kann mit Hilfe eines zweiten Schwingungskreises (Abb. 11) mit einem Meßinstrument, das auf die Frequenz im eigentlichen Prüfkreis abgestimmt ist. Schlägt der Prüfling durch, so ändert sich seine Induktivität, die Frequenz des Sekundärkreises ist aber unverändert geblieben, und das Zeigergalvanometer geht sofort zurück. Eine Anzahl von Bildern zeigt die Prüfung von Einzelspulen, auch ganzer Apparate, z. B. von dem Läufer eines 1 kW-Gleichstrommotors für 36 V. Bei ihm wird die Hochfrequenz genau so an den Bürsten zugeführt wie der Gleichstrom. (J. L. Rylander, The Electric Journ. Bd. 25, S. 10.) *Kth.*

Allgemeiner Maschinenbau.

Betrieb und Überwachung von Dampfkesseln. — M. Bouffart stellt die im Dampfkesselbetrieb zu beachtenden Regeln zusammen und geht hierbei davon aus, daß ein Dampfkessel aus zwei an sich voneinander unabhängigen Einrichtungen besteht, der Feuerung und dem eigentlichen Dampferzeuger. Beide Teile müssen im Betrieb durch geeignete Meßinstrumente beobachtet werden, und es genügt nicht, wenn man, wie es noch vielfach in der Industrie der Fall ist, eine vollkommene Verbrennung anstrebt, aber nicht darauf achtet, daß die heißen Gase auch so viel Wärme wie möglich an das zu verdampfende Wasser abgeben. Die Meßinstrumente, die zur Überwachung der Feuerung notwendig sind, sind zunächst die Apparate zur Bestimmung der Zusammensetzung der Abgase:

1. Das Kriterium für eine gut geleitete industrielle Feuerung ist ein möglichst hoher Gehalt der Brenngase an CO_2 bei vollständiger Vermeidung von CO und H. Diese Regel kann nur befolgt werden, wenn Meßapparate vorhanden sind, die den Gehalt an CO_2 und CO + H anzeigen. Solche Apparate müssen also unter allen Umständen eingebaut werden.

2. Die Abgasanalyse gibt ein Bild darüber, ob die Verbrennung gut oder schlecht ist (qualitativ), sie muß ergänzt werden durch die Messung der zugeführten Brennstoffmenge oder der Luft- oder Gasmenge (quantitativ). Es genügt, wenn einer von diesen drei Werten gemessen wird, weil die anderen daraus, wenn die Brennstoffzusammensetzung und die Abgasanalyse bekannt sind, durch Rechnung ermittelt werden können.

Wenn es aus örtlichen Gründen nicht möglich ist, einen von diesen drei Meßapparaten einzubauen, so kann man sich durch die Messung der Abgastemperatur am Kesselende helfen. denn diese Temperatur steht für einen gegebenen Dampfkessel in eindeutigem Zusammenhang mit der aufgewendeten Brennstoffmenge, solange die Zusammensetzung der Abgase sich nicht ändert.

Durch diese beiden Faktoren, Abgasanalyse und Brennstoffmenge, ist die „mittlere Leistung" des Dampfkessels eindeutig bestimmt. Der Heizer hat nun die Möglichkeit, durch Änderung der Luftmenge und der Brennstoffmenge den auftretenden Belastungschwankungen zu folgen, soweit diese nicht durch die natürliche Speicherfähigkeit des Kessels ausgeglichen werden.

3. Nicht unbedingt notwendig, aber erwünscht sind weitere Temperaturmessungen in den Zügen, besonders wichtig die Beobachtung der Gastemperatur im Überhitzer und in den Vorwärmern. Für die Betriebsüberwachung notwendig sind nur zwei Temperaturmessungen: die Gastemperatur am Ende des Kessels und die Dampftemperatur hinter dem Überhitzer.

4. Zur dauernden Aufzeichnung aller im Betrieb vorkommenden Schwankungen, Unregelmäßigkeiten, Fehler usw. ist der Einbau von selbstschreibenden Zugmessern erforderlich. Diese zeigen jede Änderung in der Feuerführung augenblicklich an, sie sind daher besonders geeignet zur Überwachung des Betriebes und des Personals.

5. Zur Beobachtung des eigentlichen Dampferzeugers dienen die Wasserstandsanzeiger, der Dampfmengenmesser, das Manometer und das Überhitzerthermometer. Der Dampfmesser zeigt dem Kesselwärter an, wenn sich die Dampfentnahme ändert; daraufhin hat er die Feuerführung entsprechend nach den oben dargelegten Gesichtspunkten zu regeln und, wenn keine selbsttätige Speiseeinrichtung vorhanden ist, die Speisung so einzustellen, daß der Wasserstand immer die vorgeschriebene Höhe beibehält. Der Wärter muß sich bei seinen Maßnahmen so einstellen, daß der Dampfdruck konstant bleibt.

Zum Schluß weist Bouffart noch darauf hin, wie wichtig die zweckmäßige Anordnung der Instrumente am Heizerstand ist, und macht bestimmte Vorschläge, wie die einzelnen Apparate auf einer Tafel angebracht werden sollten. Bei größeren Anlagen mit mehreren Dampfkesseln ist außerdem die gemeinsame Überwachung der Kessel von einer Zentralstelle aus notwendig. An dieser Stelle müssen vor allem die Leistungen (Dampfmesser) der einzelnen Kessel und die Temperaturen der Abgase und des überhitzten Dampfes registriert werden. Erwünscht ist außerdem eine Vorrichtung mit etwa 8 Temperaturanzeigern, die auf jeden beliebigen Kessel umgeschaltet werden kann und gestattet, jederzeit die Gastemperaturen in den Zügen jedes Kessels nachzuprüfen.

Die Ersparnisse, die bei Umstellung eines veralteten Betriebes auf wirtschaftliche Feuerführung erzielt werden, sind sehr groß und lohnen in jedem Fall die geringen Anschaffungskosten für die Meßinstrumente.

In der Arbeit von Bouffart sind hiermit alle Einrichtungen, die zur Überwachung und Verbesserung der Feuerführung notwendig sind, richtig und übersichtlich zusammengestellt. Es fehlt jedoch der Hinweis darauf, daß, wenigstens bei Hochleistungskesseln, zur Überwachung des eigentlichen Dampferzeugers auch eine sorgfältige Beobachtung des Speisewassers gehört. Wie sich die Rückstände des Brennstoffes in den Aschentrichtern sammeln, so lagern sich im Kessel die Rückstände aus dem Wasser ab. Deshalb sind von Zeit zu Zeit Analysen des Kesselwassers notwendig, damit jede Anreicherung von schädlichen Bestandteilen früh genug erkannt und durch Betätigung der Schlämmvorrichtungen behoben werden kann. (Bouffart, Rev. d. Mines Bd. 15, S. 49.) *B.*

Werkstatt und Baustoffe.

Silumin in der Elektrotechnik. — Unter dem Titel „Silumin in der Elektrotechnik" ist eine Druckschrift[1] erschienen, die in übersichtlicher Weise schildert, inwieweit diese von der Metallgesellschaft A. G., Frankfurt a. M.,

[1] Herausgegeben von der Metallgesellschaft A. G. Frankfurt a. M.



hergestellte Leichtmetall-Gußlegierung[1] in der Elektrotechnik Eingang gefunden hat. Es ist interessant zu sehen, daß sich die vor 7 Jahren an die neue Legierung geknüpften Hoffnungen gerade in der elektrotechnischen Industrie erfüllt haben. Eine ganze Reihe von Abbildungen der verschiedensten Teile des Schalter-, Generatoren- und

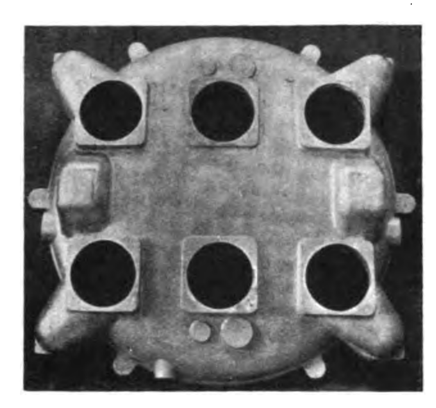


Abb. 13. Ölschalterdeckel.

Apparatebaues zeigen die praktische Bewährung, da es sich um Teile handelt, die seit Jahren serienmäßig gebaut werden. Abb. 1 stellt die Aufsicht auf den Deckel eines Hochleistungs-Ölschalters dar, während Abb. 2 ein Lagerschild für Elektromotoren zeigt. Die Gründe für die rasche Verbreitung des Baustoffes sind: geringes Ge-

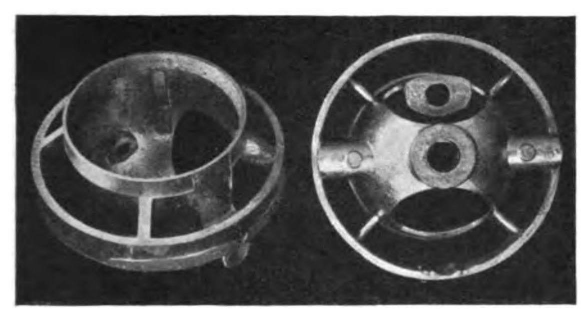


Abb. 14. Lagerschild für Elektromotoren.

wicht bei hoher Festigkeit, gute elektrische Leitfähigkeit, das Fehlen jedes Magnetismus und gute Korrosionsbeständigkeit. Da Silumin außerdem gegenüber Rotguß und Messing wirtschaftliche Vorteile bietet, so hat es neben der großen Verbreitung in fast allen Industriezweigen auch in der Elektroindustrie Eingang gefunden. *fi.*

Verschiedenes.

Neue Vorlesungen an der T.-H. Dresden. — Wie wir zu der in ETZ 1929, S. 1507 gemeldeten Ernennung des Herrn Direktor Rachel zum Honorarprofessor von der Dresdener Technischen Hochschule, Dresden, erfahren, umfaßt sein Lehrauftrag das Gebiet Elektrizitätsversorgung; es sollen Planung und Bau der Anlagen für Elektrizitätserzeugung und -verteilung und, als neue Lehrrichtung an der Technischen Hochschule, auch der Betrieb der Anlagen behandelt werden, der ja angesichts des immer weiter um sich greifenden Zusammenschlusses der Energiequellen von größter Bedeutung geworden ist. Zugleich sollen die Vorlesungen die Studierenden in die Elektrizitätswirtschaft einführen, um der Wichtigkeit und den wirtschaftlichen Betrachtungen Rechnung zu tragen und abschließend die großen Gesichtspunkte für die Weiterentwicklung zur Darstellung gelangen zu lassen. Dadurch, daß sowohl die technischen Möglichkeiten wie auch die wirtschaftlichen Gesichtspunkte von einer Stelle aus in engem Zusammenhange behandelt werden, soll erreicht werden, daß sich die Studierenden, die für rein wirtschaftliche Betrachtungen häufig wenig Interesse bekunden, mit solchen Gedankengängen befreunden und bereits von der Hochschule aus mit der entsprechenden Einstellung an ihre praktischen Aufgaben herantreten. *vde*

Neue Normblätter des DNA. — Eisenbahnwesen: DIN 1574 Radreifen für Vollspurbahn-Fahrzeuge, Fertigprofil — 1575 Radreifen für Schmalspurbahn-Fahrzeuge, Fertigprofil — 1576 Radreifen mit schwachem Spurkranz für Industriebahn-Fahrzeuge, Fertigprofil — 1577 Radreifen mit verstärktem Spurkranz für Industriebahn-Fahrzeuge, Fertigprofil.

Grundnormen: DIN 1340 Brennbare technische Gase (Brenngase), Benennung — 4544 Karteikästen, Kartenformate, lichte Maße der Karteikästen.

Bauwesen: DIN 1030 Gütevorschriften für ortsfeste Stahlhäuser — 1030 Beiblatt, Erläuterungen zu den Gütevorschriften für ortsfeste Stahlhäuser.

Chemische Geräte: DIN DENOG 14 Chemische Thermometer, Gebrauchs-Normalthermometer, Teilung nach der gesetzlichen (hundertteiligen) Temperaturskala — DENOG 27 Tropftrichter, Lampenarbeit — DENOG 28 Scheidetrichter, Hüttenarbeit — DENOG 41 Wägegläser.

Kraftfahrbau: DIN KrW 136 Flachbettfelgen mit Seitenring für Stahlseil-(SS-)Niederdruckreifen für Personenkraftwagen — Vornorm KrW 504 Zahnketten mit Außenführung.

Lokomotivbau: DIN LON 8035 Pyrometer, Bauart Siemens & Halske, Anschluß- und Einbaumaße.

Energiewirtschaft.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A. G., die Ende 1928 über 521 950 kW ausnutzbare Maximalleistung der Turbogeneratoren verfügten, haben in diesem Geschäftsjahr die Abmachung mit der Elektrowerke A. G. über die vertraglich bereitzustellende Leistung dahin geändert, daß die Dauerleistung von 60 000 kW in den Wintermonaten auf 80 000 kW erhöht und während einiger Stunden zur Deckung des Spitzenbedarfs auf insgesamt 110 000 kW gesteigert werden kann. Die Stromlieferung der Elektrowerke an die Städt. und Kreis-Kraftwerk Spandau G. m. b. H. wurde in ein neues Abkommen einbezogen, nach dem die Bewag auch Fernstrom über das Spandauer Werk übernimmt; nach einer gewissen Anlaufzeit erhöht sich diese Leistung auf 20 000 kW[2]. Für die weitere Deckung des Spitzenbedarfs wurde im Kraftwerk Charlottenburg eine Ruthsspeicheranlage errichtet, die während einer Belastungsspitze rd. 67 000 kWh zu erzeugen vermag. Für den gleichen Zweck ist ein neues Großkraftwerk im Westen Berlins heute bereits in Arbeit, das mit insgesamt rd. 224 000 kW ausgerüstet werden wird[3]. Klingenberg, das an der Gesamtproduktion mit über 40 % beteiligt war, ist bereits ein ausgesprochenes Grundlastwerk geworden. Seine Höchstbelastung betrug längere Zeit hindurch 210 000 kW, und am 11. XII. 1928 hat es 3,171 Mill kWh erzeugt. Auf dem Gelände der Zentrale Charlottenburg kam im Juni das Bahnabspannwerk West zur Versorgung der Reichsbahn in Betrieb. Erweitert wurden Rummelsburg und Steglitz, ein typisches Kondensationskraftwerk, das man jetzt zum Heizkraftwerk mit Gegendruckbetrieb und zugeschalteter Pumpenheizung umgestaltet hat; es ist das erste öffentliche deutsche Elektrizitätswerk, das restlos Strom- und Wärmeerzeugung vereinigt. Die Städteheizungsanlagen Charlottenburg und Steglitz konnten ebenfalls weiter ausgebaut werden. Im Zählermeßbereich der Niederspannungsabnehmer ist der Anschlußwert von 505 157 auf 559 603 kW, d. h. um nahezu 11 %, gewachsen, die Vertragsleistung der Hochspannungsabnehmer erhöhte sich um 20 % von 285 139 auf 342 143 kVA und der Anschlußwert der öffentlichen Beleuchtung gleichfalls um nahezu 11 % von 2102 auf 2325 kW. Die Zahl der eingebauten Zähler hat um fast 25 % von 576 989 auf 719 783 und die der Hausanschlüsse und Hochspannungsübergabestationen um 9,4 % von 78 223 auf 85 577 zugenommen. In den eigenen Kraftwerken erzeugte die Gesellschaft 888,127 Mill kWh (686,503 i. V.) und an Fremdstrom bezog sie von den Elektrowerken 363,208 (343,108 i. V.) sowie aus anderen Quellen 48,306 Mill kWh (65,418 i. V.). Bei einem Selbstverbrauch von 51,464 Mill kWh (32,812 i. V.) gelangten 1248,177 Mill kWh in das Netz (1062,217 i. V.), und 1098,030 Mill kWh wurden verkauft, d. h. 20,3 % mehr als 1927 (912,883 Mill kWh); die Verluste betrugen mithin 12,03 % (14,06 % i. V.). Der Anteil des

[1] Vgl. ETZ 1922, S. 924.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1631.
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 873.
[3] Vgl. ETZ 1928, S. 1343.

Fremdstroms an der Gesamtabgabe hat sich weiter auf 31,7 % verringert (37,3 % i. V.). Die Jahreshöchstbelastung war mit 438 300 kW gegen 356 400 i. V. um nahezu 23 % größer als 1927; dabei sind diesmal aber 12 000 kW der Städt. und Kreis-Kraftwerk Spandau G. m. b. H. mit berücksichtigt. Hinsichtlich der Benutzungsdauer sei auf den Bericht der Verkehrsdirektion[1] verwiesen. Die Verwaltung hebt dann besonders die Aufnahme der elektrischen Zugförderung auf der Berliner Stadtbahn im Juni 1928 hervor und erwähnt weiter die bekannten Verträge der Stadt Berlin und der Bewag mit dem Märkischen Elektricitätswerk und deren Tochtergesellschaften[2]. Stark beeinflußt wurde die Geschäftsentwicklung der Berichterstatterin durch die Einführung ihres sog. Zusatzabkommens H 28/I, mit dem sie ihren Hochspannungsabnehmern die Möglichkeit gegeben hat, durch Ausnutzung eines Staffeltarifs einen niedrigeren Arbeitspreis zu erzielen und die Leistungskosten durch Einschränkung der Entnahme während der Spitzenstunden im Winter und Erhöhung der Nachtleistung zu senken. Die damit ermöglichte Verbilligung führte zu einer Steigerung der Nachtstromabgabe um 34 %. Die Lieferung für Traktionszwecke hat um 30 % zugenommen. Der Niederspannungsverbrauch ist erheblich gewachsen, und auch von dem Speicherstrom-Nachttarif hat die Kundschaft in erhöhtem Umfang Gebrauch gemacht. Auf 1 Mill kWh nach dem Normaltarif von 16 Pf/kWh wurden 4571 kWh Speichernachtstrom verbraucht (2931 i. V.). Ein Stromlieferungsvertrag mit der Deutschen Industriewerke A. G., Spandau, wird voraussichtlich bei zur Verfügung zu stellenden 8500 kW einen Absatz von etwa 25 Mill kWh jährlich bringen. An Kabeln, Freileitungen, Fernsprech-, Prüf- und Signalkabeln hat die Gesellschaft etwa 3100 km verlegt, d. i. ein Zuwachs von etwa 20 %. Wegen Mangel an geeigneten Grundstücken für Stützpunkte bzw. wegen der hohen Preise solcher im Innern der Stadt Berlin entschloß sie sich, zu einem neuen System von 6 kV-Stützpunkt-Schaltanlagen überzugehen. Dem elektrotechnischen Aufbau ihrer Gesamtanlagen liegt nunmehr die völlig durchgeführte Gruppenschaltung zugrunde. Die Umschaltung von Gleichstrom auf Drehstrom wurde fortgesetzt. Das Elektrissima-Teilzahlungssystem ist weiter außerordentlich gewachsen; im Berichtsjahr gingen bei der Bewag rd. 170 000 Kreditgesuche ein, d. s. über 52 % mehr als 1927 (111 500). Die Abwicklung der Geschäfte mit den Abnehmern und den Mitgliedern der „E"-Organisation verlief wieder reibungslos. Die Einnahmen aus Stromlieferung betrugen 129 171 738 RM (115 732 422 i. V.) und die übrigen Einnahmen (aus Wärme- und Eislieferung, Vermietungen, Wohngebäuden sowie die Installationsgewinne) insgesamt 1 568 629 RM (8 423 403 i. V.), während Betrieb und Strombezug 37 172 983 RM erforderten (36 007 845 i. V.). Bei einem Reingewinn von 1 959 408 RM (1 935 790 i. V.) hat die Gesellschaft wieder 10 % auf 15 Mill RM Aktienkapital verteilt. Dem Geschäftsbericht sind auch diesmal zahlreiche sehr instruktive Tabellen und Schaubilder beigegeben worden.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1214.
[2] Vgl. ETZ 1929, S. 423.

Der Gesamtanschlußwert des Städtischen Elektrizitätswerks Bielefeld ist 1928 von 39 943 auf 44 552 kW gestiegen, d. s. 235,4 kW je 1000 Einwohner (214,3 i. V.). Die Zahl der Abnehmer hat sich von 27 716 auf 31 186 und die Gesamterzeugung von 37,449 auf 41,687 Mill kWh, also um 11,2 % erhöht. Dabei wuchs die Stromabgabe für Kraft von 24,113 um 9,7 % auf 26,447, die für Beleuchtung von 5,974 um 13,5 % auf 6,779 und die Lieferung für die Straßenbahn von 1,728 um rd. 34 % auf 2,313 Mill kWh. Darin, daß das Verhältnis der Stromabgabe für Beleuchtung und Kraft sich von 1 : 4,15 auf 1 : 3,9 verschoben hat, kommt der Einfluß der schlechten Konjunktur in der Industrie und im Kleingewerbe zum Ausdruck. Die Höchstlast der Drehstromzentrale von 15 000 kW (14 800 i. V.) hatte eine Benutzungsdauer von 2780 h (2530 i. V.). Von den bezahlten Kilowattstunden entfielen 74,8 % auf gewerbliche Zwecke, 18,7 % auf Beleuchtung und 6,54 % auf die Straßenbahn. Die Einnahmen verteilt sich entsprechend zu 49,32, 47,16 und 3,52 %. Die Anlagekosten sind von 18,003 auf 19,336 Mill RM und der Betriebsüberschuß von 2,141 auf 2,336 Mill RM gestiegen. 1,25 Mill RM wurden an die Kämmereikasse abgeführt (0,8 i. V.).

Der Elektrizitätsverband Gröba, Kötzschenbroda, hat 1928 die Eigenerzeugung und den Fremdbezug von 98 auf 115 Mill kWh steigern können, obgleich annähernd 5 Mill kWh infolge Verschlechterung der wirtschaftlichen Lage eines Teils der Abnehmer ausgefallen sind. Die Höchstleistung betrug 33 000 kW (30 000 i. V.) und die größte Tagesabgabe 0,515 Mill kWh. Das 1927 errichtete Kraftwerk Plessa war an der Leistungsabgabe bereits mehrfach bis zu 16 000 kW beteiligt; sein Ausbau ist nunmehr vorläufig abgeschlossen worden. Der Mehrbedarf an Strom soll bei tragbaren Bezugspreisen weitestgehend von den Mitteldeutschen Stahlwerken in Lauchhammer und der A. G. Sächsische Werke gedeckt werden. Zwecks größter Sicherung des Betriebs wird das als zweiter Schwerpunkt des Versorgungsgebiets wichtige Umspannwerk Etzdorf bei Roßwein um 10 000 kVA erweitert. Damit kann das Verbandsunternehmen künftig bis zu 50 000 kW abgeben. Es dehnte seine 60 kV-Anlagen wesentlich aus und errichtete zwei weitere Umspannwerke in der Lößnitz und in Radeburg. Der Stromverkauf erbrachte 7 647 567 RM, wozu an weiteren Einnahmen noch 359 724 RM hinzukamen. Als Bruttoertrag weist der Bericht 2 033 053 RM aus.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftsstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Jahresbeitrag der inländischen Mitglieder für 1930.

Der Mitgliedsbeitrag für das Jahr 1930 beträgt:

I. für persönliche inländische Mitglieder . . . . 30 RM
für Jungmitglieder . . . . 15 „

II. für korporative inländische Mitglieder:
1. Behörden, Schulen, wissenschaftliche Vereine usw. . . . . 36 „
2. Sonstige körperschaftliche Mitglieder, städt. und staatl. Betriebe, auch Eltwerke, Privatfirmen, offene Handelsgesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Aktiengesellschaften usw., die beschäftigen:
a) bis 50 Angestellte und Arbeiter . . . 50 „
b) von 51 bis 100 Angestellte und Arbeiter 75 „
c) von 101 bis 250 Angestellte und Arbeiter 120 „
d) von 251 bis 500 Angestellte und Arbeiter 150 „
e) von 501 bis 1000 Angestellte und Arbeiter . . . . 300 „
f) von 1001 bis 2500 Angestellte und Arbeiter . . . . 450 RM
g) von 2501 bis 5000 Angestellte und Arbeiter . . . . 600 „
h) von 5001 bis 10 000 Angestellte und Arbeiter . . . . 900 „

Die Beiträge werden **baldigst** auf das Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 133 02, erbeten, da sonst die ordnungsmäßige Zustellung der ETZ über den 1. Januar 1930 hinaus nicht gewährleistet werden kann.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins verbunden mit der 6. Hauptversammlung der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens am Dienstag, dem 19. November 1929, abends 7½ Uhr (pünktlich) im Hörsaal 301 im Erweiterungsbau der Technischen Hochschule in Charlottenburg.

Tagesordnung:

I. Geschäftliche Angelegenheiten.
II. Vorträge:
1. Herr Direktor W. Hahnemann: „Neuere Resultate auf dem Gebiete der ultrakurzen Wellen."



2. Herr Oberpostrat Professor Dr. F. Kiebitz: „Ergebnisse der im April 1929 bei den Berliner Rundfunkteilnehmern gehaltenen Umfrage über die Empfangsverhältnisse."
3. Herr Dr.-Ing. W. Runge: „Hochfrequenzverstärkung kurzer Wellen."
4. Herr Dipl.-Ing. P. v. Handel: „Untersuchungen über quarzgesteuerte Schwingvorgänge."

Einlaß in den Vortragsaal gegen Vorzeigung der Mitgliedskarten. Auf den Namen ausgestellte Gastkarten werden bei Vorausbestellung bis 18. November von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II ausgegeben.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende:
K. W. Wagner.

Ordentliche Sitzung

am 24. September 1929 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Professor Matthias.

Sehr verehrte Damen und Herren! Ich freue mich, daß Sie so zahlreich erschienen sind, um nach dem langen Sommer die Versammlungstätigkeit wieder zu eröffnen, und heiße Sie herzlich willkommen.

Seit der letzten ordentlichen Sitzung im Mai sind 85 Neuanmeldungen eingegangen; ein Verzeichnis liegt hier aus. Gegen den Bericht über die Maisitzung sind Einwendungen nicht erhoben worden; der Bericht gilt somit als angenommen.

In der nächsten ordentlichen Sitzung am 22. Oktober wird Herr Prof. Dr. Pirani einen Vortrag halten über das Thema: „Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren." Vorher wird Herr Direktor Dr. Finckh von der Osram G. m. b. H. in einem kurzen Vortrag auf die Verdienste des Ingenieurs Göbel hinweisen, des deutschen Erfinders der elektrischen Glühlampe, über dessen Erfindung ja vor einigen Jahren in der ETZ in einem sehr interessanten Aufsatz von Herrn Beckmann[1] Näheres mitgeteilt worden ist, und ferner die Verdienste Edisons um die Entwicklung der Glühlampe schildern. In den V. S. Amerika finden nämlich Mitte Oktober größere Festlichkeiten zu Ehren Edisons statt, die ihren Höhepunkt am 21. oder 22. Oktober erreichen. Das paßt also ganz gut zu unserem Termin. Da Edison seit 1890 Ehrenmitglied des Elektrotechnischen Vereins ist, wollen also auch wir in dieser Sitzung am 22. Oktober seiner gedenken.

Ich habe dann noch folgende geschäftliche Mitteilungen zu machen. Wie Ihnen erinnerlich sein wird, hat der Elektrotechnische Verein gemeinsam mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule im Winter 1927/1928 eine Vortragsreihe über das Gebiet der „Relais und Schutzschaltungen" veranstaltet. Diese Vortragsreihe war entsprechend der Bedeutung des Themas außerordentlich stark besucht. Bei ihrer Veranstaltung war bereits beschlossen worden, die sehr wertvollen Vorträge durch Drucklegung festzuhalten. Sie sind jetzt von Herrn Prof. Dr. Rüdenberg herausgegeben worden, der ebenfalls an der Vortragsreihe beteiligt war, und im Verlage von Julius Springer erschienen. Sie stellen in ihrem Aufbau einen systematischen Lehrgang der Relais-Schutztechnik dar. Die neuesten Schaltungen und Konstruktionen sind noch während der Drucklegung berücksichtigt worden, so daß die Veröffentlichung dem heutigen Stande der Praxis voll entspricht. Nähere Auskunft über Inhalt, Umfang und Ausstattung des Werkes erteilt die Geschäftstelle des Vereins. Ich mache unsere Mitglieder besonders darauf aufmerksam, daß sie nach vertraglicher Abmachung des Elektrotechnischen Vereins mit der Verlagsbuchhandlung berechtigt sind, die Vorträge direkt vom Verlage zu einem Bezugspreis von 19,15 RM statt 22,50 RM zu beziehen; also immerhin eine ansehnliche Ermäßigung.

Wir kommen nun zum zweiten Gegenstand unserer Tagesordnung. Wie Ihnen bekannt sein wird, ist die ETZ am 1. Januar dieses Jahres in das gemeinsame Eigentum des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und des Elektrotechnischen Vereins übergegangen. Nun ist es in diesem Zusammenhang notwendig geworden, daß in der Satzung des Elektrotechnischen Vereins die Gemeinnützigkeit des Vereins, die ohnehin schon bestand, noch mehr betont wird als bisher. Der Vorstand beantragt daher, die in der Einladung abgedruckten Satzungsänderungen zu genehmigen. Sie stimmen wörtlich überein mit den entsprechenden Satzungsänderungen, die auch der VDE aus demselben Anlaß vorgenommen hat. Ich werde die Satzungsänderungen vorlesen:

Zweck des Vereins.
§ 2.

Dieser § erhält folgenden Zusatz:

„Ausgeschlossen sind Erwerbs- oder sonstige eigenwirtschaftliche Zwecke, vielmehr soll der Verein lediglich dem gemeinen Besten auf dem Gebiete der elektrotechnischen Wissenschaft dienen."

Mitgliedschaft.
§ 8.

Dieser § erhält folgenden Zusatz:

„Kein Mitglied hat während seiner Zugehörigkeit zum Elektrotechnischen Verein oder nach seinem Ausscheiden Ansprüche an das Vereinsvermögen oder auf Auszahlung von Gewinnen oder auf ähnliche Vermögensvorteile, auch nicht auf Rückzahlung von Einlagen oder sonstigen Beträgen."

Auflösung des Vereins.
§ 29.

Dieser § erhält folgenden Zusatz:

„Bei Auflösung des Elektrotechnischen Vereins muß das vorhandene Vermögen ausschließlich gemeinnützigen Zwecken auf elektrotechnisch-wissenschaftlichem Gebiete zugeführt werden, insbesondere auch durch Überweisung an gemeinnützige Körperschaften; jede Zuwendung von Vermögen oder Vermögensvorteilen an Mitglieder des Vereins ist ausgeschlossen."

Nun, wir hoffen ja alle, daß der Verein ewige Zeit bestehen wird, und keiner rechnet wohl damit, einmal aus der Auflösung des Vereins Kapital zu schlagen. Ich glaube daher, wir können diesen Änderungen ohne weiteres zustimmen. Der Ordnung halber möchte ich aber doch fragen, ob das Wort hierzu gewünscht wird. — Das geschieht nicht. Wir kommen dann zur Abstimmung. Wer gegen die Satzungsänderungen ist, den bitte ich, die Hand zu erheben. — Das geschieht nicht. Ich darf also mit Freuden feststellen, daß diese Satzungsänderungen einstimmig angenommen worden sind.

Wir kommen nun zum dritten Gegenstand der Tagesordnung, zu dem Vortrag des Herrn Manfred von Ardenne über das Thema: „Verschiedene Anwendungen von Elektronenröhren in der Meßtechnik[2]." Ich bitte Herrn von Ardenne, das Wort zu ergreifen.

Herr von Ardenne hält den Vortrag, der lebhaften Beifall auslöst.

Vorsitzender: Ich darf wohl in Ihrem Namen dem Herrn Vortragenden unseren herzlichen Dank für seine sehr interessanten Ausführungen aussprechen. Er hat uns zwar in ein Spezialgebiet hineingeführt; aber ich glaube, nicht nur die Herren Spezialisten haben Freude an seinem Vortrag gehabt, sondern auch die Herren von der Starkstromtechnik werden manche nützliche Anwendung wittern. Wir freuen uns außerordentlich, daß wir das normale Schalttafelgerät, das uns so handlich und geläufig ist, nun tatsächlich für die Messung von Größen verwenden können, die bisher eigentlich nur den physikalischen Meßgeräten zugänglich waren. Dankenswert ist auch, daß der Herr Vortragende nicht nur die Vorteile seiner Meßmethode auseinandergesetzt, sondern auch ihre Grenzen sehr offen bekannt hat. Gerade das gibt uns auch ein besseres Gefühl dafür, wie weit wir in der Anwendung des uns Vorgetragenen gehen können.

Ich möchte nun fragen, ob das Wort zu den Ausführungen gewünscht wird.

Es folgt eine kurze Besprechung des Vortrags.

Vorsitzender: Da das Wort nicht mehr gewünscht wird, darf ich die Diskussion schließen. Ich tue das, indem ich den Herren Diskussionsrednern für die Belebung der Aussprache danke und auch dem Herrn Vortragenden für die zusätzlichen Erläuterungen.

---

[1] H. Beckmann, ETZ 1923, S. 1031.

[2] Der Vortrag wurde in erweiterter Form in der ETZ 1929, S. 1617, veröffentlicht.



Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein E. V.

AEG Compania Generala de Electricitate, Brasov (Rumänien)
Allgemeine Telegraphen-Gesellschaft m. b. H., Berlin
Ansorge, Helmut, cand. ing., Bln.-Charlottenburg
Appelt, Günther, Berlin
Bischkopf, Hermann, Hobrechtsfelde
Bormann, Werner, cand. ing., Bln.-Charlottenburg
Brandt, Fritz, Ingenieur, Berlin
Chronz, Paul, Dipl.-Ing., Berlin
Döring, Werner, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Dreise, Otto, Elektroing., Berlin
Elsner, Richard, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Fischer, Paul, Kaufmann, Berlin
Fislage, Julius, Ingenieur, Eberswalde
Florescu, Matei, Elektroing., Bukarest
Forchhammer, Nels B., Elektroing., Finkenkrug
Forster, Alexander, Betriebsleiter, Wien
Galun, Wilhelm, Dipl.-Ing., Berlin
Giese, Erich, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Gosselk, Friedrich-Wilhelm, Elektroing., Bln.-Charlottenburg
Guthjahr, Eberhard, Ingenieur, Bln.-Buckow
Haizmann, Walter, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Hammerschmidt, Wilhelm, Dipl.-Ing., Koblenz
Harm, Hans, Dipl.-Ing., Bln.-Reinickendorf-Ost
Hassekief, cand. ing., Bln.-Charlottenburg
Henne, Karl, Dipl.-Ing., Alfeld a. d. Leine
Heuseler, Richard, stud. rer. techn., Neukölln
Hill, Hermann, Dipl.-Ing., Bln.-Niederschöneweide
Hinz, Oskar, stud. ing., Berlin
Hoffmann, Richard, Elektroing., Landsberg (Warthe)
Hopf, Ernst, Ingenieur, Berlin
Horn, Guido, Fabrikant, Bln.-Weißensee
Jeske, Erwin, cand. ing., Bln.-Neukölln
Joch, Joseph, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Jurzok, Max, Bln.-Rosenthal
Kissmann, Siegfried, Ingenieur, Cernanti (Czernowitz)
Kiszyk, Emiljan, Elektroing., Dolina (Polen)
Könemann, Heinrich, Dr. phil., Berlin
Kriebitzsch, Werner, Dipl.-Ing., Berlin
Krogers, Fricis, Dipl.-Ing., Riga
Kropp, Carl, Elektroing., Berlin
Laeuger, Tobias, Dipl.-Ing., Berlin
Laubstein, Friedrich, Obering., Berlin
Mann, Kurt, Ingenieur, Potsdam
Marion, F. R., Ingenieur, Berlin
Mattern, Hans-Joachim, Student, Bln.-Wilmersdorf
Mayer, Josef, Dipl.-Ing., Bln.-Steglitz
Mochow, Albert, stud. ing., Bln.-Schlachtensee
Müller, Oskar, Elektroing., Bln.-Rosenthal
Neuber, Walter, Dipl.-Ing., Bln.-Biesdorf
Netze, Erich, Ingenieur, Bln.-Tegel
Obstfeld, Leon, Dipl.-Ing., Berlin
Oehler, K., Dr.-Ing., Zürich
Pfalzgraf, Carl, Inhaber der Akkumulatorenfabrik System Pfalzgraf G. m. b. H., Bln.-Frohnau
Philler, Albrecht, Dipl.-Ing., Bln.-Lichterfelde
Planer, Viktor, Direktor der Norddeutschen Kabelwerke, Bln.-Lankwitz
Reinhardt, Gustav, Dipl.-Ing., Charlottenburg
Richter, Erhart, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Richter, Hans Joachim, cand. ing., Bln.-Schlachtensee
Richter, Hermann, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Rieper, Gerhard, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Rietz, Claus, stud. ing., Bln.-Charlottenburg
Röhnisch, Walter, Bln.-Heiligensee
Rüdiger, Gustav, Elektromeister, Berlin
Sander, Peter, Dipl.-Ing., Berlin
Scheib, Artur, cand. ing., Nürnberg
Schiffmann, Rudolf, Obering., Bln.-Wilmersdorf
Schlenkhoff, Albert, Dipl.-Ing., Herne i. Westf.
Schlesinger, Edgar, Geschäftsführer, Bln.-Wilmersdorf
Schmidt, Heinr., Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Schmutz, Oskar, Dipl.-Ing., Bln.-Siemensstadt
Schuttke, Eduard, cand. ing., Bln.-Reinickendorf
Seiler, Johannes, Physiker, Bln.-Friedenau
Sichelschmidt, Ernst, Dipl.-Ing., Berlin
Simmons, Donald, M., Electrical Engineer, New York City
Sommerguth, Herbert, cand. ing., Berlin
Speer, Ernst, Bln.-Johannisthal
Stern, Ernst, Ingenieur, Bln.-Johannisthal
Stiller, Willy, stud. ing., Berlin
Syree, Bruno, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
Szepesi, Endre, cand. ing., Budapest
Tesch, Walter, Ingenieur, Bln.-Pankow
Thiem, Ernst, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
Wappler, Rudolf, Student, Bln.-Charlottenburg
Wiesner, Kurt, Berlin.
Wilms, Wilhelm, Dipl.-Ing., Berlin
Zerelles, Hans, Dipl.-Ing., Bln.-Spandau

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften.

Die Jahresversammlung 1929 hatte den für die „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, V. E. S. 1./1930" zuständigen Referentenausschuß bevollmächtigt, den in ETZ 1929, S. 541 und 872 veröffentlichten Schlußentwurf einer nochmaligen Überprüfung zu unterziehen, um nach Ablauf der Einspruchsfrist noch eingegangene Anregungen gegebenenfalls bei dem endgültigen Wortlaut zu berücksichtigen.

Diese Überprüfung ist im Einvernehmen mit den Antragstellern erfolgt, und der Vorstand hat in seiner am 8. November 1929 abgehaltenen Sitzung den nachstehend veröffentlichten Änderungen an dem Schlußentwurf zugestimmt, so daß die V.E.S. 1./1930 mit diesen Änderungen am 1. Januar 1930 in Kraft treten.

Nachtrag 2 zum Schlußentwurf

der

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1./1930".

Inhaltsübersicht.

V. Sonderbestimmungen für Anlagen besonderer Art.

A. Prüffelder, Laboratorien, Einrichtungen für Betriebsversuche und behelfsmäßige Einrichtungen.

§ 37. Prüffelder, Justierräume und Laboratorien. Einrichtungen für Betriebsversuche und behelfsmäßige Einrichtungen.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Die Vorschrift b) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

Geltungsbereich.

„b) Die nachstehenden Vorschriften und Regeln gelten für Starkstromanlagen oder Teile solcher mit Betriebspannungen unter 1000 V mit Ausnahme von im Erdboden verlegten Leitungsnetzen, der gesamten Fahrleitungsanlage elektrischer Bahnen (Vollbahnen, Straßenbahnen, straßenbahnähnliche Kleinbahnen und Stadtschnellbahnen), der Fahrzeuge über Tage sowie der elektrochemischen Betriebsapparate."

II. Begriffserklärungen.

§ 2.

Die Vorschrift c) wird, wie folgt, erweitert:

„c) Freileitungen im Sinne dieser Vorschriften sind außerhalb von Gebäuden geführte oberirdische Leitungsanlagen, bei denen die Leitungen keine Schutzverkleidung haben, einschließlich der Isolatoren und Träger (Maste, Dachständer usw.) sowie der zugehörenden Hausanschlußleitungen (Ausnahme siehe d)."

III. Allgemein gültige Bestimmungen.

A. Allgemeine Schutzmaßnahmen.

§ 3.

Schutz gegen zu hohe Berührungsspannung.

Die Regel 5 wird durch folgenden Absatz 3 erweitert: „Fernmeldegeräte siehe § 15 i)".

B. Elektrische Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.

§ 7.

Transformatoren.

Regel 1 erhält folgenden neuen Abs. 2:

„Bei der Auswahl des Aufstellungsortes ist darauf zu achten, daß bei Bränden und ihren Folgen der freie Verkehr in Ausgängen und Treppen nicht behindert ist."

§ 8.

(Siehe auch § 32.)

Akkumulatoren.

Die Vorschrift b) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„b) Bei Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde müssen die Batterien mit einem isolierenden Bedienungsgang umgeben sein."

D. Apparate.

§ 11.

(Siehe auch §§ 3 und 10.)

Schalter.

Der 2. Absatz von d) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„Schalter für ortsveränderliche Stromverbraucher, die durch Steckvorrichtungen gemäß § 13 e) angeschlossen werden, sowie solche, die in Verbraucherstromkreisen liegen und kleinere Glühlampengruppen bedienen, unterliegen dieser Vorschrift nicht."



Regel 1 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„1. Als kleinere Glühlampengruppen gelten solche, die nach § 14[a] mit nicht mehr als 6 bzw. bis zu 25 A gesichert sind."

Regel 3 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„3. Schalter für Stromverbraucher mit Nennleistungen bis 5 kW sollen in Gleichstromanlagen Momentschalter sein."

§ 12.

(Siehe auch §§ 3 und 10.)

Anlasser und Widerstandsgeräte.

In Regel 1 wird der die Ausnahmen enthaltende Klammerausdruck, wie folgt, erweitert:

„[Ausnahmen siehe §§ 28[1] und 39 i]."

§ 14.

(Siehe auch §§ 3 und 10.)

Stromsicherungen (Schmelzsicherungen und Selbstschalter).

Regel 1 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„1. Die Stromstärke der Stromsicherung soll nicht größer sein, als nach der Belastungstafel und den übrigen Regeln von § 20 für die betreffende Leitung zulässig ist."

Regel 8 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„8. Die gemeinsame Sicherung mehrerer Verteilungsleitungen in Gebäuden soll nicht mehr als 6 A Nennstromstärke haben. Führen solche Verteilungsleitungen nur zu Glühlampen mit Lampensockel E 40 (Goliath-Sockel), so kann die gemeinsame Sicherung bis zu 25 A Nennstromstärke haben."

§ 15.

(Siehe auch §§ 3 und 10.)

Ortsveränderliche Geräte.

Die Vorschrift e) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„e) Spielzeuge, d. h. solche Geräte, die ihrer Bauart und ihrem Wesen nach nicht als Gebrauchsgegenstände anzusehen sind, dürfen nur mit einer Betriebspannung bis 24 V betrieben werden.

Der Anschluß derartiger Geräte ist nur gestattet:

an Wechselstromnetze bei Verwendung von Transformatoren oder Umformern mit elektrisch getrennten Wicklungen für eine Betriebspannung bis 24 V,

an Gleichstromnetze nur bei Verwendung von Umformern mit elektrisch getrennten Wicklungen für eine Betriebspannung bis 24 V. Eine leitende Verbindung mit dem Starkstromnetz (z. B. durch Lampenwiderstände) ist verboten.

Für Koch- und Heizgeräte als Spielzeuge mit Betriebspannungen über 24 V gelten die „Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug".

Fernmeldegeräte.

Abs. 1 der Vorschrift i) erhält folgende erweiterte Fassung:

„i) Die Fernmeldeanlage muß eine gesonderte elektrische Anlage bilden. Soweit die Fernmeldeanlagen räumlich und elektrisch von dem Netz zuverlässig getrennt sind, unterliegen sie den „Regeln für die Errichtung elektrischer Fernmeldeanlagen".

F. Leuchten und Zubehör.

§ 17.

Ortsfeste Beleuchtungskörper (auch Schnur- und Zugpendel).

Regel 4 erhält folgende erweiterte Fassung:

„4. Werden Steckvorrichtungen in Beleuchtungskörper eingebaut, so sollen die zu ihnen führenden Leitungen einen Mindestquerschnitt von 1 mm² aufweisen. Die Steckvorrichtungen sollen den Bestimmungen in § 13 entsprechen.

Steckdosen zum Einschrauben in Fassungen sollen tunlichst nicht verwendet werden."

§ 18.

Ortsveränderliche Beleuchtungskörper (Stehleuchter, Handleuchter).

An den Schluß der Vorschrift b) wird eine neue Regel 1 folgenden Wortlautes angefügt:

„1. Werden Steckvorrichtungen in Stehleuchter eingebaut, so sollen die zu ihnen führenden Leitungen und die Zuleitungschnur einen Mindestquerschnitt von 1 mm² aufweisen. Die Steckvorrichtungen sollen den Bestimmungen in § 13 entsprechen.

Steckvorrichtungen zum Einschrauben in Fassungen sollen tunlichst nicht verwendet werden."

Hierdurch erhält die bisherige Regel 1 die Kennziffer 2.

Die Vorschrift d) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„d) Schaltfassungen in Handleuchtern sind verboten; jedoch sind Schalter bis 250 V und für mindestens 6 A zulässig. Diese Schalter müssen den Vorschriften für Dosenschalter entsprechen und so im Körper oder Griff eingebaut sein, daß sie mechanischen Beschädigungen entzogen bleiben."

Die Vorschrift i) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„i) Faßausleuchter dürfen nur mit Spannungen von höchstens 42 V betrieben werden; sie brauchen den Anforderungen für Handleuchter nicht zu genügen."

Die Vorschrift l) erhält am Schluß folgenden Hinweis:

[„vgl. § 28 g)"].

G. Beschaffenheit und Verlegung der Leitungen.

§ 20.

Bemessung der Leitungen.

In Regel 4 erhält die Fassung für den Querschnitt von 1,5 mm² folgende Änderung:

„für festverlegte isolierte Leitungen und für festverlegte umhüllte Leitungen sowie für Bleikabel . . 1,5 mm²."

§ 22.

Freileitungen.

Der 1. Satz von Vorschrift b) wird wie folgt geändert:

„Die Leitungen sowie Apparate an Freileitungen sind so anzubringen, daß sie ohne besondere Hilfsmittel weder vom Erdboden noch von Dächern, Ausbauten, Fenstern und anderen von Menschen betretenen Stätten aus zugänglich sind; wenn diese Stätten selbst nur durch besondere Hilfsmittel zugänglich sind, so genügt es, an diesen Stätten oder an ihren Zugängen gut erkennbare Warnungschilder anzubringen oder die Leitungen in geeigneter Weise gegen zufälliges Berühren zu schützen."

In Vorschrift c) treten folgende Änderungen ein:

Der 1. Satz von Abs. 2 erhält folgende erweiterte Fassung:

„Eindrähtige Leitungen aus Stahl und Aluminium nebst seinen Legierungen sind nicht zulässig; eindrähtige Leitungen aus Kupfer sind nur in einem Querschnitt bis 16 mm² zulässig."

In dem 4. und 5. Abs. ist das Wort „Prüflast" zu ändern in „Nennlast".

In dem 5. Abs. ist der Zahlenwert 288 zu ändern in „228".

In dem 6. Abs. ist die angegebene höchstzulässige Zugbeanspruchung für Aluminiumseile von 9 kg/mm² richtigzustellen in „8 kg/mm²".

Die Vorschrift i) erhält folgende geänderte und erweiterte Fassung:

„i) Bei sich kreuzenden oder parallel verlaufenden Leitungen, die an getrenntem oder gemeinsamem Gestänge geführt sind, ist durch die Leitungsführung oder durch besondere Vorkehrungen dafür zu sorgen, daß Berührung oder unzulässige Annäherung der beiden Arten von Leitungen verhütet oder ungefährlich gemacht werden [siehe auch § 4 a)].

Fernmeldeleitungen dürfen am gleichen Gestänge nur unterhalb der Starkstromleitungen verlegt werden."

Die Vorschrift l) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„l) Im übrigen gelten die „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F."

IV. Sonderbestimmungen für Räume besonderer Art.

§ 28.

Elektrische Betriebsräume.

Die Vorschrift a) erhält folgenden erweiterten Wortlaut:

„a) Entgegen § 3 a) kann von dem Schutz gegen zufällige Berührung blanker, unter Spannung gegen Erde stehender Teile in Anlagen mit Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde insoweit abgesehen werden, als dieser Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung und Beaufsichtigung hinderlich ist."

Die Vorschrift g) erhält folgenden geänderten Wortlaut:



„g) Hebezeuge und Transportmaschinen. Bei Hebezeugen und gleichartigen Transportmaschinen müssen Vorkehrungen getroffen sein, die den Führer sowohl auf dem für das Besteigen und Verlassen des Führerstandes vorgesehenen Weg gegen zufällige Berührung von Schleifleitungen als auch in Reichweite vom Steuerplatz gegen zufällige Berührung Spannung führender Teile jeder Art schützen.

Die Hauptschleifleitungen müssen allpolig abschaltbar sein; werden mehrere solcher Maschinen von der gleichen Leitung gespeist, so müssen außerdem die einzelnen Maschinen für sich allpolig abschaltbar sein.

Die festverlegten Leitungen müssen im und am Führerstand gegen Beschädigungen geschützt sein.

Im übrigen gelten die Maschinen mit und auch solche ohne Führerbegleitung als elektrische Betriebsräume. Für Triebwerksräume von Aufzügen gilt dieses jedoch nur dann, wenn in der Nähe ihres Einganges, getrennt von dem Triebwerk und dessen Steuerung, ein gegen zufällige Berührung geschützter Hauptschalter leicht zugänglich und augenfällig angebracht wird, der die Zuleitung vom Triebwerksraum allpolig abschaltet, und ferner der Raum jenseits dieses Hauptschalters augenfällig als elektrischer Betriebsraum gekennzeichnet ist.

Entgegen § 18 l) sind Handleuchter bei Gleichstrom bis 1000 V zulässig."

§ 29.

Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.

Die Vorschrift a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Entgegen § 3 a) kann von dem Schutz gegen zufällige Berührung blanker, unter Spannung gegen Erde stehender Teile insoweit abgesehen werden, als dieser Schutz nach den örtlichen Verhältnissen entbehrlich oder der Bedienung und Beaufsichtigung hinderlich ist."

§ 30.

Betriebstätten.

Die Vorschrift a) erhält folgenden erweiterten Wortlaut:

„a) Entgegen §§ 3 b) und 21 a) dürfen bei Anlagen mit Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde die im Handbereich liegenden Zuführungsleitungen zu Maschinen ungeschützt verlegt werden, wenn sie unter den örtlichen Verhältnissen keiner Beschädigung ausgesetzt sind."

V. Sonderbestimmungen für Anlagen besonderer Art.

A. Prüffelder, Laboratorien, Einrichtungen für Betriebsversuche und behelfsmäßige Einrichtungen.

§ 37.

Prüffelder, Justierräume und Laboratorien.

a) Für festverlegte Leitungen sind Abweichungen von den Bestimmungen über Stützpunkte der Leitungen u. dgl. zulässig, doch ist dafür zu sorgen, daß die Bestimmungen hinsichtlich mechanischer Festigkeit, zufälliger gefahrbringender Berührung, Schutz gegen elektrische Feuererscheinungen und Erdung für den ordnungsmäßigen Gebrauch erfüllt sind.

b) Ständige Prüffelder, Justierräume und Laboratorien sind mit festen Abgrenzungen und Warnungstafeln zu versehen. Fliegende Prüfstände sind durch eine auffallende Absperrung (Schranken, Seile oder dgl.) kenntlich zu machen.

1. Wenn in ständigen Prüffeldern, Justierräumen und Laboratorien an den behelfsmäßigen Leitungen, an den Apparaten usw. der Schutz gegen zufällige Berührung Spannung führender Teile nicht angewendet wird, sollen die Gänge hinreichend breit und der Bedienungsraum genügend groß sein.

c) Bei Schalt- und Verteilungstafeln für Eich- und Prüfzwecke ist Holz als Bau- und Isolierstoff zulässig.

Einrichtungen für Betriebsversuche und behelfsmäßige Einrichtungen.

Außer den Bestimmungen unter a) bis c) gilt noch folgendes:

d) Die für Betriebsversuche erforderlichen Einrichtungen brauchen den allgemeinen Bestimmungen unter III nicht zu entsprechen, wenn die Versuche unter sachkundiger Aufsicht stehen.

e) Behelfsmäßige Einrichtungen sind durch Warnungstafeln zu kennzeichnen und durch Schutzgeländer, Schutzverschläge oder dgl. gegen den Zutritt Unberufener abzugrenzen. Den örtlichen Verhältnissen ist dabei Rechnung zu tragen.

Die beweglichen und ortsveränderlichen Einrichtungen sowie die Beleuchtungskörper, Apparate, Meßgeräte usw. müssen den allgemein gültigen Bestimmungen unter III genügen.

Bei Schalt- und Verteilungstafeln ist Holz als Baustoff, nicht aber als Isolierstoff zulässig.

B. Theater, Lichtspielhäuser, Kleinkunstbühnen, Zirkusgebäude und diesen gleichzustellende Versammlungsräume.

§ 38.

Allgemeine Bestimmungen.

Die Vorschrift f) erhält folgenden verkürzten Wortlaut:

„f) Bei elektrischen Notbeleuchtungen müssen die Lampen an eine oder mehrere räumlich und elektrisch von der Hauptanlage unabhängige Stromquellen angeschlossen werden."

Die Vorschrift g) erhält für den 1. Abs. folgenden geänderten Wortlaut:

„g) Falls neben der Notbeleuchtung und der Hauptbeleuchtung für den Zuschauerraum noch eine besondere Hilfsbeleuchtung eingerichtet ist, muß diese von einer außerhalb des Beleuchter- oder Bildwerferraumes gelegenen Stelle aus einschaltbar sein."

Bericht über die XXXIV. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker am 8. und 9. Juli 1929 im Städtischen Konzerthaus zu Aachen.

2. Verbandsversammlung

am

Dienstag, dem 9. Juli 1929, 9 Uhr vormittags.

(*Schluß von S. 1642.*)

Den Vorsitz führt Herr Generaldirektor Dr. Krone, Dortmund.

Vorsitzender: Ich eröffne heute die zweite Verbandssitzung und bin sehr erfreut, Sie hier in so stattlicher Anzahl nach der gestrigen Anstrengung begrüßen zu können. Denjenigen, die es gestern nicht gehört haben, will ich kurz mitteilen, daß Haag, Wien und Budapest auf telegraphischem Wege Grüße entboten haben. Die Ansprachen waren tadellos zu vernehmen, so daß die Übertragung große Begeisterung erregt hat.

M. H., wir wollen uns heute, nachdem wir uns gestern hauptsächlich dem Schwachstrom gewidmet hatten, dem Starkstromgebiet zuwenden.

Zuerst spricht Herr Generaldirektor Dr.-Ing. E. h. Frank, Berlin, über: „Der Zusammenschluß großer Netze im Lichte der Elektrizitätswirtschaft", an zweiter Stelle Herr Prof. Dr.-Ing. E. h. Rüdenberg, Berlin, über: „Das Verhalten elektrischer Kraftwerke und Netze beim Zusammenschluß", und an dritter Stelle Herr Oberingenieur Dr.-Ing. Piloty, Berlin, über: „Wirkung des Zusammenschlusses großer Netze auf ihren Betrieb".

Wir werden nicht dreimal, sondern nur einmal am Schlusse eine Diskussion haben und bitten Sie dringend, eifrig hieran teilzunehmen, da die Diskussion meistens die Hauptsache ist.

Ich erteile das Wort Herrn Generaldirektor Dr. Frank, Berlin, zu seinem Vortrag: „Der Zusammenschluß großer Netze im Lichte der Elektrizitätswirtschaft."

(Die Veröffentlichung dieses Vortrages ist in der ETZ 1929, S. 963 erfolgt.)

Das Wort erhält nunmehr Herr Prof. Dr. Rüdenberg, Berlin, zu seinem Vortrage: „Das Verhalten elektrischer Kraftwerke und Netze beim Zusammenschluß."

(Dieser Vortrag ist in der ETZ 1929, S. 970, erschienen.)

Das Wort erteile ich nunmehr Herrn Obering. Dr. Piloty, Berlin, zu seinem Vortrage: „Wirkung des Zusammenschlusses großer Netze auf ihren Betrieb."

(Dieser Vortrag ist in der ETZ 1929, S. 985, erschienen.)

Indem ich zunächst den drei Herren Rednern namens der Versammlung den herzlichsten Dank ausspreche für das, was Sie uns geboten haben, eröffne ich die Aussprache über die drei Vorträge und erteile das Wort Sr. Exzellenz Herrn Reichsrat Dr. von Miller, München.

O. v. Miller, München (wegen der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit schriftlich eingereicht): Als ich im Jahre 1891 mit der Allgemeinen Elektricitäts-



Gesellschaft und der Maschinenfabrik Oerlikon die erste große Kraftübertragung von Laufen nach Frankfurt ausführte, tat ich das ausdrücklich, um den Beweis zu liefern, daß besonders günstige Kraftquellen, seien es Wasserkräfte oder Grubenzentralen über ganze Länder mit Hilfe des hochgespannten elektrischen Stromes verteilt werden können. Ich hatte berechnet, daß zu einer wirtschaftlichen Übertragung der Wasserkraft in Laufen auf nahezu 200 km Entfernung 25 000 V notwendig seien. Die Verwendung einer so hohen Spannung erschien damals kaum durchführbar. Auch Fachleute und Gelehrte erhoben Bedenken, und es wurden gegen das Unternehmen anfänglich von der Reichsregierung und dann von der badischen Regierung große Schwierigkeiten gemacht. Der Versuch gelang aber über Erwarten gut, sowohl bezüglich der Sicherheit als auch der Wirtschaftlichkeit, so daß der Weg zu weitgehender Stromverteilung eröffnet war.

Im unmittelbaren Anschluß an die Frankfurter Ausstellung entstanden die Etschwerke, welche von Meran aus das ganze Etschtal mit Elektrizität versorgten; ferner wurden in Siebenbürgen die Wasserkräfte der Karpathen für die Elektrizitätsversorgung der Provinz Hermannstadt ausgenützt. Es wurden weiterhin Überlandwerke im Rheinland und Westfalen, in Schlesien und in Bayern errichtet. Leider wurden diese Werke nicht nach großzügigen Gesichtspunkten unter Berücksichtigung der Interessen des ganzen Landes, sondern nur lokalen Verhältnissen entsprechend, ausgebaut, wobei Versorgungsgebiete sich durchkreuzten und durch ihre Zersplitterung ungünstige Wirtschaftsverhältnisse ergaben.

Ich hielt es deshalb für nötig, ein Projekt für die Gesamt-Elektrizitätsversorgung von Bayern auszuführen, um in einer gemeinsamen Sammelschiene die verschiedenen Wasserkräfte und Wärmekräfte zu vereinen und über ganz Bayern zu verteilen. Die technischen Grundlagen und die praktische Ausführung dieses großen Unternehmens, welchem ich den Namen Bayernwerk gab, waren verhältnismäßig einfach. Weniger leicht war es, die wirtschaftlichen Schwierigkeiten aus dem Wege zu räumen. Ich habe es für nötig gehalten, die bestehenden Unternehmungen in ihrer Wirksamkeit zu belassen und insbesondere die Detailversorgung mit Elektrizität denselben auch weiterhin anzuvertrauen. Ich begnügte mich damit, den einzelnen Überlandwerken den besonders billigen Strom des Walchenseewerkes, der Isar-Kraftwerke usw. zuzuführen und dafür zu sorgen, daß diese Werke sowie die Hauptsammelschiene, für welche genügend Privatkapital wohl kaum zu beschaffen gewesen wäre, vom Staat ausgeführt wurden. Eine wesentliche Schwierigkeit bestand nur darin, daß die Stadt Nürnberg die außergewöhnlich günstige Wasserkraft des Walchensees für sich allein in Anspruch nehmen wollte, während ich trotz der unleugbaren Verteuerung diese günstigste Energiequelle auch den industriell weniger bevorzugten Gebieten in Niederbayern, der Oberpfalz usf. zugute kommen ließ.

Die Berücksichtigung dieser allgemeinen Interessen war gerade der Hauptgrund, weshalb das staatliche Bayernwerk von mir geschaffen werden mußte.

Auch im Reiche entstanden Sorgen, daß die bestehenden Elektrizitätswerke bei ihrer Erweiterung mehr auf ihre speziellen wirtschaftlichen Vorteile als auf die allgemeinen Reichsinteressen Rücksicht nehmen könnten, und es bestand deshalb der Wunsch nach einer gesetzlichen Regelung der Reichs-Elektrizitätsversorgung. Ich vertrat die Ansicht, daß allgemeine Gesetze für eine Aufgabe, deren Art und Umfang noch nicht bekannt ist, nur schädigend sein können und empfahl deshalb, zunächst ein Projekt für eine einheitliche und möglichst wirtschaftliche Versorgung aller Teile des Reiches mit Elektrizität auszuführen und dann erst zu bestimmen, welche staatlichen Maßnahmen zur Verwirklichung dieses Planes notwendig werden.

Der Reichswirtschaftsminister beauftragte Herrn Geh.-Rat BLOCK und mich mit der Ausarbeitung je eines Gutachtens für den von mir beantragten Plan. Als Grundlagen für ein derartiges Projekt waren vor allem die Erhebungen über den gegenwärtigen Konsum sowie über die bestehenden Leitungen und Stromerzeugungsanlagen wichtig. Unter Verwendung dieser Erhebungen und unter Ausnutzung der Erfahrungen, die ich nun seit 45 Jahren beim Bau der verschiedensten Elektrizitätswerke gewonnen habe, wurde zunächst ein Konsumplan für die von den öffentlichen Werken zu liefernde elektrische Energie aufgestellt, welcher für absehbare Zeiten einen Strombedarf von 34 Mrd kWh ergab. Es war sodann zu prüfen, welche der vorhandenen Elektrizitätswerke nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten bestehen bleiben können, welche zu erweitern sind und welche Neuanlagen von Wasserkräften bzw. Wärmekräften zu errichten sind. Im ganzen sind rd. 8,5 Mill kW gleichzeitiger Leistung erforderlich, von welchen etwa 4,5 Mill kW im Jahre 1925 bereits vorhanden waren.

Nun mußte der Plan gemacht werden, in welcher Weise durch Leitungen von 220, 100 und 40 ... 60 kV die erzeugte Elektrizität am zweckmäßigsten verteilt werden könnte, wobei im ganzen Reichsgebiet jede vorhandene Leitung berücksichtigt und jede erforderliche Verstärkung bzw. Ergänzung vorgesehen wurde. Selbstverständlich wurden in gleicher Weise die vorhandenen Transformatoranlagen und ihre Ergänzung sowie alle Schalt- und Reguliereinrichtungen eingehendst bestimmt und verteilt, so daß ein Gesamtprojekt für die zweckmäßigste Stromerzeugung und Stromverteilung für Deutschland unter weitgehendster Berücksichtigung der vorhandenen Anlagen vorgeschlagen werden konnte. Zur Durchführung dieses Planes halte ich nicht ein staatliches Unternehmen für erforderlich, sondern empfehle die Erhaltung und den Zusammenschluß der vorhandenen Werke nach einem das Gesamtinteresse des Reiches schützenden Plan, der zunächst als Information für alle Elektrizitätsunternehmungen behördlicher und privater Natur gelten soll. Soweit hierdurch die Interessen der einzelnen Unternehmungen gefördert werden, werden sich der Durchführung keine Schwierigkeiten bieten.

Ich glaube aber, daß auch diejenigen Fragen, die nicht das Interesse der Unternehmer, sondern das der Allgemeinheit betreffen, wie z. B. die Versorgung der wirtschaftlich weniger begünstigten Gebiete, die nötige Berücksichtigung finden können, namentlich wenn der Staat sich an diesen Aufgaben beteiligt oder sonstige Unterstützungen gewährt, und daß deshalb auch hierfür Mittel der Gesetzgebung kaum notwendig werden dürften.

Das ist der Weg, den ich empfehlen möchte, damit die großen Vorteile der elektrischen Energieverteilung allen Ständen, allen Ländern und als Vorbild auch der ganzen Welt zum Segen gereichen würden.

Vorsitzender: Ich erteile weiter das Wort Herrn Prof. Dr. Petersen, Berlin.

Petersen, Berlin (schriftlich ergänzt): Gestatten Sie mir, meine Herren, zunächst einige Worte zu der Frage, welche technisch-wirtschaftliche Bedeutung der von Herrn RÜDENBERG in so anschaulicher Weise erläuterte Betrieb einer langen Fernleitung mit natürlicher Leistung bzw. mit angepaßten Leitungskonstanten nach meiner Auffassung besitzt.

Die vom Herrn Vortragenden gegebene Darstellung des Verhaltens einer Leitung, welche mit ihrer natürlichen Leistung belastet ist, besitzt zweifellos großes physikalisches Interesse. Es muß indessen darauf hingewiesen werden, daß ein solcher Betrieb unserer Praxis nichts Neues ist, daß vielmehr lange Leitungen gewöhnlich schon annähernd auf diese Weise betrieben werden. Die Bedingung des abgestimmten Betriebes ist die, daß überall längs der Leitung konstante Spannung herrscht. Streng genommen ist dies nur mit unendlich fein verteilten Kompensationsmitteln (Drosseln, Phasenschiebern, Kondensatoren) möglich. Da aber die Kompensationsmittel in Wirklichkeit in unendlicher Zahl konzentriert aufgestellt werden müssen, ergibt sich ein Betrieb, bei dem an einer bestimmten Anzahl von Zwischenstationen die Spannung ungefähr konstant gehalten wird. Dies ist aber schon die gewöhnliche Betriebsweise der Großkraft-Übertragungen unter den praktisch vorliegenden Verhältnissen.

Der Leistungsfaktor der Belastung einer Leitung, die ungefähr in solcher Weise betrieben wird, ist nur unter Voraussetzung unendlich verteilter Kompensation gleich der Einheit. Bei konzentrierter Kompensation weicht der Leistungsfaktor auch bei Konstantspannungsbetrieb unter Umständen beträchtlich von der Einheit ab, u. zw. um so mehr, je länger die Leitungsabschnitte sind. Es wäre daher verfehlt, unter allen Umständen die Belastung mit dem Leistungsfaktor 1 als die natürlich gegebene und einzig richtige anzusehen.

Die wirtschaftliche Bedeutung des natürlichen Betriebes darf keinesfalls überschätzt werden. Für die Beurteilung der wirtschaftlichsten Betriebsweise sind nicht nur die Verluste, sondern auch, u. zw. in erster Linie die Ausnutzung des investierten Kapitals von Bedeutung. Betrachten wir beispielsweise eine 400 km lange Doppelleitung für 220 kV. Ihre Anlagekosten belaufen sich auf 75 000 RM/km, d. h. auf insgesamt 30 000 000 RM. Die Nennleistung der Leitung möge mit einer Benutzungsdauer von 6000 h im Jahr übertragen werden. Rechnen

wir mit einem Kapitaldienst von 15 %, so ergeben sich die nachstehend aufgeführten, auf die Kilowattstunde umgerechneten festen Kosten:

Nennleistung	
50 MW	1,5 Pf/kWh
100 „	0,75 „
150 „	0,50 „
200 „	0,38 „

Die durch die Verluste hervorgerufenen Kosten (Erzeugungskosten 1,5 Pf/kWh) sind bei verschiedenen Werten des mittleren Jahreswirkungsgrades nachstehend aufgeführt:

Mittlerer Jahreswirkungsgrad	
0,95	0,07 Pf/kWh
0,90	0,17 „
0,85	0,27 „
0,80	0,37 „

Ein Vergleich der Zahlenwerte lehrt, daß bei den praktisch möglichen Belastungen, die sicher kleiner als 100 MW sind, selbst bei Zugrundelegung schlechter Wirkungsgrade die Kosten des Kapitaldienstes überwiegen. Es kommt daher weniger auf die Verringerung der Verluste als auf möglichst hohe Ausnutzung der Leitung an. Daher können erhebliche Abweichungen vom natürlichen Betrieb, den der Vortragende als den wirtschaftlichsten hervorgehoben hat, in Wahrheit wirtschaftlich sein.

In zweiter Linie, meine Herren, scheint es mir notwendig zu sein, zu den bedeutungsvollen Ausführungen des Herrn Vortragenden betreffend die praktischen Hilfsmittel für den Betrieb langer Fernleitungen einige ergänzende, kritische Bemerkungen zu machen.

Wenn auch, wie wir eben gesehen haben, der Konstantspannungsbetrieb eines aus mehreren Teilstrecken bestehenden Großleistungs-Übertragungsstranges mit Rücksicht auf die *Wirtschaftlichkeit* des Betriebes keine ausgesprochen ausgezeichnete Rolle spielt, so kann dies doch mit Rücksicht auf die *Stabilität* der beteiligten Kraftwerke der Fall sein. Dann nämlich, wenn an den Leitungstrang angeschlossene Kraftwerke Spannungen entwickeln, welche eine größere Phasenverschiebung als der kritische Winkel besitzen. In einem solchen Fall müssen, wie der Herr Vortragende bereits auseinandergesetzt hat, auf dem Leitungstrang *Spannungstützpunkte* mit Hilfe von Blindleistungsapparaten geschaffen werden. Als solche Blindleistungsapparate kommen aber für den geschilderten Zweck nur Synchronmaschinen in Betracht. Der Grund ist aus Abb. 1 ersichtlich, welche die Charakteristik: *Blindleistung Q abhängig von der Spannung U* darstellt. Die *Synchronmaschine* hat ihrer Natur nach die Eigenschaft, die *Spannung* unabhängig von ihrer Belastung konstant zu halten. Wäre sie unendlich groß, so würde ihre Charakteristik durch eine vertikale Gerade gegeben sein. Nur infolge ihrer endlichen Größe entwickelt sie einen Spannungsabfall, der zu einer Kurvenneigung führt, der in der Abbildung übertrieben bezeichnet ist. *Alle* anderen Maschinen und Apparate, *insbesondere* auch die *Asynchronmaschinen*, liefern eine Blindleistung, welche mit *sinkender Spannung abnimmt*. Das *gewünschte* Verhalten ist die *vertikale* Gerade. Die *Abweichung* hiervon *muß* durch selbsttätige Regelorgane *fortgeregelt* werden. Es ist plausibel, daß dies bei der *Synchronmaschine* am schnellsten und leichtesten geschehen kann. Mit diesem Ergebnis stehen auch die Erfahrungen der großen amerikanischen Netze in Übereinstimmung, in welchen sich die *Synchronmaschinen als stabilisierende* Organe vortrefflich bewährt haben. Dagegen ist es *völlig ungewiß*, ob *Asynchronmaschinen* und *Drosseln* in der Lage sind, einen Betrieb zu ermöglichen, bei welchem Kraftwerkspannungen *Winkel*, die den *kritischen übersteigen*, miteinander bilden.

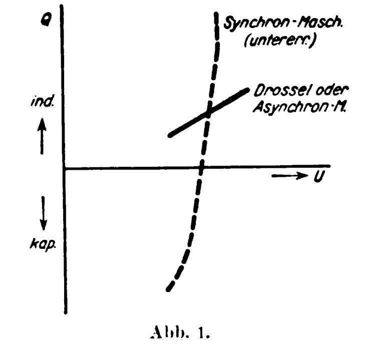


Abb. 1.

Trotzdem ist die Drosselspule als Kompensationsmittel durchaus nicht zu verwerfen. Sie darf aber vorläufig wenigstens, solange weitere Erfahrungen nicht vorliegen, nur als träge wirkendes Kompensationsorgan zur Erzielung eines wirtschaftlichen Betriebes betrachtet werden. Für die *Stützung der Spannung* mit *Rücksicht auf Stabilität* wird man die *Synchronmaschine* nicht entbehren können.

Nach den vorliegenden amerikanischen Erfahrungen und auch nach den Betriebsergebnissen deutscher Überlandwerke scheinen Synchronmaschinen für die Entfaltung ihrer *stabilisierenden* Wirkung im Normalbetrieb keiner besonderen *Schnellerregung* zu bedürfen. Es genügen vielmehr die üblichen Schnellregler in Verbindung mit normalen Erregermaschinen. Die *amerikanischen Schnellerregungssysteme*, welche der Herr Vortragende erwähnte, sind als Hilfsmittel für die Stabilisierung gegenüber *Stößen* zu betrachten. Auf ihre Bedeutung werde ich noch zu sprechen kommen. In diesem Zusammenhange möchte ich noch darauf hinweisen, daß die *natürliche Leistung* bzw. irgendein Vielfaches von ihr, beispielsweise das 1,5fache bei *langen Leitungen*, d. h. bei solchen Leitungen, bei welchen in diesem Falle der *kritische Winkel überstiegen wird*, nur dann als Grenzleistung betrachtet werden darf, wenn die Spannung durch *Synchronmaschinen* gestützt wird.

Die von dem Herrn Vortragenden als aussichtsreich hervorgehobene *Serienkompensation* mittels *Serienkondensatoren* muß praktisch als frommer Wunsch bezeichnet werden. Ist es schon heute unmöglich, auch nur solche *Kondensatoren* wirtschaftlich zu bauen, welche dem Normalstrom gewachsen sind, so ist es ganz und gar unmöglich, sie für die *unvermeidliche Beanspruchung* durch *Kurzschlußströme* auszulegen. Man hat in Amerika Versuche gemacht, solche Serienkondensatoren im Falle eines Kurzschlusses durch einen Schalter zu überbrücken. Die zugehörige Einrichtung ist sehr verwickelt und wird wohl *kaum* Eingang in die *deutsche Praxis* finden. Außerdem setzt man die Kompensation gerade *dann*, wenn man sie am *notwendigsten braucht*, *außer* Tätigkeit.

Eine besondere Betrachtung verdienen, wie ich ja schon andeutete, die aus der amerikanischen Praxis bekannten Einrichtungen zur Erhöhung der Stoßstabilität, die dort unter dem Namen super-excitation, quick-response-excitation bekannt sind. Ich muß dringend davor warnen, derartige Einrichtungen ohne weitere Kritik für den Betrieb deutscher Netze zu übernehmen. Sie sind in *Amerika ausschließlich* mit Rücksicht auf den *Erdkurzschluß*, den es in Netzen mit *Erdschlußkompensation nicht gibt*, entwickelt worden. Die amerikanische Praxis verzichtet ausdrücklich auf die Forderung, große stoßempfindliche Netze, auch gegenüber *mehrphasigen Kurzschlüssen* stabil zu machen. Im großen und ganzen kann man das Verhältnis der Anzahl von Erdschlüssen zu der Anzahl von mehrphasigen Kurzschlüssen gleich 10 : 1 setzen. Ich sehe nicht ein, warum wir über die amerikanische Forderung hinausgehen sollen, daß Erdschlüsse den Betrieb nicht umwerfen dürfen. Es muß auch darauf hingewiesen werden, daß es beim heutigen Stand der Technik mehr als zweifelhaft erscheint, ob es überhaupt möglich ist, große Netze gegen mehrphasige Kurzschlüsse in nennenswertem Maße zu stabilisieren. Ich glaube nicht, daß die vom Herrn Vortragenden erwähnten Einrichtungen hierzu in der Lage sind. Auf der anderen Seite darf man nicht vergessen, daß die Verwendung von Stoßerregungseinrichtungen andere schwerwiegende Nachteile, insbesondere eine bedeutende Vergrößerung der Kurzschlußströme und aller ihrer Folgeerscheinungen nach sich zieht. Unter diesen Umständen muß ich die Überzeugung aussprechen, daß ihre Verwendung in großen Überlandnetzen einen technischen Mißgriff bedeutet.

Stellt man sich auf diesen Standpunkt, dann verliert auch die vom Herrn Vortragenden behandelte Frage der Abschaltzeit der Ölschalter wesentlich an Bedeutung. Gleichwohl wird man dem Herrn Vortragenden darin zustimmen können, daß die *Reaktanzen von Transformatoren nicht unnötig groß gemacht* werden sollten, damit die Stabilität des *Normalbetriebes* nicht verschlechtert, d. h. die *Pendelungsgefahr* nicht erhöht wird.

Zum Schluß möchte ich noch darauf hinweisen, daß *Zahlen* über die maximal übertragbare Leistung mit *Vorsicht* zu betrachten sind, da man unter verschiedenen Annahmen zu ganz verschiedenen Ergebnissen gelangen kann. Man darf daher auch die Zahlen des Herrn Vortragenden nur als Beispiele für die zu erwartende Größenordnung ansehen. Ich nehme an, daß auch Herr

Prof. RÜDENBERG sie nur in diesem Sinne bewertet wissen will.

Vorsitzender: Das Wort erhält Herr Generaldirektor Dr. J a h n c k e, Berlin.

Jahncke, Berlin: Ich will die Ausführungen zu dem heutigen Thema nur kurz ergänzen, u. zw. im Hinblick auf die Energiequellen, welche uns in Deutschland zur Verfügung stehen. Da wir auch mit Energierohstoffen nicht überreich versorgt sind, ist das eine Angelegenheit, die sehr weitsichtig behandelt und vorbedacht werden muß.

Wir werden in diesem Jahre in Deutschland insgesamt rund 30 Mill kWh verbrauchen sowohl in öffentlichen wie in privaten Elektrizitätswerken. Hiervon werden rd. ⅓ aus Braunkohle, ⅓ aus Steinkohle und das letzte Drittel aus Wasserkraft, Gas, Öl usw. gewonnen.

Bezüglich der Steinkohle liegt noch kein Grund zu irgendwelcher Besorgnis vor, es ist für viele hundert Jahre genügend Vorrat da. Die Aufgabe, die dort für die nächsten Jahre vorliegt, besteht darin, in den Steinkohlenbezirken die Abfallkohle, die noch nicht an Ort und Stelle verwendet werden kann, der Elektrizitätswirtschaft nutzbar zu machen. Im rheinisch-westfälischen Kohlenrevier sind dazu genügend Kraftwerke vorhanden, während im Osten das von uns neu in Angriff genommene Kraftwerk in Cosel diesem Zwecke dienen soll.

Rd. 10 Mill kWh werden also aus Braunkohle erzeugt. Dazu sind rund gerechnet 2,5 Mill t Rohbraunkohle nötig, d. h. also, wenn wir mit einer hundertjährigen Voraussicht rechnen, daß wir bei einem Betriebe im jetzigen Umfange in 100 Jahren 2,5 Mrd t Braunkohle brauchen würden.

Nach dem letzten Bericht der Geologischen Landesanstalt sind in ganz Deutschland 17,5 Mrd t im Tagebau zu gewinnende Braunkohle erbohrt. Die Zahl wird sich durch neue Bohrungen wenig mehr verändern, wohl aber verschiebt sich das Verhältnis zwischen Tagebau- und Tiefbaukohle immer weiter zugunsten der Tagebaukohle. Die Gesamtförderung an Braunkohle betrug im vorigen Jahr 165 Mill t, d. h. also, bei dem jetzigen Verbrauch an Braunkohle reicht unsere Tagebaukohle rd. 100 Jahre. — Tiefbaukohlen sind bis jetzt 7,5 Mrd t erbohrt worden. Hier kann man aber annehmen, daß nicht mehr als die Hälfte erbohrt sind, daß also die wirkliche Zahl wohl als doppelt so hoch angenommen werden kann. Hinzu kommt noch, daß dabei ein Abbauverlust, wie er jetzt notwendig ist, von 35...40 % eingerechnet ist. Dieser wird sich im Laufe der Jahre sicher auch noch verringern. Es scheint mir berechtigt zu sein, zu sagen, daß neben der Tagebaukohle noch ebensoviel gewinnbare Tiefbaukohle vorhanden ist, also auch für 100 Jahre beim heutigen Verbrauch.

Nur für die Elektrizitätswirtschaft gesehen, fällt aber diese Betrachtung noch wesentlich günstiger aus. Ich habe soeben festgestellt, daß man beim heutigen Bedarf an Braunkohle für Elektrizitätserzeugung in Deutschland in 100 Jahren für Deckung dieses Bedarfes 2,5 Mrd t Kohle haben müßte. Da kann ich Ihnen aber aus meiner Kenntnis der einzelnen Gesellschaften heraus sagen, daß mindestens die doppelte Menge Kohle, also 5 Mrd t Tagebaukohle, in der Erde für die Elektrizitätswirtschaft heute schon reserviert ist, d. h. also, Sie können den heutigen Bedarf an Braunkohle für die Elektrizitätswirtschaft verdoppeln und reichen dann immer noch 100 Jahre mit der zur Verfügung stehenden Tagebaukohle.

Ich stelle mir also die künftige Elektrizitätswirtschaft auf der Braunkohle in Deutschland so vor, daß man zunächst noch den Verbrauch an Tagebaukohle für diese Wirtschaft verdoppeln wird. Das wird aber schon in höchstens 10 Jahren erreicht sein. Dann wird man in größerem Stile als bisher in den Bezirken, die mit Braunkohlenstrom versorgt wurden, Wasserkraft mit heranziehen müssen, und da wir in Mittel- und Ostdeutschland so gut wie gar keine Wasserkraftenergie haben, muß diese dann vom Süden bezogen werden. Dann ist es aber nötig, daß die großen 100 000 V-Versorgungsnetze untereinander verkuppelt sind, damit die Wasserkräfte über den ganzen Bezirk von Ost- und Mitteldeutschland gegen die Dampfkräfte ausgeglichen werden können.

Ich rechne weiter damit, daß in 20...30 Jahren die Technik so weit sein wird, daß man auch die Tiefbaukohle wirtschaftlich abbauen kann. Dazu ist in erster Linie notwendig, daß man nicht 40 % der Kohle als Sicherheitspfeiler in der Erde stehen lassen muß, denn das grenzte ja an Raubbau. Aber in 20...30 Jahren wird man dann Tiefbaukohle mit heranziehen und damit die Tagebaukohle strecken.

Diese Überlegung war tatsächlich der erste Anlaß zur Gründung der Aktiengesellschaft für deutsche Elektrizitätswirtschaft, die in der Folgezeit eine wesentliche Rolle in der deutschen Elektrizitätswirtschaft spielen wird.

Vorsitzender: Das Wort erhält Herr Direktor Baurat R a c h e l, Dresden.

Rachel, Dresden: Herr Prof. RÜDENBERG hat über die Stabilitätsverhältnisse der Kraftübertragung vorgetragen und dabei die Stabilitätstörungen und die Abhilfsmittel dagegen behandelt. Solche Stabilitätstörungen sind nicht etwa bisher in Deutschland unbekannt gewesen und jetzt neu hinzugekommen; das ist nicht der Fall, und das hat Herr Prof. RÜDENBERG auch nicht gemeint. Aber es ist vielleicht zweckmäßig, dies zur Vermeidung mißverständlicher Auffassungen außenstehender Kreise besonders zu betonen.

Sie haben gehört, daß Herr Prof. PETERSEN die Übertragung der amerikanischen Praxis zur Verhütung von Stabilitätstörungen auf deutsche Verhältnisse kritisch behandelt hat. Er hat dabei zum Ausdruck gebracht, daß das, was die Amerikaner getan haben, wegen des Erdkurzschlusses getan worden ist, weil ja bekanntlich die amerikanischen Anlagen in der Regel mit festgeerdetem Nullpunkt ausgeführt sind und demgemäß jeder Erdschluß einen Erdkurzschluß mit seinen unangenehmen Nachwirkungen bedeutet. Wir haben keine Anlagen mit festgeerdetem Nullpunkt in Deutschland, sondern entweder Anlagen mit isoliertem Nullpunkt oder mit Erdschlußlöschspulen. Ich nehme an, daß die Ausführungen von Herrn Prof. PETERSEN nicht so zu verstehen sind, als brauchten wir uns im Hinblick auf das Vorhandensein einer Erdschlußlöschung mit Verbesserungsmaßnahmen für die Stabilitätsverhältnisse nicht zu befassen, sondern daß er nur meinte, daß man heute über die zweckmäßigsten Mittel zur Verbesserung der Stabilitätsverhältnisse noch nichts Endgültiges sagen kann.

Herr Prof. RÜDENBERG zeigte u. a. ein Oszillogramm von Versuchen, die von der Aktiengesellschaft Sächsische Werke unter der dankenswerten Mitarbeit der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen und der Siemens-Schuckertwerke im Großkraftwerk Hirschfelde durchgeführt worden sind. Diese Versuche haben die im praktischen Betrieb hervorgetretenen Erfahrungen, daß die Stabilitätsverhältnisse in unseren 100 kV-Netzen nicht voll befriedigend sind, im kleinen Rahmen durchaus bestätigt. Diese Versuche haben insbesondere gezeigt, daß für die Verbesserung der Stabilitätsverhältnisse nicht nur etwas getan werden muß, sondern offenbar auch getan werden kann. Über die Mittel, mit denen man die Verbesserung tatsächlich erzielen wird, darüber kann man heute noch nicht entscheiden, aber ich hoffe, daß Herr Prof. PETERSEN mir zustimmt, daß die Frage der Verbesserung der Stabilitätsverhältnisse auch für Deutschland aktuell ist, und man für diese Verbesserung etwas tun muß. Ich sehe, daß Herr Prof. PETERSEN dem zustimmt.

Bei der ganzen Frage drehte es sich ja nicht darum, daß man sehr häufig Stabilitätstörungen in unseren Anlagen hat, im Gegenteil, die Stabilitätstörungen sind außerordentlich selten. Wenn wir trotzdem dem Problem bei der Aktiengesellschaft Sächsische Werke nähergetreten sind, so haben wir es getan, weil die Stabilitätstörungen die unangenehmsten Störungen sind, die es überhaupt in der Großversorgung gibt. Sie sind deshalb so unangenehm und so gefürchtet, weil die Maschinen außer Tritt gehen, unter Umständen der ganze Leistungsfluß zwischen Erzeugung, Übertragung und Abnehmer zerreißt, ganze Maschinengruppen oder ganze Kraftwerke neu hochgefahren und neu synchronisiert werden müssen. Man kann das auseinandergefallene Netz nicht einfach wieder zusammenschalten. Die Wiederherstellung des ordnungsgemäßen Betriebszustandes ist unter 10...20 min Zeitaufwand nicht zu erzielen. Am gefährdetsten ist naturgemäß die Zeit der täglichen Vollbelastung der Leitungen, weil man sich dabei u. U. in der Nähe der Stabilitätsgrenze der Übertragung bewegt, und es mitunter selbst nur verhältnismäßig entfernt liegender Kurzschlüsse und dadurch hervorgerufener Spannungsabsenkungen bedarf, um Unstabilitätsvorgänge, Pendelungen oder gar Auslösungen hervorzurufen, und es ist deshalb verständlich, daß das Interesse an dem Stabilitätsproblem in letzter Zeit so gewachsen ist, weil ja durch die fortschreitende Steigerung des Absatzes eine immer größere Zahl Leitungen und Netze in den täglichen Vollastbetrieb hineingewachsen sind.

Unsere Versuche in Hirschfelde, die zunächst natürlich lokalen Charakter haben können, haben einmal gezeigt, daß die mechanische Regelung der Dampfturbinen wohl zu träg ist, und das andere Mal, daß der Sicherheitsabstand, der zwischen dem Regulierbereich der Dampf-



turbinenregelung und dem Ansprechen des Schnellschlußventils liegt, zu klein ist, so daß schon bei Pendelungen infolge von Stabilitätstörungen der Schnellschluß unnötigerweise zum Ansprechen kam. Das sind z. B. Dinge, die sich wohl werden abändern lassen, und zu deren Abänderung wir uns entschließen müssen.

Weiter haben unsere Versuche gezeigt, daß auch in der Frage der Steigerung der Erregerspannung noch Fortschritte anzustreben sind. Es zeigte sich, wie das ja auch Prof. RÜDENBERG ganz allgemein dargelegt hat, daß der zeitliche Verlauf der Pendelungen und der Spannungsregelung von grundlegender Bedeutung ist. Wenn wir mit der Spannungsregelung schnell genug sind, so ist es u. U. möglich, die sich der Instabilität nähernden Maschinen noch zu halten oder schon unstabile Maschinen während des Pendelns wieder einzufangen. Ich habe aus unseren Versuchen und deren Ausmittlung jedenfalls den Eindruck gewonnen, daß man vielleicht doch auch die Frage wird weiter behandeln müssen, ob die jetzt in Deutschland übliche Auslegung der Erregermaschinen wirklich die richtigste ist, oder ob wir nicht auch auf diesem Gebiet, sei es nach den Gedankengängen der Amerikaner, sei es nach anderen Erwägungen, neue Wege gehen müssen. Auf jeden Fall möchte ich auf Grund unserer Betriebsbeobachtungen und der Ergebnisse unserer ersten Versuche betonen, daß auch in Deutschland eine zielbewußte Weiterverfolgung der Verbesserung der Stabilitätsverhältnisse der Kraftübertragung m. E. ein unbedingtes Erfordernis ist.

Vorsitzender: Ich erteile weiter das Wort Herrn Direktor Dipl.-Ing. Lipken, Dortmund.

Lipken, Dortmund: Die technischen Betriebsmittel für einen guten zuverlässigen Gemeinschaftsbetrieb sind hier eingehend besprochen worden. Wir müssen aber auch dann gerüstet sein, wenn gelegentlich mal infolge besonderer Umstände die Stabilität des Systems gestört werden sollte. In solchen Fällen ist es von außerordentlicher Bedeutung, daß das abgetrennte Kraftwerk in der Lage ist, bis zur Wiederherstellung der Kupplung und planmäßigen Lastverteilung die Versorgung seines Bezirkes durchzuhalten. Nach dem Vortrag von Herrn Dr. PILOTY sieht der Spennemannsche Fahrplan außer „Frequenzmaschinen" und „Fahrplanmaschinen" hierfür ja ausdrücklich „Bereitschaftsmaschinen" vor.

Bei Dampfkraftwerken werden nun derartige Bereitschaftsmaschinen große momentane Belastungen nur dann auffangen können, wenn ihnen sofort genügend Dampf zur Verfügung steht. Wirtschaftlich ist es aber natürlich gar nicht möglich, soviel Kesselheizfläche dauernd für derartige Ausnahmefälle unter Dampf zu halten. Am raschesten vermag noch die Kohlenstaubfeuerung plötzlichen Laststeigerungen zu folgen. Eine volle Sicherheit aber durch ihre wirklich momentane Betriebsbereitschaft bei plötzlichen Überlastungen bieten die Dampfspeicher. Im umgekehrten Fall der plötzlichen Entlastung des Kraftwerks vermag derselbe Speicher den überschüssigen Dampf aufzunehmen und schließlich ist für das frequenzfahrende Kraftwerk mit seinen dauernden Belastungsschwankungen der Dampfspeicher schon aus rein wirtschaftlichen Gründen für die Betriebsführung zweckmäßig.

Eine ähnliche Sicherheit können Speicherwasserkräfte bieten, mögen es nun Pumpspeicherwerke oder reine Talsperrenwerke sein, die wegen ihres dauernden Wasservorrats besonders wertvoll sind. Wenn diese unter voller Automatisierung der gesamten Betriebsvorgänge in einem Bruchteil der bei Handbedienung benötigten Zeit aufs Netz geschaltet werden, vermögen auch sie in der Regel den abgetrennten Netzbetrieb ohne Störung aufrechtzuerhalten. Das sind also ebenfalls wertvolle Hilfsmittel für die Sicherheit beim Gemeinschaftsbetrieb.

Vorsitzender: Das Wort erhält Herr Direktor Föhl, Berlin.

Föhl, Berlin: Außer den Fahrplanwerken und Frequenzwerken gibt es noch diejenigen Grundlastwerke, welche anfallende Überschußenergie in elektrische Energie umsetzen. Hierzu gehören Wasserkräfte ohne Speicherfähigkeit, Gichtgaszentralen sowie Industrie- und Heizkraftwerke, welche den zu Heizzwecken benötigten Dampf im Gegendruckbetrieb zur Krafterzeugung ausnutzen. Alle diese Kraftwerke sind so zu regeln, daß sie die gesamte anfallende Energie ausnutzen. Sie schneiden also einen nicht willkürlich beeinflußbaren Teil aus der Gesamtbelastungskurve heraus.

Erst oberhalb dieser Kraftwerke sind die Fahrplanwerke einzusetzen. Als solche kommen in erster Linie die thermischen Großkraftwerke in Frage. Für ihre Regelung hat Dr. RUTHS den Vorschlag gemacht, die Fahrplansteuerung nicht auf die Turbinensteuerung, sondern vielmehr auf die Regelung des Kessels wirken zu lassen, weil die Belastung der Turbine viel leichter der Dampferzeugung des Kessels angepaßt werden kann als umgekehrt.

Bei einer solchen Regelung müssen die Spitzenkraftwerke den noch übrig bleibenden Teil der Belastung decken, der dann einen sehr unregelmäßigen, zwischen Leerlauf und Vollast stark schwankenden Verlauf zeigen wird. Solche Spitzenkraftwerke sollen deshalb als Speicherkraftwerke ausgebildet werden. Sie erhalten auf diese Weise eine so große Elastizität, daß sie nicht nur alle Belastungschwankungen übernehmen können, sondern zugleich auch bei Störungen in der Kraftübertragung zwischen den Kraftwerken augenblicklich für die ausfallende Leistung einspringen können.

Eine Verminderung der Höhe der Spitze kann zwar durch die Verschiebung der Sonnenuntergangszeit beim Zusammenschluß von in westöstlicher Richtung weit auseinanderliegenden Kraftwerken erzielt werden. Die Verminderung der installierten Leistung durch den bestenfalls hierbei erreichbaren Ausgleich entspricht jedoch bei weitem nicht der Höhe des für die Fernleitung aufzuwendenden Anlagekapitals, so daß auch beim Zusammenschluß größter Netze der Transport des Spitzenstroms durch die Fernleitungen unwirtschaftlich bleiben wird.

Im Kraftwerk Oberlungwitz der S. E. L. G. hat eine Ruthsspeicheranlage bei einem Kurzschluß im 30 kV-Netz, aus dem das Oberlungwitzer 10 kV-Netz im allgemeinen gespeist wird, den Betrieb in dem letzteren Netz aufrechterhalten, ohne daß die angeschlossenen Verbraucher von der Störung etwas gemerkt hätten. Es darf erwartet werden, daß die durch solche Anlagen erhöhte Betriebsicherheit fördernd auf den Zusammenschluß der Versorgungsnetze einwirken wird.

Vorsitzender: Das Wort erteile ich nunmehr Herrn Dipl.-Ing. Hammerer, Berlin.

Hammerer, Berlin: Wie die vorausgegangenen Ausführungen gezeigt haben, steht das in theoretischer Hinsicht zwar schon längst als geklärt zu betrachtende Problem des Parallelbetriebes infolge der sich darum gruppierenden Einzelfragen heute wieder mehr denn je im Mittelpunkt des Interesses weiter Kreise. Zielten die Vorträge darauf ab, die verschiedenen neuerdings aufgetauchten Gesichtspunkte von einem umfassenden und daher abstrakteren Standpunkt aus, so, wie es der Sonntagsarbeit des Ingenieurs ziemt, zu behandeln, so darf es wohl der Diskussion gestattet sein, auf den einen oder anderen Grat- und Gipfelpunkt, den der rasche Flug aus der Ferne erkennen ließ, noch einmal zurückzukehren.

Ich knüpfe an das erste Lichtbild[1] in dem Vortrag des Herrn Prof. RÜDENBERG an, das den Zusammenhang zwischen der an der Erzeugerstelle zu haltenden Spannung U_0 und der an der Verbraucherstelle herrschenden Spannung U bei einer gewissen Belastung J, gekennzeichnet durch Wirkstrom J_w und Blindstrom J_b, mit einem bestimmten Phasenverschiebungswinkel φ an der Verbraucherstelle darstellt (Abb. 1).

Die diesem Diagramm zugrunde liegende Gleichung

$$\dot{U}_0 = \dot{U} + (r - j\,k)\,\dot{J}$$

läßt sich durch Zerlegen des Stromes J in seine beiden Komponenten J_w und J_b in die Form

$$\dot{U}_0 = \dot{U} + (r - j\,k)\,\dot{J}_w + (r - j\,k)\,\dot{J}_b$$

bringen[2] und gestattet so, mühelos eine Reihe geometrischer Örter für die verschiedenen an sich zunächst willkürlich veränderlichen Betriebsgrößen aufzufinden.

Infolge des Umstandes, daß

1. die Dreiecke ABP_{ob}, $P_{ob}CP$ und AMP stets in ihrem Winkel ψ übereinstimmen und somit einander ähnlich sind,

2. das Dreieck ABP_{ob} proportional J_w, das Dreieck $P_{ob}CP$ proportional J_b und das Dreieck AMP proportional J ist, findet man als geometrischen Ort

a) konstanter Wirkleistung

eine Gerade senkrecht zur Hypotenuse des J_w-Dreiecks durch den Punkt P_{ob},

b) konstanter Blindleistung

eine Gerade senkrecht zur Hypotenuse des J_b-Dreiecks durch den Punkt P,

[1] ETZ 1929, S. 970, Abb. 2.

[2] Vgl. Burger, Siemens-Z. 1922, S. 251 u. Ossanna, ETZ 1922, S. 1025 u. El. u. Maschinenb. 1926, S. 113.

c) konstanter Scheinleistung

einen Kreis um den Leerlaufpunkt A und mit der Hypotenuse AP des J-Dreiecks als Halbmesser,

d) konstanten Verhältnisses $\frac{\text{Wirkleistung}}{\text{Blindleistung}}$

eine Gerade durch den vorhererwähnten Leerlaufpunkt A und den Belastungspunkt P.

Das Problem der Spannungsregelung gewinnt damit an Übersichtlichkeit und Einfachheit, weil mit einem Blick die Auswirkung jedes Reguliervorganges sowohl auf die

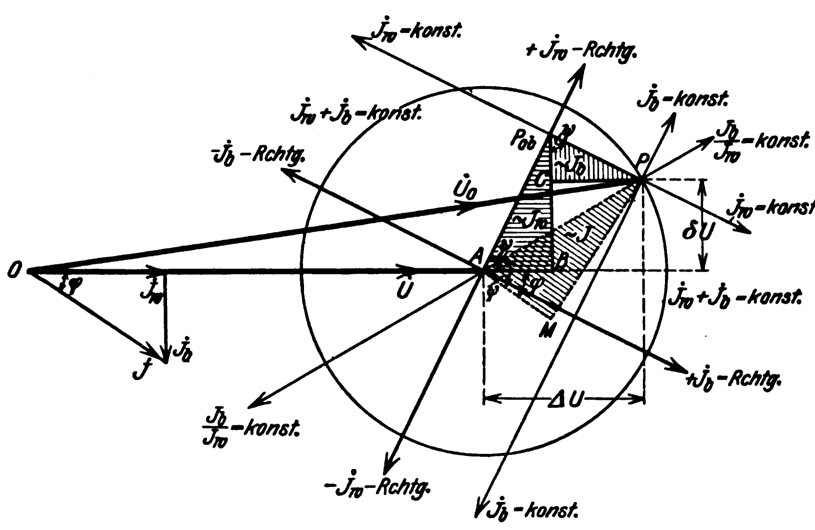


Abb. 2. Spannungsdiagramm einer Wechselstrom-Freileitung.

einzelnen Betriebsgrößen wie auch insbesondere auf die Spannungsverhältnisse selbst nach ihren beiden Komponenten überblickt werden kann.

Man erkennt (Abb. 2), daß nicht unter allen Umständen eine sowohl nach Spannungsgröße wie nach Spannungsrichtung befriedigende Regulierung durch Blindstrom mittels parallel geschalteter Zusatzeinrichtungen möglich ist, da entweder der Phasenwinkel zwischen den beiden Spannungen U_0 und U oder ihr Größenunterschied unzulässig wird. Ebensowenig befriedigt in allen Fällen eine Regulierung mittels in Reihe geschalteter Zusatzeinrichtungen. Während im ersten Fall der Reguliervorgang gekennzeichnet ist durch ein Wandern des Belastungspunktes P auf der Geraden für J_w = konst., hat eine Veränderung der Leitungscharakteristik eine Änderung des vorerwähnten Winkels ψ zur Folge, so daß der Punkt P auf der Geraden MP wandert und damit das J_w/J_b-Koordinatenkreuz gegenüber seiner früheren Lage um den gleichen Betrag, um den sich der Winkel ψ geändert hat, gedreht wird.

Die gleichzeitige Anwendung von Parallel- und Serienkompensation hingegen wird stets zu günstigen Spannungsverhältnissen führen. Die von Herrn Prof. RÜDENBERG erwähnte Nivellierung von Leitungen wird zur Selbstverständlichkeit.

Mit der soeben vorgetragenen Aufgabe ist jedoch der Anwendungsbereich des in Rede stehenden Diagramms noch nicht erschöpft; abgesehen von der Auswertung in Form von Betriebsdiagrammen lassen sich auch Untersuchungen hinsichtlich der Verhältnisse in parallel geschalteten Leitungssystemen übersichtlich durchführen; sie gehen letzten Endes alle davon aus, daß für jedes Einzelsystem sowohl die Spannungen U_0 an der Erzeugerstelle wie die Spannungen U an der Verbraucherstelle untereinander gleich sind. Hierauf näher einzugehen, verbietet allerdings die vorgerückte Zeit.

Zum Schluß meiner Ausführungen möchte ich, um Mißverständnisse zu vermeiden, ausdrücklich darauf hinweisen, daß die Gegenüberstellung einer graphischen Methode keinesfalls bezweckte, diese in einen gewissen Gegensatz zur rein rechnerischen Behandlung des Problems, wie sie von Herrn Prof. RÜDENBERG im vorausgehenden vorwiegend angewendet wurde, zu stellen, sondern sie wollte vielmehr lediglich eine bescheidene und für die Werktagsarbeit des Ingenieurs gedachte Ergänzung sein.

Vorsitzender: Das Wort hat Herr Generaldirektor Dr. Frank, Berlin.

Frank, Berlin: Ich will mich ganz kurz fassen. Ich möchte zu den Ausführungen, die wir von Herrn Prof. PETERSEN gehört haben, der hauptsächlich über die Grenzwerte sprach, und dem ich vollkommen recht gebe, bemerken, daß dem eine Reihe von Faktoren entgegenstehen, die man in Anrechnung setzen muß. Im Laufe der Jahre werden wir auch diese Faktoren noch ändern können. Die Ausführungen des Herrn JAHNCKE widersprechen meinen Ausführungen in keiner Weise. Auch ich bin der Meinung, daß die Lebensdauer der Braunkohle weit mehr als fünfzig Jahre beträgt, das hat Herr JAHNCKE noch einmal bestätigt. Es ist weiter hier geäußert worden, daß der Zusammenschluß großer Netze durch die Leitungskosten entschieden zu teuer würde. Es wäre wichtiger, an Ort und Stelle, hauptsächlich wo es sich um Spitzenstrom handelt, Spitzenspeicher aufzustellen. Wir bauen nicht Leitungen, lediglich um Spitzenströme zu übertragen, sondern wir müssen sie sowieso haben. Es dreht sich besonders darum, daß wir gleich von Anfang an die Anlagen so einrichten, daß sie allen Anforderungen gewachsen sind.

Vorsitzender: Ich erteile weiter das Wort Herrn Obering. Dr. Piloty, Berlin.

Piloty, Berlin (schriftlich): Die Ausführungen des Herrn FÖHL geben mir die erwünschte Gelegenheit, auf die Notwendigkeit einer klaren Terminologie hinzuweisen. Herr FÖHL unterscheidet zwischen Kraftwerken verschiedener wirtschaftlicher Charakteristik, insbesondere zwischen Spitzen- und Grundlastwerken. Die oft erörterten, durch diese Ausdrücke gekennzeichneten Unterschiede berühren in keiner Weise die in meinem Vortrag getroffene Unterscheidung zwischen Frequenz- und Fahrplanwerk. Bei dem von mir geschilderten planmäßigen Betriebe wird die auf Grund der vorliegenden Betriebserfahrungen voraus ermittelte Gesamtbelastungskurve in irgendwelcher Weise auf die Kraftwerke im voraus verteilt. Alle Werke bis auf eins können dabei leistungsabhängig geregelt

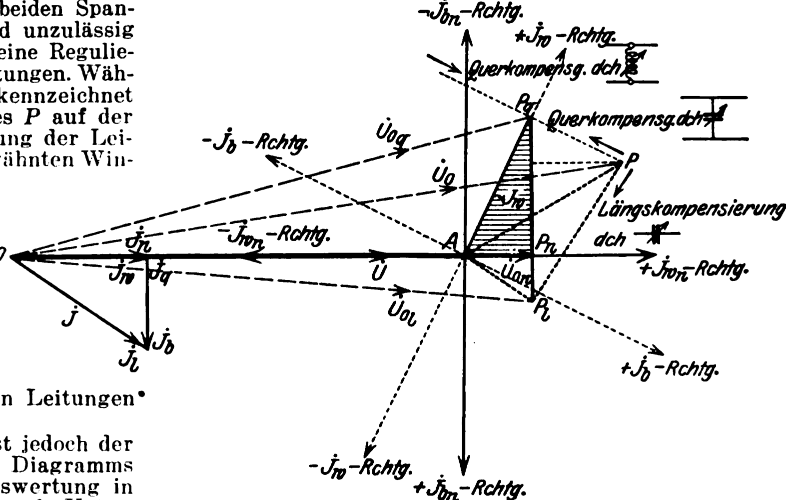


Abb. 3. Kompensierung und Nivellierung.

werden, also als Fahrplanwerke fahren. Welche Gestalt die einzelnen Fahrpläne besitzen, ist dabei vollständig gleichgültig, so daß im Prinzip auch Spitzenwerke mit einer Fahrplanregelung versehen werden können. Das übrigbleibende, für die Frequenzhaltung verantwortliche Werk würde ebenfalls seinen vorausberechneten Fahrplan einhalten, wenn die Vorausberechnung der Gesamtbelastung mit mathematischer Genauigkeit erfolgt wäre. Da dies aber nicht der Fall ist, muß das Frequenzwerk die Abweichungen der wirklichen Gesamtbelastung gegenüber der angenommenen überlagert über seinen eigenen Fahrplan mit übernehmen. Trotzdem kann das Frequenzwerk im wesentlichen ein Grundlastwerk sein, falls es groß genug ist, daß die Abweichungen zwischen Vorausberechnung und Wirklichkeit seiner Leistungsfähigkeit gegenüber nur eine untergeordnete Rolle spielen. Ich möchte daher vorschlagen, die Ausdrücke „Frequenzwerk" und

„Fahrplanwerk" für die Bezeichnung der von mir behandelten regeltechnischen Unterschiede zu reservieren.

Herr FÖHL hat ferner den Vorschlag gemacht, bei thermischen Großkraftwerken die Fahrplansteuerung auf die Regelung des Kessels wirken zu lassen und die Belastung der Turbine dann der Kesselbeheizung anzupassen, d. h. also nach dem Dampfdruck zu steuern. Gegen diesen Vorschlag müssen, wenigstens solange er sich auf Großkraftwerke bezieht, welche für den Zusammenhang des Netzes eine entscheidende Rolle spielen, ernste Bedenken geltend gemacht werden. Ich glaube in meinem Vortrag nachgewiesen zu haben, daß man bei solchen Werken auf das Vorhandensein eines normal eingestellten Drehzahlreglers wegen des Verhaltens des Gesamtbetriebes bei Störungen nicht verzichten kann, und daß die Fahrplanregelung sich darauf beschränken muß, die Eigenschaften dieses Reglers verhältnismäßig langsam wirkend zu verändern. Nach dem Vorschlag von Herrn Dr. RUTHS und Herrn FÖHL muß die Einwirkung nun abhängig vom Dampfdruck erfolgen, während eine automatische Feuerungsregelung nach einem festen Fahrplan arbeitet. Es erscheint mir nicht sicher, ob es wenigstens bei modernen Hochdruckkesseln mit verhältnismäßig geringem Wasserraum und Kohlenstaubfeuerung gelingt, die Steuerung der Turbine abhängig vom Dampfdruck träge genug zu machen, um den elektrischen Bedürfnissen gerecht zu werden, ohne daß unzulässige Druckschwankungen auftreten. Andererseits kann ich nicht einsehen, warum das gebräuchliche Verfahren, die Turbinen nach dem elektrischen Bedürfnis, die Feuerungsregelung nach dem Dampfdruck arbeiten zu lassen, weniger einfach sein soll. Dabei ist auch nicht gesagt, daß sämtliche Kessel nach dem Druck geregelt werden müssen. Man kann vielmehr eine Anzahl von Kesseln nach Fahrplan regeln und nur einen oder mehrere übrig bleibende Kessel für den Ausgleich zwischen Wirklichkeit und Vorausberechnung abhängig vom Dampfdruck sorgen lassen, in ganz ähnlicher Weise wie es für die Leistungsverteilung bei parallel arbeitenden Maschinen verschiedener Kraftwerke vorgeschlagen wird.

Vorsitzender: Herr Prof. Dr. Rüdenberg wird sprechen.

Rüdenberg, Berlin: Ich habe mich bemüht, in meinem Bericht eine Übersicht über die Probleme der Kupplung von Netzen und der Fernübertragung elektrischer Leistung zu geben, die nicht nur mit allgemeinen Worten arbeitet, sondern die vorliegenden Zusammenhänge quantitativ, aber trotzdem auf möglichst verständliche Weise, erfaßt. Es kam mir nicht darauf an, durch die didaktische Zergliederung des Stoffes neue Ergebnisse zu gewinnen, sondern nur darauf, die recht komplizierten Zusammenhänge der vorliegenden Probleme einem größeren Hörerkreise sinnfällig näherzubringen.

Von Folgerungen, die über den Rahmen des quantitativ Beweisbaren hinausgehen, oder die durch bestimmte gut angelegte Versuche gestützt werden, habe ich mich möglichst ferngehalten, da man bei derart neuen Gebieten sonst leicht ins Reich der Prophezeiungen gerät.

Ich möchte mich deshalb über zahlreiche von Herrn Prof. PETERSEN angeschnittene Einzelfragen, über die ich anderer Ansicht bin, hier nicht äußern, sondern die Entscheidung ruhig der praktischen Entwicklung in der Zukunft überlassen. Nur auf drei Punkte der Kritik von Herrn Prof. PETERSEN möchte ich eingehen, obwohl sie zum Teil nur in losem Zusammenhange mit meinem Referat stehen:

1. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von Fernleitungen habe ich entsprechend dem mir zugewiesenen Thema nur diejenigen technischen Gesichtspunkte behandelt, die spezifisch für die Leistungsübertragung auf sehr große Entfernungen sind, wie dies auch in der Einleitung besonders hervorgehoben ist. Daß man bei der Betrachtung der Gesamtwirtschaftlichkeit die festen Kosten der Leitung, die ja den Hauptkapitalaufwand darstellen, nicht vernachlässigen wird, ist sicher richtig. Dies ändert jedoch nichts an der Tatsache, daß man die „natürliche Leistung" einer langen Fernleitung praktisch nicht gar zu sehr überschreiten darf, denn sonst treten neben den Stromwärmeverlusten auch so große Spannungsschwankungen auf, daß der technische Betrieb dieser Übertragung praktisch unmöglich wird. Übrigens habe ich ja auch in dem Vortrag erörtert, wie man durch das technische Mittel der Kompensierung der Blindleistung die Vorteile des natürlichen Betriebes hinsichtlich der Verluste und Spannungsschwankungen auf künstliche Weise erheblich hinausrücken kann.

2. Die Frage, ob zur weitgehenden Kompensierung von Fernleitungen Synchronmaschinen oder Asynchronmaschinen vorteilhafter sind, bildete nicht den Gegenstand meines Referates. Ich habe mich bemüht, beiden Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, indem ich meine Ausführungen im allgemeinen auf Synchronmaschinen bezog und hier und da auf die bei Asynchronmaschinen auftretenden Unterschiede hinwies, die nur von sekundärer Natur für die behandelten Probleme sind. Herr Prof. PETERSEN hat zweifellos recht, daß sich unendlich große Synchronmaschinen äußerst vorteilhaft für die Stützung der Spannung längs einer langen Fernleitung verhalten würden. Da diese aber unbezahlbar sind, und wir auf Maschinen von endlicher Größe angewiesen sind, die zur übertragenen Leistung in einem angemessenen Verhältnis stehen muß, so brauchen diese Maschinen notwendigerweise einen Spannungs- oder Erregerstromregler. Dieser läßt sich aber im Prinzip bei Asynchronmaschinen ebenso leicht anordnen wie bei Synchronmaschinen, nur in Ausführungsform und Wirkungsweise unterscheiden sich diese Regelungsanordnungen voneinander. Als Hauptnachteil der Synchronmaschinen für Kompensierungszwecke von Fernleitungen ist die größere Pendelungsgefahr zu erwähnen, als Hauptnachteil der Asynchronmaschinen die schwierigere Kommutierung des Erregers. Wer von beiden den Sieg davontragen wird, dürfen wir auch hier der Zukunft überlassen.

3. Was die Mittel zur Verbesserung des Betriebes anlangt, so sind sich wohl alle größeren Unternehmungen darüber einig, daß wir nicht nur bei den langen Fernleitungen der Zukunft, sondern schon bei den relativ kurzen Entfernungen, über die unsere Kraftwerke heute zusammengeschlossen sind, dringend noch einige weitere gebrauchen könnten. Daß wir Kraftwerkstörungen durch reine Erdschlüsse in unseren gelöschten Netzen nicht mehr zu befürchten brauchen, habe ich an mehreren Stellen meines Referats hervorgehoben. Es bleiben aber noch zahlreiche weitere Störungsmöglichkeiten bestehen, die auf starke Lastschwankungen, Abschaltungen nach Defekten, mehr oder weniger weit entfernte Kurzschlüsse und vieles andere mehr zurückzuführen sind, und die leider auch unsere heutigen Kraftwerksbetriebe von Zeit zu Zeit über den Haufen werfen. Auch in den ungelöschten Netzen Amerikas ist der Erdschluß nur eine der zahlreichen praktisch auftretenden Störungsursachen, und nicht einmal die häufigste. Hinsichtlich der deutschen Netze schließe ich mich vollständig den sachlichen Ausführungen an, die Herr Baurat RACHEL so klar zum Ausdruck gebracht hat. Ich glaube, daß die heutigen technischen Kenntnisse auf dem Gebiete des Zusammenarbeitens von Kraftwerken, über die ich referiert habe, uns die Möglichkeit geben, nicht auf dem jetzt erreichten Standpunkte zu verharren, sondern in den verschiedenen im Vortrage angedeuteten Richtungen weiterzuarbeiten, um die Sicherheit der elektrischen Energieübertragung allmählich auf ein Höchstmaß zu bringen.

Vorsitzender: Wir sind nun am Schluß unserer heutigen Tagung angekommen, und es bleibt mir nur noch übrig, den drei Vortragenden dieses Vormittags, den Herren Generaldirektor Dr. Frank, Prof. Dr. Rüdenberg und Obering. Dr. Piloty unseren aufrichtigsten Dank zum Ausdruck zu bringen für die große Mühe und eingehende Arbeit, die sie auf ihre Vorträge verwendet haben.

Herr Frank hat uns einen interessanten Rückblick und Ausblick über die bisherige Entwicklung der Höchstspannungsleitungen in Deutschland und ihre voraussichtliche Weiterentwicklung in der Zukunft gegeben. Dadurch hat er das Problem aufgerollt, das nun die Grundlage für die folgenden Ausführungen der Herren Prof. Rüdenberg und Dr. Piloty bildete.

Die Vorträge der letzteren beiden Herren haben uns sehr eingehend in Erinnerung gebracht und dargelegt, welche elektrischen Schwierigkeiten bei dem Zusammenschluß der Kraftwerke über große Netze eintreten. Die Herren Rüdenberg und Piloty haben eine Anzahl interessanter Erwägungen angestellt und Wege für die Praxis angegeben, wie der Betriebsmann dieser Schwierigkeiten Herr werden kann. Ganz einfach liegen alle diese Dinge heute leider noch nicht. Die Wissenschaftler sind wohl in der theoretischen Erkenntnis der Vorgänge ziemlich klar und können diese, wie wir gesehen haben, schon mit klassisch einfachen Mitteln mechanisch darstellen. Aber die für die Praxis geeigneten Maßnahmen sind wohl noch etwas neu für uns, und es wird noch einige Zeit dauern, bis sie Allgemeingut aller Betriebsleute geworden sind. — Aber Schwierigkeiten und Rätsel sind ja in unserer Wissenschaft stets nur dazu dagewesen, um beseitigt und gelöst zu werden, und wir dürfen sicher sein, daß sie gelöst werden.

Die den Vorträgen folgende Diskussion war auf diesem Wege gewiß schon ein bedeutsamer Schritt. Ich

danke deshalb auch allen Herren, die sich an dieser Diskussion beteiligt haben.

Ihnen allen, meine Herren, Dank und Anerkennung, daß Sie der heutigen Tagung so viel Aufmerksamkeit geschenkt haben.

Ich hoffe, daß Sie auch den Fachberichten des heutigen Nachmittags — wie gestern — viele interessante Anregungen entnehmen können, und ich möchte unsere Tagung nicht schließen, ohne allen Herren, die diese Fachberichte geleitet oder an ihnen mitgearbeitet haben, den herzlichsten Dank des Verbandes auszusprechen.

Ich hoffe, daß durch alle diese gemeinsamen Anstrengungen das wissenschaftlich-technische Niveau unserer diesjährigen Versammlung in Aachen wiederum eine würdige Höhe erklommen hat. Dank allen Mitgliedern, die dabei und dadurch mitgeholfen haben, das allgemeine Ansehen unseres Verbandes zu heben und zu sichern. Dank auch nochmals unseren Mitgliedern in Aachen für ihre umfangreichen Vorbereitungen und für die schwierige Regiearbeit vor und während unserer Jahresversammlung. Besonderen Dank unserem bewährten Generalsekretär, Herrn Direktor Schirp, nebst allen Angestellten der Geschäftstelle sowie der Prüfstelle für die in der Berichtszeit geleisteten treuen Dienste.

M. H.! Mit dem herzlichen Wunsche, daß unsere Tagung auch diesmal einem jeden von Ihnen etwas Gutes und Bleibendes auf den Weg in die Heimat mitgeben konnte, schließe ich unsere heutige Versammlung. Auf Wiedersehen, spätestens in zwei Jahren, in Frankfurt am Main!

Verband Deutscher Elektrotechniker e. V.

Der Vorsitzende: Dr. M. Krone. Der Generalsekretär: P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. 6. XII. 1929, abds. 8h, Kunstgewerbeschule Frankfurt a. M., Neue Mainzer Str. 47: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Brandenburger, „Fernmessungen auch von Hochspannung beeinflußter Kabelleitungen und die Anordnung von Fernmeß-Instrumenten in Schaltwarten einschl. Fernmessungen auf hochfrequentem Wege" (Leuchtschaltbilder).

Elektrotechn. Gesellschaft zu Magdeburg. 19. XI. 1929, abds. 8¼h, Lichtsaal der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen, am Krökentor 1: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Jacoby, „Der asynchrone Drehstrommotor von heute (eine Übersicht)".

Schiffbautechn. Gesellschaft, Berlin. 21. u. 22. XI. 1929: Hauptversammlung mit folg. Vorträgen:

21. XI. 1929, vorm. 9¼h, Aula der T. H. Berlin: a) Geh. Reg.-Rat Koenigs, „Der internationale Schiffsicherheitsvertrag London 1929". b) Prof. Bauer, „Antrieb der Schnelldampfer". c) Dr. Kempf, „Formgebung für Schnelldampfer". d) Prof. Föttinger, „Die hydrodynamische Arbeitsübertragung durch hydr. Transformatoren, ein Rückblick und Ausblick". e) Colonello del Genio Navale Rabbeno, „Allgem. Betrachtungen üb. Strahlpropeller". f) Gen.-Dir. Hirsch, „Kondensatorrohre aus Kupfernickellegierungen".

22. XI. 1929, vorm. 9h, Aula der T. H. Berlin: a) Dr.-Ing. Foerster, „Die Elbeschiffahrt unter dem Einfluß ihrer Umschlagstechnik". b) Prof. Dr.-Ing. Weber, „Das allgem. Ähnlichkeitsprinzip der Physik und sein Zusammenhang mit der Dimensionslehre und der Modellwissenschaft". c) Dipl.-Ing. Herrmann, „Die Anwendung des Ähnlichkeitsprinzips der Mechanik auf zeitl. beliebig veränderl. Vorgänge mit bes. Berücks. schiffbaulicher und aerodynamischer Probleme. d) Dipl.-Ing. Weinblum, „Die Michellsche Theorie des Wellenwiderstandes".

23. XI. 1929: Besichtigungen.

Auskunft erteilt die Geschäftstelle: Berlin W 8, Kanonierstraße 1.

PERSÖNLICHES.

S. Löffler †. — Am 22. X. d. J. ist Prof. Dr. Stephan Löffler im Alter von 52 Jahren an einem Magenleiden gestorben. Löffler studierte in Zürich, war Assistent von Prof. Kammerer und wurde später Mitarbeiter von Prof. Riedler an der T. H. Berlin. Hier habilitierte er sich auch als Privatdozent und wurde 1912 zum ord. Honorarprofessor ernannt. Er las über Ölmaschinen und rotierende Arbeitsmaschinen. Gestützt auf die mit der Kohlenverflüssigungsanlage von Dr. Bergius gewonnenen Erfahrungen trat Löffler 1923 mit dem Gedanken hervor, die Wärmewirtschaft von Dampfkraftanlagen durch Anwendung hoher Drucke und Temperaturen zu verbessern[1], ein Verfahren, das bereits mehrfach zur Ausführung gekommen ist und auch für die Zukunft wirtschaftlichen Erfolg verspricht. In dem vielseitig begabten Manne, der überdies ein glänzender Dozent war, hat die neuzeitliche Hochdruckdampftechnik einen ihrer fruchtbarsten Mitarbeiter verloren.

G. Semenza †. — Am 7. XI. d. J. verschied in Mailand nach langer Krankheit der Beratende Ingenieur Guido Semenza. Der Verstorbene war von 1923 bis 1927 Präsident der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC); unter seinem Vorsitz fand 1927 in Bellagio die letzte Plenartagung der IEC statt. Wir werden auf die Verdienste des Verstorbenen in einem besonderen Nachruf zurückkommen.

A. v. Zelewski †.

Am 2. IX. d. J. verschied an den Folgen eines Schlaganfalles Alexander von Zelewski, Oberingenieur bei der AEG-Transformatorenfabrik und Chef einer Berechnungs- und Konstruktionsabteilung. Der Verstorbene wurde 1876 in Rom geboren und besuchte dort Volks- und Mittelschule, dann 1895 die Eidgenössische T.-H. in Zürich, wo er 1898 das Diplom als Maschineningenieur erhielt. Im Jahre 1899 trat er bei Ganz El. Ges. Budapest ein und erhielt daselbst in kurzer Zeit eine leitende Stellung. 1922 folgte er einem Ruf der AEG-Transformatorenfabrik als Chef einer Berechnungs- und Konstruktionsabteilung für Transformatoren.

Zelewski hat im Laufe seines Lebens eine Fülle von Arbeiten geschaffen, die er leider nicht veröffentlichte, und die nur seinen näheren Mitarbeitern bekannt sind. Es soll daher an dieser Stelle der Versuch gemacht werden, eine Zusammenstellung seiner wichtigsten Arbeiten zu geben. Eine seiner ersten Arbeiten auf dem Gebiete der elektrischen Maschinen und Transformatoren, die ähnlichen in der Literatur weit voraus ging, behandelt die Aufstellung einer Formel für die Berechnung des Skineffekts. Es folgt eine Arbeit über die Berechnung der zusätzlichen Streuung (Querstreuung) bei unsymmetrischer Anordnung der Transformatorenwicklung und im Zusammenhang damit eine Arbeit über die Berechnung der Kurzschlußkräfte. Dann stellt er eine Abmessungsformel für Transformatoren auf und behandelt die Theorie des Parallellaufs bei Transformatoren. Anschließend sind Arbeiten zu nennen über die Berechnung, Konstruktion und Inbetriebsetzung von eisenlosen Drosselspulen.



A. v. Zelewski †.

Die Fachwelt dürfte interessieren, daß Zelewski ein Buch in Vorbereitung hatte, in welchem u. a. auch obige Fragen zusammengestellt sind. Leider ist er durch den Tod an der Vollendung dieses Buches verhindert worden. Auf kabeltechnischem Gebiete folgt eine Arbeit über die Berechnung der Eigenschwingungen von Kabelnetzen mit Rücksicht auf Überspannungen und Durchschläge. Auch auf dem Gebiete der elektrischen Bahnen hat sich der Verstorbene betätigt durch eine Arbeit über die Verwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung bei Berechnung der Leistung von Bahnkraftwerken nach gegebenem Fahrplan. Außerdem erfand er einen Fehlerschalter, der zuerst bei der Veltlinbahn (Italien) Anwendung fand.

Eine seiner wichtigsten Arbeiten auf dem Gebiete der mechanischen Festigkeitslehre ist die Bestimmung der Torsionsschwingungen und Resonanzen einer Welle mit zwei oder mehreren aufgesetzten Rädern. Auf dem Gebiet der Hydraulik liegt eine Arbeit vor über den Bau von Rohrleitungen mit Rücksicht auf das wirtschaftliche Optimum. Zum Schlusse sei noch erwähnt, daß v. Zelewski die erste Förderanlage „System Ilgner" in Ungarn gebaut hat.

Schon diese Zusammenstellung, welche keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, zeigt, welch ein hervorragender Ingenieur mit dem Verstorbenen vorzeitig dahingegangen ist. Außerdem verlieren wir an ihm einen Menschen von vielseitiger Bildung und hervorragenden Charaktereigenschaften, dessen Andenken im Kreise seiner Freunde und Mitarbeiter fortleben wird.

[1] ETZ 1926, S. 869.



BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

Beitrag zur Berechnung von Freileitungen.

Herr **LANGHARD** sagt in seinem „Beitrag zur Berechnung von Freileitungen" (ETZ 1928, S. 1181), daß sich nach jeder Zustandsänderung die Seilspannungen derart ausgleichen, daß in jedem Feld derselbe Horizontalzug herrscht. Diese Voraussetzung ist m. E. nicht ganz richtig, denn wenn derselbe Horizontalzug herrscht, werden die Hängeketten nicht aus ihrer senkrechten Stellung auslenken. Schon Herr **MARKT** hatte in der ETZ 1924, S. 620,

Abb. 1.

diese Voraussetzung gemacht und wie Herr **LANGHARD** die Vertikalkräfte vernachlässigt, die einen großen Einfluß haben, besonders wenn das Leiterseil schwer und im Gebirgsland gehängt ist. Wenn wir die Voraussetzungen der Herren **LANGHARD** und **MARKT** annehmen, so werden wir finden, daß im Gebirgsland, wie Abb. 1 zeigt, mit gleichen Feldern und Höhenunterschieden für AB und BC, d. h. für $C_1 = C_1'$, $C_2 = C_2'$ $h_1 = h_1'$ und $h_2 = h_2'$, Δa von Kette B denselben Betrag haben würde. Das ist indes nicht der Fall. Wir erinnern daran, daß das Problem schon von Herrn **BOURQUIN**[1] und in der Rev. Gén. d'El. 1926, S. 109, behandelt ist. Anderseits hat Herr **TRUXA** in El. u. Maschinenb.[2] geschrieben: „Ist der Schiefstellungswinkel klein, so kann der waagerechte Seilzug in allen Spannfeldern gleich angenommen werden." Ich habe in El. u. Maschinenb.[3] darauf schon geantwortet. Meine Studien über eine Kraftübertragung im Gebirgsland[4] zeigen, daß die Berechnung mit der Voraussetzung von Herren **LANGHARD** und **MARKT** viel zu große Beträge für Δa gibt. Es folgt daraus, daß man die Anzahl der Anspannmasten nutzlos vermehren würde. Eine Kraftübertragung mit Hängeketten ist überdies um so besser, je weniger Anspannpunkte es gibt.

Paris, 13. VIII. 1928.

H. Carpentier, Ingenieur.

Herr Ing. K. **LANGHARD** entwickelte in ETZ 1928, S. 1181, Formeln für die Bestimmung der Auslenkung von Hängeketten an Freileitungen, die sich bei Temperaturänderungen oder infolge ungleich verteilter Zusatzlasten einstellen können, und behauptet, daß die Lösung dieser Aufgabe mit Benutzung seiner Formeln sich viel einfacher gestaltet als nach meinem schon vier Jahre früher in ETZ 1924, S. 620 und S. 1452, angegebenen Verfahren. Ich muß annehmen, daß Herr **LANGHARD** meinen in der ETZ 1924, S. 1452, erschienenen Nachtrag zum Hauptaufsatz — die Erwiderung auf eine Zuschrift des Herrn H. **GRUENHOLZ** — nicht gelesen hat. Dort habe ich die im Hauptaufsatz nur angedeutete algebraische Lösung nachgetragen und begründet, warum ich die graphische Lösung vorgezogen habe. Vergleicht man nun diese algebraische Lösung mit den Ableitungen des Herrn **LANGHARD**, so findet man, daß er den nämlichen Weg einschlägt. Von derselben Zustandsgleichung ausgehend, bestimmt auch er, um zu den wahren Auslenkungen der einzelnen Ketten zu gelangen, zunächst die Ausgleichsspannung p (bei ihm p_0 oder p^*). Dieselbe ergibt sich bei ihm ebenso wie bei mir als reelle Wurzel einer kubischen Gleichung. Die Berechnung dieses Wurzelwertes ist aber das Mühsamste im ganzen Rechnungsvorgang, demgegenüber die übrigen Operationen nebensächlich sind. Für die Lösung wird sich Herr **LANGHARD** zweifellos auch entweder der cardanischen Formeln oder der Hyperbelfunktionen bedienen müssen, so wie ich es getan habe. Der Unterschied besteht nur darin, daß er den Rechnungsvorgang unterdrückt und einfach das Ergebnis hinschreibt, während ich auf S. 1452 der ETZ 1924 den Rechnungsvorgang angegeben habe.

Ich will die algebraische Lösung des ersten Beispieles meines Aufsatzes ETZ 1924, S. 620, mit Benutzung meiner im Nachtrag ETZ 1924, S. 1452, entwickelten Formeln und gewählten Bezeichnungen angeben:

Nach Zahlentafel 1 ergeben sich:

für $x_{1 \dots 6}$ = je 15 000 cm die Werte $a_{1 \dots 6}$ = je 745 und $b_{1 \dots 6}$ = je + 0,0004

für x_7 = 30 000 cm die Werte a_7 = 2980 und b_7 = − 0,003 76, somit:

$$A = \sum_1^7 x_i a_i = 6 \,.\, 15\,000 \,.\, 745 + 30\,000 \,.\, 2980 = 15{,}645 \,.\, 10^7$$

$$B = \alpha \sum_1^7 x_i = 10^{-6} \,.\, 120\,000 = 120 \,.\, 10^{-3}$$

$$C = \sum_1^7 x_i b_i = 6 \,.\, 15\,000 \,.\, 0{,}0004 - 30\,000 \,.\, 0{,}003\,76 = -76{,}8$$

und

$$\frac{B}{A} = \frac{120 \,.\, 10^{-3}}{15{,}645 \,.\, 10^7} = 7{,}67 \,.\, 10^{-10}$$

$$\frac{C}{A} = -\frac{76{,}8}{15{,}654 \,.\, 10^7} = -4904 \,.\, 10^{-10}.$$

Hiermit folgt aus meiner Gleichung (10) mit $\varphi = 2{,}117$ die Ausgleichspannung:

$$p = 917 \text{ kg/cm}^2$$

in Übereinstimmung mit dem graphischen Ergebnis. Der bisherige Weg ist der gleiche, den auch Herr **LANGHARD** einschlagen mußte, um aus seiner Gl. (5) die Ausgleichspannung p_0 zu finden. Diese Rechnung wird aber von ihm übergangen.

Nun ergibt sich die Auslenkung z. B. für den Aufhängepunkt 6 ganz einfach aus meiner Gl. (6):

$$\sum_1^5 \Delta x_i = \sum_1^5 [\alpha p^{-2} - \alpha p + b]$$
$$= 5 \,.\, 15\,000 \,.\, [745 \,.\, 917^{-2} - 10^{-6} \,.\, 917 + 0{,}0004]$$
$$= 27{,}8 \text{ cm},$$

also durch eine verhältnismäßig kurze numerische Auswertung.

Begnügt sich aber Herr **LANGHARD** mit der Ermittlung des von ihm „relative Verschiebung" genannten Wertes nach seiner Gl. (7), so fehlt die Voraussetzung für einen Vergleich mit meinem Verfahren, das die wirkliche Auslenkung jedes Stützpunktes zu ermitteln gestattet. Diesen Vorgang halte ich zudem deshalb für bedenklich, weil in gewissen praktischen Fällen es unzulässig sein wird, die gesamte Kettenbewegung nach dieser relativen Verschiebung zu beurteilen, um so mehr als das Verfahren ohnehin schon eine Vernachlässigung in sich schließt, indem es nicht Rücksicht nimmt auf die horizontalen Rückstellkräfte schrägstehender Hängeketten. (Siehe ETZ 1924, S. 620, Fußnote.)

Nach obigem glaube ich feststellen zu können, daß die von Herrn Ing. **LANGHARD** geübte Kritik an meinem Verfahren vermutlich in Unkenntnis meiner schon in ETZ 1924, S. 1452, als Ergänzung zum Hauptaufsatz ETZ 1924, S. 620, veröffentlichten Angaben geübt wurde, und daß sein Rechnungsgang gegenüber dem von mir an vorgenannter Stelle angegebenen weder etwas wesentlich Neues bietet, noch eine nennenswerte Vereinfachung bedeutet.

Wien, 27. XII. 1928. G. Markt.

Erwiderungen.

Die Einwendungen des Herrn Ing. **CARPENTIER** sind berechtigt, aber nur dann von Bedeutung, wenn es sich um sehr große Auslenkungen sehr langer Hängeketten handelt. Das sind Ausnahmefälle. Im allgemeinen wird die Vernachlässigung des Einflusses der Schrägstellung zulässig sein. Nur auf solche Fälle beziehen sich meine Untersuchungen, wie ich ausdrücklich in meiner Arbeit ETZ 1924, S. 620 (linke Spalte, letzter Absatz) hervorgehoben habe. Die langwierigen Rechnungen, die sich andernfalls ergeben, sind gewöhnlich nicht zu rechtfertigen mit den unbedeutenden Unterschieden, die sich zumeist herausstellen. Zweifellos sind aber besondere Fälle möglich, bei welchem die Richtigstellung nach **CARPENTIER** notwendig ist.

Wien, 15. III. 1929 G. Markt

Herr Dr. **MARKT** sagt, daß ich die an seinem Verfahren geübte Kritik vermutlich in Unkenntnis seiner Ergänzung zum Hauptaufsatz ausgeübt habe. Es stimmt dies, denn in der Tat war mir die Kritik des Herrn Ing. **GRUENHOLZ** an der Berechnungsweise des Herrn **MARKT** und die darauffolgende Erwiderung nicht bekannt. Nachdem ich mir nun

[1] Bull. S.E.V. 1923, S. 545.
[2] 1925, S. 189.
[3] 1925, S. 692.
[4] Nice-Banceiron — St. Tulle, 120000 V, 238 mm².

aber auch die Kenntnis der algebraischen Lösung „angeeignet“ und sie einer Prüfung und einem Vergleich mit meinem Verfahren unterzogen habe, möchte ich an dieser Stelle begründen, warum ich auch in bezug auf diese Lösung an meiner früheren Behauptung festhalte.

Es ist richtig, daß ich für die Berechnung der Ausgleichspannung den nämlichen Weg einschlage, wie Herr **MARKT**, hingegen weichen die beiden Verfahren stark voneinander ab. Herr **MARKT** übersieht nämlich, daß sich durch Summenbildung der $\frac{\Delta x}{x}$-Werte sämtlicher Gleichungen (2) seiner Veröffentlichung ETZ 1924 S. 1452 der Wert $\frac{x_1^3 + x_2^3 + \ldots + x_n^3}{x_1 + x_2 + \ldots + x}$ vor die Klammer des Glieds $\left(\frac{\varrho^2}{p^2} - \frac{\varrho_0^2}{p_0^2}\right)$ setzen läßt, und daß aus der Bedingung $\sum \Delta x = 0$ ohne weiteres die allgemeine Zustandsgleichung mit der virtuellen Spannweite $a^* = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$ entsteht, wie ich sie bereits in meiner obenerwähnten Arbeit angegeben habe. Statt dessen addiert Herr **MARKT** jeweils alle Δx-Gleichungen, und faßt entsprechende Glieder nach umständlicher Summenbildung in die Werte A, B, C zusammen, aus denen sich dann die Koeffizienten der kubischen Gleichung ergeben. In meinem Wert $a^* = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$ sind jedoch die Summenwerte A, B, C bereits enthalten, und es bleibt nur übrig, jeweils die über die ganze Strecke zwischen den Abspannpunkten konstanten Glieder $\frac{\gamma_0^2}{24\, p_0^2}$, $(t - t_0)\,\alpha$, $\frac{p_0}{E}$ meiner Gleichung (5) zu berechnen, und die Gleichung nach p^* aufzulösen. Nun behauptet Herr **MARKT**, die Auflösung dieser kubischen Gleichung sei das Mühsamste, offenbar in der Absicht, die Aufmerksamkeit von der von mir angefochtenen Summenbildung der Werte A, B, C auf die ganz untergeordnete Aufgabe der Auflösung einer kubischen Gleichung abzulenken. Ich finde vielmehr, daß die Auflösung der Gleichung vollkommen nebensächlich für die Behandlung des ganzen Problems ist. Außerdem erweisen sich nach meinen Erfahrungen die hyperbolischen Funktionen gegenüber der Methode des wiederholten Einsetzens als sehr unpraktisch.

Für die Begründung seines Einwandes gegen meine Ableitungen wählt Herr **MARKT** das ziemlich problematische Beispiel Nr. 1 seines Aufsatzes, ETZ 1924, S. 1452, und versucht nun an diesem Spezialfall die Einfachheit seines Verfahrens nachzuweisen. Dies ist allerdings nicht schwierig in Anbetracht, daß seine Summenglieder A, B, C nur einmal — d. h. immer für dieselbe Spannweite — berechnet werden müssen.

Damit hat aber Herr Dr. **MARKT** noch nicht bewiesen, daß auch in einem ganz allgemeinen Fall — also mit verschiedenen Spannweiten — sein algebraisches Verfahren, das ich nach Einsichtnahme der erwähnten Ergänzung seines Hauptaufsatzes nun ebenfalls in meine früher geübte Kritik miteinbeziehe, dem von mir angegebenen Rechnungsgang ebenbürtig ist.

Es handelt sich bei diesen Aufgaben gar nicht darum, die Auslenkungen sehr genau zu bestimmen, sondern einen Anhaltspunkt zu erhalten, wo und unter welchen Bedingungen sie am größten werden können, und da liegt der Vorteil meiner Formel (7) eben darin, daß die Ausgleichspannung p^* gar nicht berechnet werden muß. Übrigens fasse ich die ganze Angelegenheit vielmehr als interessante mathematische Aufgabe auf, deren Lösung jedoch geringe praktische Verwendbarkeit erlangen dürfte. Sobald nämlich die in der Praxis viel wichtigere Erscheinung der ungleichmäßig verteilten Zusatzlasten auftritt, ist die Voraussetzung ausgeglichener Züge noch viel weniger erfüllt, und die Formeln werden unzuverlässige Werte ergeben. Ich verweise auf eine diesbezügliche Veröffentlichung des Unterzeichneten (ETZ 1929, S. 1647).

Was die Ausführungen des Herrn **CARPENTIER** betrifft, so gehe ich vollständig mit ihm einig, wenn er sagt, daß die Seilspannungen besonders bei Leitungen mit Höhenunterschieden niemals ausgeglichen sein können. Ich habe aber in meiner Veröffentlichung die Leitungen nur mit ebenen Spannfeldern vorausgesetzt, was schon aus den Abbildungen und Formeln hervorgeht, es dann allerdings unterlassen, auf die Unrichtigkeit der Voraussetzungen bei Leitungen mit Höhenunterschieden hinzuweisen.

B e r n , 10. IX. 1929. K. L a n g h a r d.

Wir schließen hiermit diese Erörterung. D S

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Maschinenfabrik Oerlikon[1]. — Der Geschäftsbericht für 1928/29 stellt bei den Elektrizitätswerken eine namhafte Steigerung der Stromabgabe und Erweiterungen ihrer Anlagen, den Ankauf vieler Motoren seitens der Abnehmer und als Folge eine gute Beschäftigung aller Oerlikon-Werkstätten und -Gießereien fest, der das Gewinnergebnis wegen Preisunterbietungen der Konkurrenz neben rücksichtslosen Lieferungsbedingungen aber nicht entsprochen hat. Unter den Auslandsaufträgen der Abteilung für a l l g e m e i n e e l e k t r i s c h e M a s c h i n e n u n d T r a n s f o r m a t o r e n wird die vollständige Ausrüstung der Zentrale Burguillo in Spanien genannt, der zweiten Stufe am Rio Alberche, dessen erstes Kraftwerk Puente Nuevo in diesem Frühjahr den Betrieb aufgenommen hat. Auch zwei vollständig automatisch arbeitende Anlagen wurden in Spanien geschaffen. Weitere Bestellungen bezogen sich auf Schwungradgeneratoren zu Dieselmotoren, Induktionsregleranlagen, Hochspannungsapparate, Hochleistungsölschalter, Transformatoren. Das Krangeschäft der Abteilung für e l e k t r i s c h e H e b e z e u g e u n d e l e k t r o m e c h a n i s c h e A n w e n d u n g e n hat sich sehr entwickelt, und bei der Abteilung für T u r b o m a s c h i n e n überstieg der Auftragseingang für Dampfturbinen, Turbogeneratoren, Ventilatoren, Turbogebläse und Kompressoren den des Vorjahres. Erwähnt werden kleine thermische Anlagen, die vermöge ihrer ständigen Betriebsbereitschaft und der Unabhängigkeit vom Wasserstand je nach Umständen wertvolle Winterenergie, Spitzenstrom oder auch Aushilfsenergie liefern können und dadurch große Vorteile bieten. Die Abteilung für e l e k t r i s c h e B a h n e n kann auf die erfolgreiche Inbetriebsetzung verschiedener bemerkenswerter Lokomotiven zurückblicken. Ihre an die spanische Nordbahn gelieferten 37 Lokomotiven arbeiten in regelmäßigem Dienst sehr befriedigend. In Betrieb genommen wurden die Unterwerke der Ferrocarriles Vascongados mit Einankerumformern für 1750 V Gleichstrom in einem Kollektor, zwei der im letzten Jahresbericht angeführten 5400 PS-Schnellzuglokomotiven mit Einzelachsantrieb für die Paris-Lyon-Méditerranée sowie eine Schnellzuglokomotive für die Great Indian Peninsula Railway. Die bei den Gleichstromtriebfahrzeugen und auch bei den Wechselstromlokomotiven Typ 1 CC 1 der Schweizerischen Bundesbahnen verwendete elektrische Nutzbremsung ist neuerdings auch bei einem z. Z. auf dem Netz der SBB laufenden Wechselstrommotorwagen angewandt worden. Einen Teil der von den SBB 1927 bestellten 2 Do 1-Schnellzuglokomotiven hat man an Stelle der normalen Stufenschaltersteuerung mit einer neuen Einzelschaltersteuerung ausgerüstet. Trotz der technischen Erfolge dieser Abteilung befriedigte der Bestellungseingang nicht; die Pause in der Elektrisierung der SBB macht sich bemerkbar, und auch im Ausland scheint, wie die Direktion sagt, eine ziemlich allgemeine Unterbrechung der Bahnelektrisierung eingetreten zu sein. Im Straßenbahnmotorbau der Abteilung S p e z i a l b a h n e n u n d G l e i c h r i c h t e r beherrscht der Leichtgewichtsmotor mit einfacher und doppelter Übersetzung das Feld. Die Abteilung für G l e i c h r i c h t e r b a u hat sich gut eingeführt und u. a. die Anlage der Berner-Oberland-Bahnen in Zweilütschinen mit einem Gleichrichter für 800 kW Dauerleistung bei 1500 V in Gang gesetzt. Die Betriebsergebnisse der Berichterstatterin betrugen 5 765 287 Fr (5 628 809 i. V.) und verschiedene Einnahmen 196 811 Fr (163 249 i. V.). Aus 1 981 913 Fr Reingewinn (1 964 542 i. V.) kamen wieder 8 % Dividende auf unverändert 20 Mill Fr Aktienkapital zur Verteilung.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Rahmen des Tarifunterabschnitts 18 B ergibt sich für den S e p t e m b e r 1929 bei der E i n f u h r gegenüber dem Vormonat (7455 dz bzw. 4,506 Mill RM) eine Abnahme um 1236 dz (16,6 %) bzw. 0,339 Mill RM (7,5 %) und bei der A u s f u h r (153 453 dz bzw. 50,889 Mill RM) eine Verringerung um 13 951 dz (9 %) bzw. 2,795 Mill RM (5,5 %). Im Export des Berichtsmonats sind 1954 dz Reparationssachlieferungen im Wert von 0,716 Mill RM inbegriffen. Der Vergleich der abgelaufenen n e u n M o n a t e mit der gleichen Zeit des Vorjahres zeigt, daß die Einfuhr um 8100 dz (10 %) bzw. 7,229 Mill RM (22,6 %) zugenommen hat. Sie umfaßte 9337 Lichtmaschinen (16 041 i. V.), 169 819 Dynamos, Elektromotoren usw. (94 316 i. V.), 4453 Bogen- usw. Lampen (802 i. V.), 3,918 Mill Metalldrahtlampen (3,402 i. V.) und 80 200 Kohlefaden- usw. Lampen (88 100 i. V.). Die Ausfuhr weist eine Erhöhung um 125 805 dz (11,6 %) bzw. 55,717 Mill RM (15,5 %) auf und enthielt nach z. T. berichtigten Angaben des Statistischen Reichsamts 70 200 dz bzw. 23,914 Mill RM an Reparationssachlieferungen. Deutschland hat in dieser Periode 68 183 Lichtmaschinen (65 127 i. V.), 524 221 Dynamos, Elektro-

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1700.
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 1663; 1929, S. 1539.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz September 1929	Einfuhr in dz Januar/September 1929	Einfuhr in dz Januar/September 1928	Ausfuhr in dz September 1929	Ausfuhr in dz Januar/September 1929	Ausfuhr in dz Januar/September 1928
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren	48	712	1 441	519*	6 348*	5 511*
907 b bis g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	2 277	26 293	37 633	26 271*	232 101*	236 616*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	122	1 566	1 359	1 093	14 337*	21 275*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden)	465	4 557	5 438	5 989*	39 292*	40 395*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	577	29 537	12 601	47 457*	443 101*	351 056*
910 a bis c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	33	151	91	292	3 240*	3 505*
911 a	Metallfadenlampen	287	1 822	1 648	1 432	9 684*	9 235*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	14	52	44	52	316*	585
912 A 1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	17	114	39	6	198*	163
912 A 2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon	70	815	421	1 328*	14 343*	11 524*
912 A 3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	632	4 788	2 544	5 165*	38 463*	28 756*
912 A 4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	192	1 545	1 518	2 921*	25 360*	22 706*
912 B	Bügeleisen; Bestandteile davon	4	17	14	778	5 990*	4 868
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; Bestandteile davon	136	1 568	[9]) 1 158	1 522*	11 512*	9 412*
912 D	Röntgenröhren; Bestandteile davon	3	19	10	18	151*	98*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	291	2 395	2 177	2 279*	20 002*	13 801*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	15	173	135	732*	9 709*	8 822*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	949	9 712	8 952	28 573*	238 644*	235 997*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	53	526	758	1 288*	13 585*	12 514*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon	24	301	499	7 825	51 104	43 220*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	—	161	206	6	6	6
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	10	66	104	41*	451*	407*
812 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 921*	27 347*	18 991*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet	—	—	—	—	6	22
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz	6 219	86 890	[9] 78 790	139 502*	1 205 284*	1 079 479*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*4 167*	*39 175*	*[9] 31 946*	*48 094**	*415 335**	*359 618**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	35	288	329	530	8 352	10 484
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	5	58	47	73	647*	603
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	206	1 243	159	477	5 944	5 413
648 d	Elektroden	104	4 325	9 073	25 740	208 583	201 086
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	180	186	8 967*	61 745*	46 960*
740 a	Glühlampenkolben	—	361	294	1 233	12 914	8 160
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	219	1 574	2 295	8 (783 c und 799 c zusammen)	8	8
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	211	713	623			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	183	1 802	1 666	10 973*	103 131*	85 864*

motoren usw. (446 105 i. V.), 30 333 Bogen- usw. Lampen (19 944 i. V.), 55,679 Mill Metalldrahtlampen (48,321 i. V.) und 0,9 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (1,698 i. V.) an das Ausland geliefert. Der Überschuß des Exports betrug 1 118 394 dz im Wert von 376,160 Mill RM (1 000 689 dz bzw. 327,672 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw. der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.
* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 322: Wer stellt für Flachendverschluß-Durchführungen Befestigungsringe nach DIN VDE 7653 und Kappenschraubhülsen nach DIN VDE 7652 her?

Frage 323: Wer fertigt Kaltleim, Marke „Elfenbeinkleber" an?

Frage 324: Wer baut elektrische Türschlösser, Marke T. & A.?

Frage 325: Wer stellt die Nähmaschinenbeleuchtung „Universal" her?

Abschluß des Heftes: 9. November 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

.HEFT / 50.JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W

685—1716) 21. NOVEMBER 192


TEFAG
KLEIN
REIHEN
SCHALTER
FÜR
POST-UND
HAUSVERKEHR
WEINBERG
★TELEPHON FABRIK BERLINER★
AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN-STEGLITZ SIEMENSSTR. 27

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 21. November 1929 | Heft 47

Freiluftstation aus Schleuderbeton.

Von Dipl.-Ing. **R. Burget**, Nürnberg.

Übersicht. Es werden der Bau und die konstruktiven Einzelheiten einer 100/50 kV-Freiluftstation, deren Schaltgerüst aus Schleuderbeton besteht, beschrieben und auf die Vorteile gegenüber anderen Ausführungsarten hingewiesen.

Nachdem man zu der Überzeugung gekommen war, daß Freiluftstationen sich auch bei den deutschen klimatischen Verhältnissen eignen und betriebsicher sind, ferner daß bei den hohen Gebäudekosten wirtschaftliche Vor-

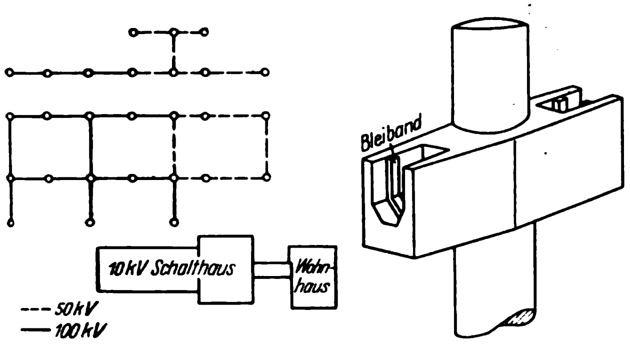


Abb. 1. Lageplan der Umspannanlage Neubeckum (Westf.).

Abb. 2. Muffe mit Bleieinlage.

teile gegenüber umbauten Anlagen zu erwarten sind, hat man sich bemüht, den im Auslande vorhandenen Vorsprung auf diesem Gebiete schnellstens wettzumachen. Nach dem Studium ausländischer, insbesondere amerikanischer Anlagen wurden Schaltstationen entwickelt, die bald in den

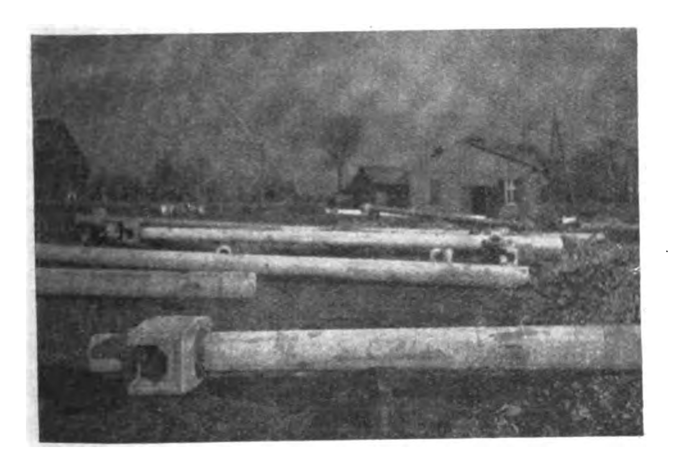


Abb. 3. Aufgegossene Muffen.

umliegenden Ländern größte Beachtung fanden, da die Entwürfe bei möglichst niedrigen Baukosten auf größte Übersichtlichkeit, leichte Bedienbarkeit und Zugänglichkeit der Apparate und auf gutes Aussehen der Gesamtanlage größten Wert legten. Abgesehen von einigen Sonderkonstruktionen können die entstandenen Freiluftanlagen je nach Anordnung der Schalter, insbesondere der Trennschalter, in drei Gruppen eingeteilt werden, u. zw.:

1. Lage der Trennschalter ungefähr 6 m über Boden wie bei umbauten Schaltanlagen (Hochbauweise);
2. Lage der Trennschalter ungefähr 2 m über Boden (Mittelbauweise);
3. Lage der Trennschalter ungefähr ½ m über Boden (Flachbauweise).

Dieser Aufbau ergibt sich meist zwangsweise aus dem zur Verfügung stehenden Raum, in zweiter Linie erst aus den atmosphärischen Verhältnissen und aus der Geschmacksrichtung der Auftraggeber.

Längsarmierung

Abb. 4. Traversenquerschnitt.

Bei einer Freiluftanlage spielen die Kosten des Schaltgerüstes die Hauptrolle, da hier der wirtschaftliche Vorteil gegenüber einer ummauerten Anlage zu suchen ist. Es wurde deshalb der Aufbau desselben nach Möglichkeit vereinfacht und die Stützpunkte und Querträger aus der im Fernleitungsbau bisher allgemein üblichen Eisenfachwerk-Konstruktion hergestellt, die als die billigste betrachtet wurde.

Die Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen G. m. b. H., Dortmund, hat das erstemal mit der fast traditionellen Konstruktion gebrochen und die Schaltstation Münster



Abb. 5. Hochziehen der Traverse.

i. Westf. aus genieteten Vollwand-Blechträgern erbaut, da mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse die unruhige Gitterkonstruktion nicht verwendet werden konnte. Wenn diese Ausführung auch teurer war als das Gitter-



fachwerk, so konnten die Mehrkosten durch geringere Fundierungskosten zum größten Teil wieder wettgemacht werden[1]. Als weitere Vorteile haben sich noch ergeben, daß die Anlage übersichtlicher gegliedert ist und Raumersparnis bringt.

Von einer neuzeitlichen Freiluftanlage, die das Herz der gesamten Elektrizitätsverteilung ist, muß aber nicht



Abb. 6. Einlegen einer Traverse.

nur verlangt werden, daß sie übersichtlich entworfen ist und ein gutes Aussehen hat, sondern sie muß auch, damit sie ihrem Zweck vollkommen entspricht, ständig betriebsbereit sein; es müssen die unangenehmen Unterhaltungs- und Auswechslungsarbeiten, die durch Verwendung des Eisens bedingt sind, nach Möglichkeit vollkommen aus der Anlage ausgeschieden werden.

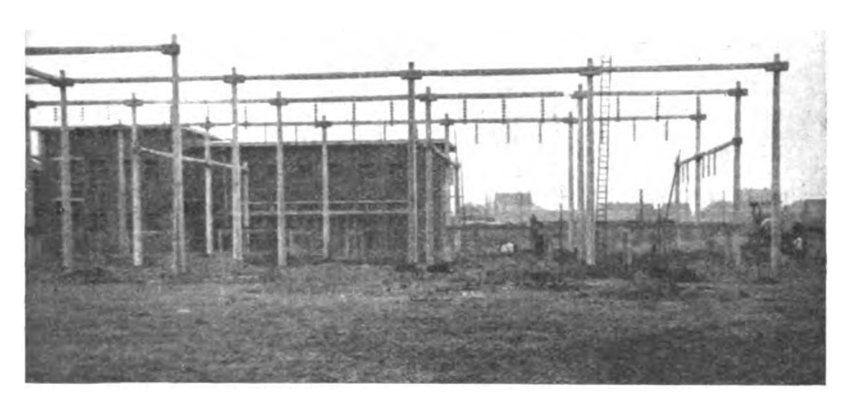


Abb. 7. Teilansicht des Schleuderbetongerüstes.

In Verfolgung dieses Gedankens hat das Elektrizitätswerk Mark (Hagen i. Westf.) den Versuch gemacht, durch Einbau einiger Schleuderbetonmaste den wetterbeständigen Baustoff Beton in die Freiluftanlage hereinzunehmen und damit obigen Übelständen abzuhelfen[2].

Aufmerksam geworden auf diesen ersten Versuch haben die Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen G. m. b. H., Dortmund, für ihre neue 100/50 kV-Schaltstation Neubeckum zum ersten Male für die Gesamtanlage Maste und Traversen aus Schleuderbeton, die Trennschalterböcke aus Stampfbeton vorgesehen. Die Zulieferung sämtlicher Betonteile erfolgte durch die Beton-Schleuderwerke AG., Erlangen. Abb. 1 zeigt die Gliederung und den Lageplan der gesamten Freiluftstation, aus dem zu ersehen ist, daß der 50- und 100 kV-Teil als Freiluftanlage, der 10 kV-Teil als umbaute Station ausgeführt sind. Hier hat nur die Freiluftstation Interesse und es sollen deshalb im nachfolgenden die Einzelheiten derselben besprochen werden.

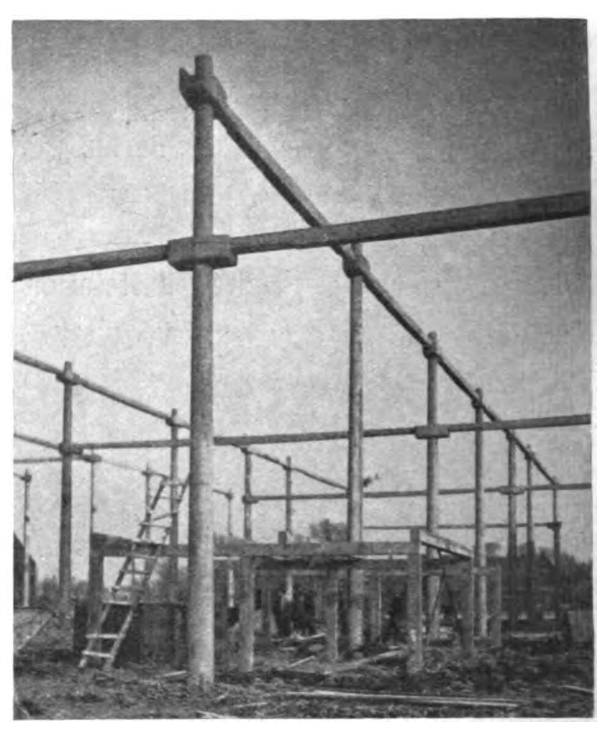


Abb. 8. Montage der Trennschalterböcke.

Die geschleuderten Querträger werden von 27 Schleuderbetonmasten getragen. Um der Anlage ein einheitliches Bild zu geben, wurden sämtliche Maste unabhängig vom Spitzenzug mit demselben äußeren Durchmesser ausgeführt. Die Traversen liegen in einer Höhe von 6,5 bzw. 9 m über Boden in Muffen, wie sie Abb. 2 zeigt. Auf eine elastische Verbindung zwischen Mast und Traversen wurde größter Wert gelegt, weshalb die Querträger lose in Aussparungen der Muffen gelegt wurden. In die Maulöffnung derselben wurde ein Bleiband gelegt, um einerseits eine elastische Auflage der Traversen zu sichern, anderseits aber ein Ecken des Traversenendes in der Muffe zu verhindern. Ein Abfluß für sich etwa ansammelndes Regenwasser ist vorgesehen. Die Befestigung der Muffen am Mast erfolgt in der üblichen Weise durch Aufgießen, wie in der ETZ bereits beschrieben[3]. Abb. 3 zeigt ausgegossene Muffen kurz nach dem Gusse mit dem zur Abdichtung verwendeten Lehmring.

Die im Schleuderverfahren hergestellten Traversen haben eine Länge von 5,44 ... 11,90 m und sind in den äußeren Abmessungen einander vollständig gleich, damit sowohl die Traversen als auch die Muffen serienmäßig hergestellt werden konnten. Die Längsarmierung der Querträger liegt auf einem Kreis, so daß praktisch nach allen Seiten dasselbe Widerstandsmoment vorhanden ist. Die obere Seite ist abgeflacht, damit eine Begehung leicht möglich ist, der untere Teil zeigt gebrochene Flächen, um eine Anpassung an den Kreisquerschnitt des Mastes zu erzielen und um an Gewicht zu sparen. Abb. 4 zeigt einen Traversenquerschnit mit der vorgesehenen Stahlarmierung.

In den Traversen sind zur Aufnahme von feuerverzinkten Abspannbolzen bzw. Traghaken, entsprechend den Phasenabständen von 1,5 bzw. 2,1 m, mit Rotgußbüchsen ausgekleidete Löcher vorgesehen. Die besonders sorgfältig feuerverzinkten Eisenteile und die zur Befestigung derselben an den Traversen verwendeten Rotgußmuttern gewährleisten eine hohe Wetterbeständigkeit und damit eine große Betriebsicherheit.

---

[1] AEG-Mitt. 1928, S. 562.

[2] In der ETZ 1929, S. 566, Abb. 1, ist die Anlage des Elektrizitätswerkes Mark im Bilde gezeigt.

[3] ETZ 1929, S. 122.

Die Montage vollzog sich in der Weise, daß drei Tage nach dem Aufguß der ersten Muffen mit dem Stellen der Maste begonnen wurde. Das dabei verwendete Stellzeug ist in dem oben angeführten Aufsatz[4] näher beschrieben; es hat sich trotz des äußerst ungünstigen, durch Regengüsse aufgeweichten Lehmbodens glänzend bewährt; ein schweres Gerät wäre auf dem bodenlosen Bauplatz nicht transportabel gewesen. Um die Höhenlage gemäß dem aufgenommenen Nivellement genau einhalten zu können, wurde eine 20 cm starke Sohle in die Mastgruben einbetoniert, auf die die Masten gestellt wurden. Für sämtliche Maste waren Betonfundamente vorgesehen, deren oberer Teil achteckig ausgebildet war. Auf diese Weise wurde nicht nur an Beton gespart sondern es wurden auch die Fundamente an die Mast- und Traversenform angepaßt.

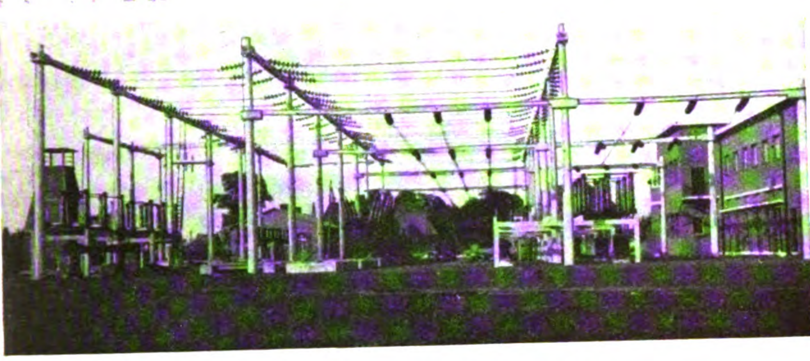


Abb. 9. Gesamtansicht der Freiluftanlage.

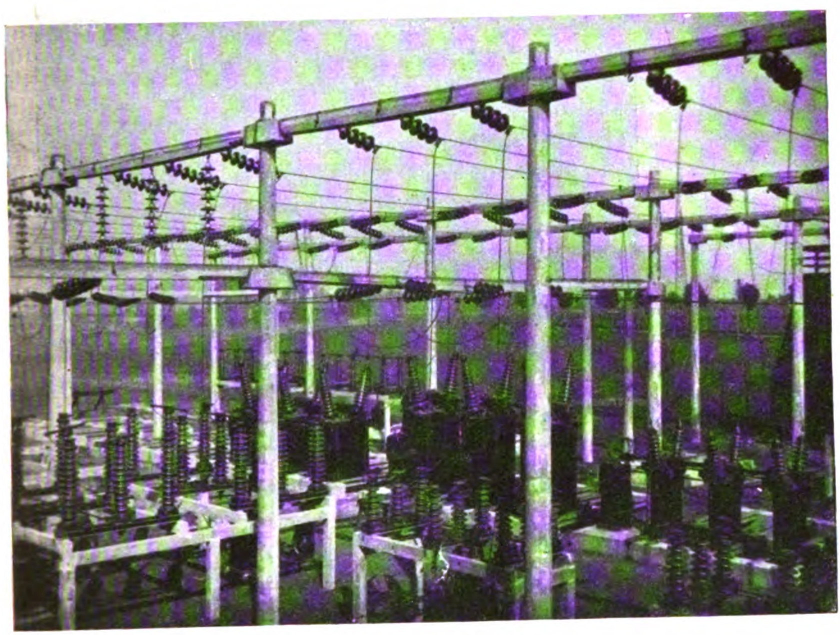


Abb. 10. Blick von der Warte.

Es dürfte von Interesse sein, über Erdaushub und Fundierungskosten einen Vergleich zwischen Eisen- und Betonmasten zu ziehen und die Ersparnisse, die in dieser Hinsicht bei den Betonmasten gemacht wurden, festzulegen. Infolge der geringen Mastabmessungen und der gewählten Formgebung der Fundamente konnten an Erdaushub 25 % und an Fundamentkosten 35 % gespart werden, eine Ersparnis, die es verständlich macht, daß die Eisenbetonstation der Eisenfachwerkanlage in wirtschaftlicher Hinsicht gewachsen ist.

Nachdem sämtliche Maste gestellt waren, wurde mit dem Einlegen der Traversen begonnen. Diese Zeitspanne genügte, um den Betonfundamenten Zeit zum Abbinden und Erhärten zu geben. Die Traversenmontage vollzog sich in derselben einfachen Weise wie das Aufstellen der Maste. Die 6,5 m über Boden liegenden Querträger wurden mit dem vorhandenen Stellzeug eingelegt. Für die 9 m hohen Traversen wurde der Stellbock 2 m verlängert. Abb. 5 zeigt das Hochziehen einer Traverse, Abb. 6 das Einlegen und Ausrichten derselben. Abb. 7 gibt eine Ansicht des fertiggestellten Schleuderbetongerüstes unmittelbar nach beendigter Montage.

Der Grund, warum Beton-Freiluftstationen bisher nicht gebaut wurden, dürfte darin liegen, daß es wahrscheinlich nicht für möglich gehalten wurde, eine den ästhetischen Anforderungen entsprechende Anlage zu bauen, ferner in dem Glauben, daß die zu bewältigenden Gewichte zu groß und damit die Montage zu teuer und schließlich, daß die Anlage nicht erweiterungsfähig sei.

Mit dem Bau dieser Anlage wurde bewiesen, daß alle diese Befürchtungen nicht zutreffen. Die oben beschriebene Station wurde unter den ungünstigsten Verhältnissen in der Sturm- und Regenperiode des vorjährigen November und Dezember mit vollkommen ungeschulten, mit der Materie unvertrauten ortsansässigen Arbeitskräften, lediglich unter Leitung einiger fachkundiger Monteure durchgeführt. Wären die Gewichte tatsächlich hinderlich gewesen, so hätte bei dem grundlosen Boden und den zu bewältigenden Wassermengen eine saubere, dem Nivellement entsprechende Arbeit nicht durchgeführt werden können, was sich besonders bei den aneinander angegliederten Traversen, die eine Gerade und keinen gebrochenen Linienzug ergeben sollen, bemerkbar gemacht hätte. Den Wünschen der Vereinigten Elektrizitätswerke G. m. b. H. entsprechend, wurde das Gerüst so projektiert, daß es durch Angliederung weiterer Felder beliebig erweitert werden kann. Infolge der geringen Fundierungskosten und der kleineren Erdbewegungen werden

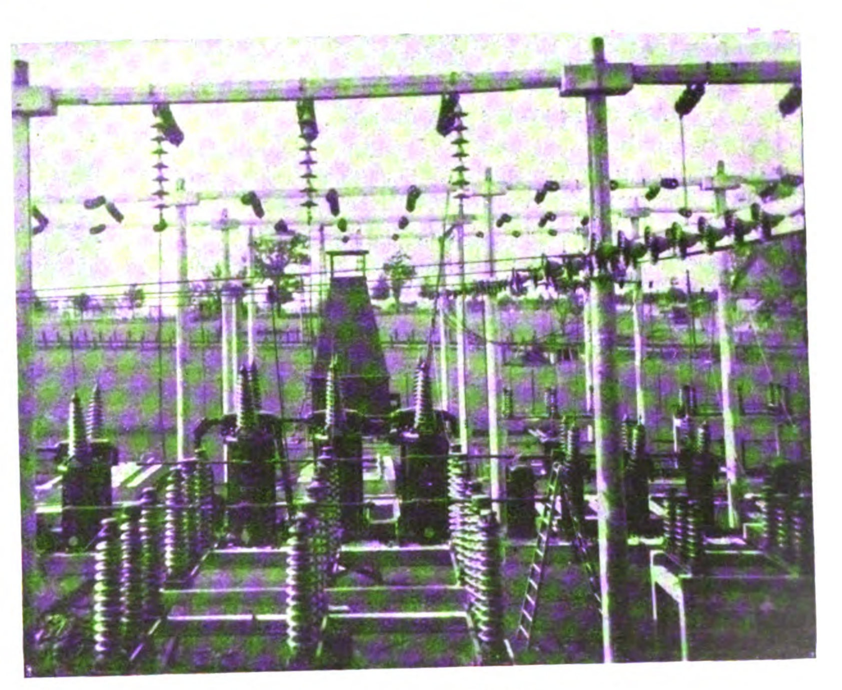


Abb. 11. Ansicht vom Schalthaus.



[4] Wie Fußnote 3.



die etwa vorhandenen Mehrkosten, die vergleichsweise gegenüber einer Eisenfachwerk-Konstruktion entstehen, praktisch aufgehoben.

Für die Trennschalterböcke sind Betonpfosten mit einem Querschnitt von 200 × 150 mm vorgesehen. Die drei zur Verwendung kommenden Bocktypen unterscheiden sich lediglich durch die Länge der horizontalen Balken, während die Höhenlage der Schaltergrundplatte über Boden einheitlich mit 2,2 m festgelegt wurde. Abb. 8 zeigt ein Montagebild eines Trennschalterbockes der Type III. Der Aufbau ist folgender: Auf zwei Längsbalken, die von je zwei bzw. drei Säulen getragen werden, ruhen zwei bzw. vier Querbalken, auf denen die Trennschaltergrundplatte sitzt. Die äußeren Kanten der vier Eckpfeiler erhalten gebrochene Ecken, um eine etwaige Beschädigung derselben zu vermeiden. Die Verbindung der horizontal angeordneten Balken mit den vertikalen Säulen erfolgt mittels in die Säulen eingeschleuderter Bolzen von solcher Länge, daß die Befestigungsmutter, die in einer Aussparung der hori-

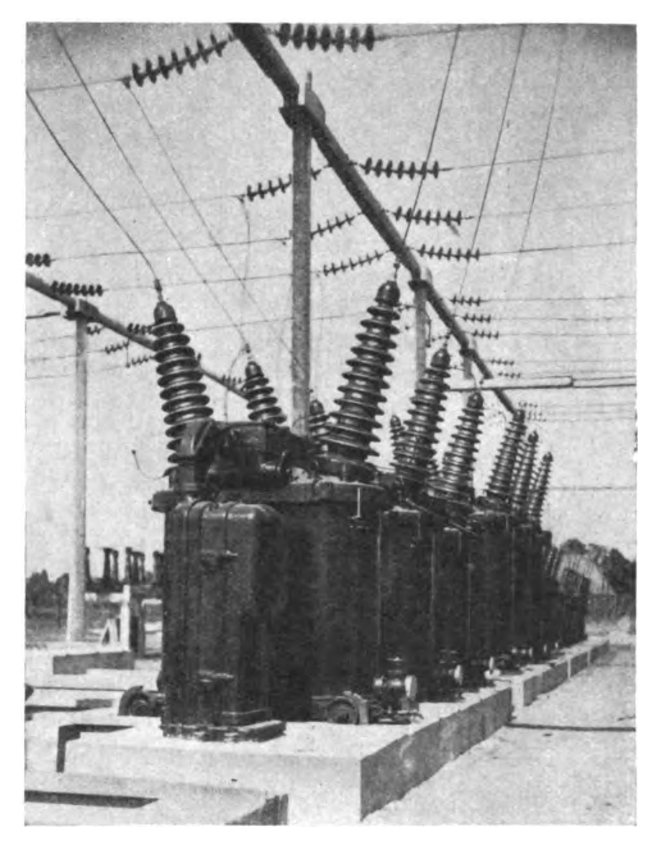


Abb. 12. 100 kV- und 50 kV-Ölschalter.

zontalen Balken liegt, mit der obersten Fläche abschließt. Nach dem Zusammenbau werden sämtliche Aussparungen vergossen, so daß die vorhandenen Eisenteile vor atmosphärischen Einflüssen geschützt sind. Die Fundierung der Böcke erfolgt durch Betonfundamente von 50 × 50 cm. Die Montage vollzieht sich in der Weise, daß am Boden eine Längsseite, bestehend aus drei Säulen und einem Längsbalken, zusammengesetzt und als Ganzes aufgestellt wird. Die kurzen Querbalken können leicht nach fertiger Montage der beiden Längsteile über die hinausragenden Bolzen geschoben und verschraubt werden. Die vorhandenen Stoßfugen wurden nachträglich verrieben, so daß die Böcke als einheitliches Ganzes wirken.

Ein abschließendes Urteil über die Zweckmäßigkeit des Schleuderbetongerüstes für Freiluftstationen wird man sich erst dann bilden können, wenn man die fertige Anlage vor Augen hat. Es sollen deshalb einige Bilder gezeigt werden, die die fertige Freiluftstation und auch charakteristische Einzelteile wiedergeben.

Abb. 9 ist das Gesamtbild von Westen gesehen. Man sieht deutlich die Anordnung der Doppelsammelschienen: im Vordergrund 100 kV, im Hintergrund 50 kV. Links sind die Trennschalter für die ankommenden bzw. abgehenden Fernleitungen, dann die Ölschalter und schließlich rechts die Doppelböcke für die beiden Sammelschienen ersichtlich. Ein Transformator ist fast fertig montiert und der Kühlturm dafür erstellt. Es überraschen der klare

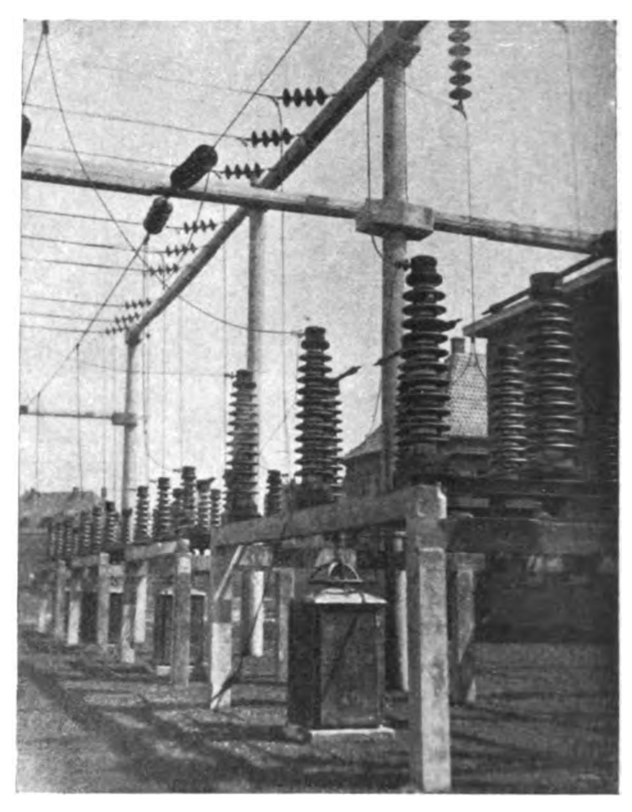


Abb. 13. Trennschalterreihe.

übersichtliche Aufbau und die offene durchsichtige Wirkung der Gerüstkonstruktion, die durch die kleinen Abmessungen der Maste bedingt ist.

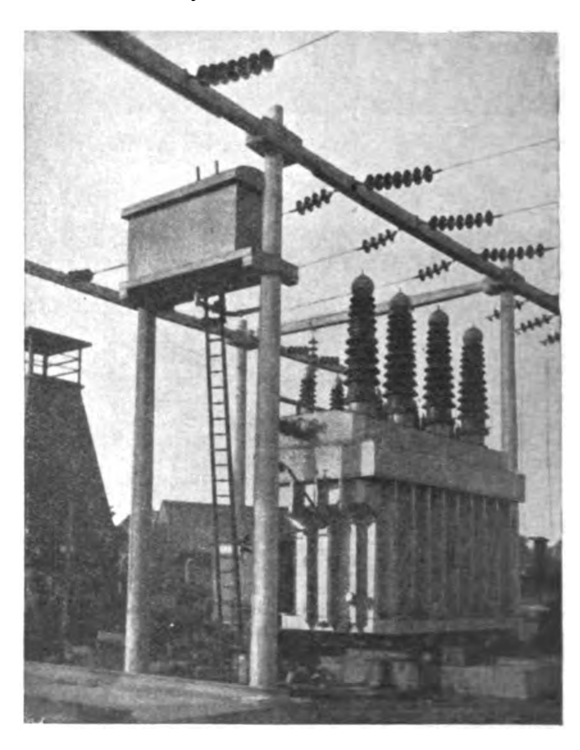


Abb. 14. Ein Transformator während der Montage.

Abb. 10 und 11 geben einen Blick von der Schaltwarte bzw. vom Schalthaus aus. Besonders diese beiden Bilder zeigen deutlich, wie gut sich die Betonkonstruktion an die Apparatur anpaßt und mit welcher Sorgfalt die Ein-

teilung von der VEW. gewählt wurde. Jede Schalterstellung kann von hier deutlich übersehen werden und das Auge wird durch die ruhige Wirkung der Betonkonstruktion nicht von sondern auf die Apparatur gelenkt. Dieser Vorteil kann nicht hoch genug eingeschätzt werden, da Fehlschaltungen sofort festgestellt werden können.

Interessant ist noch die Ölschalterreihe. Abb. 12 zeigt vorn 100 kV-, hinten 50 kV-Schalter, Abb. 13 eine Trennschaltergruppe in derselben Reihenfolge und schließlich Abb. 14 einen 100/50/10 kV - Transformator für eine Leistung von 15 000 kVA mit dem aus Beton hergestellten Podest für das Ölgefäß.

Die elektrische Küche*.

Von Landesbaurat **A. Schönberg**, München.

Übersicht. Nachdem in der ETZ 1928, S. 327, ein Bericht über die Wärmestromverteilung in Schweinfurt und Schwandorf erschienen war, werden in folgendem die in der Zwischenzeit gemachten Fortschritte und Erfahrungen mitgeteilt. Es wird die Wirtschaftlichkeit von Elektrizitätswerken mit und ohne Wärmestromverteilung erörtert, um Vorurteile zu zerstreuen, die in bezug auf die Wirtschaftlichkeit der Wärmestromlieferung für die Elektrizitätswerke noch weit verbreitet sind.

Im April 1927 wurde auf Anregung Oskar v. Millers das elektrische Kochen bei den Elektrizitätswerken Schweinfurt und Schwandorf erstmals in Deutschland systematisch eingeführt. Die hierzu erforderlichen Maßnahmen bestanden:

1. in der Auswahl und Zusammenstellung der für den Vollbetrieb einer elektrischen Küche geeigneten Apparate,
2. in dem serienweisen Bezug dieser Apparate und deren Abgabe weit unter Selbstkosten gegen Teilzahlung oder deren Verleihung gegen kleinste Monatsraten,
3. in der Einführung eines einfachen und genügend billigen Tarifes, einheitlich für den gesamten Wärme-, Licht- und Kraftverbrauch eines Haushaltes und ohne Beschränkung der Stromverwendung auf bestimmte Tageszeiten oder bestimmte Leistungen[1].

Obere Kurve: monatliche Gesamtabgabe
Untere Kurve: monatliche Abgabe je Abnehmer

Abb. 1. Stromabgabe nach dem Wärmetarif in Schweinfurt und Schwandorf.

Nachstehend soll über die bisher gemachten Erfahrungen und über die hieraus sich ergebenden Schlußfolgerungen kurz berichtet werden.

I. Angeschlossene Wärmestromabnehmer.

Die folgende Liste enthält die nach zweieinhalbjähriger Einführungszeit am 30. IX. 1929 angeschlossenen Wärmestromabnehmer:

	Schweinfurt	Schwandorf
Einwohner	40 000	10 000
d. s. Haushaltungen rd.	10 000	2 000
Gasanstalt vorhanden?	ja	nein
Angeschlossen:		
Küchen ohne Heißwasserspeicher	100	85
Küchen mit Heißwasserspeicher	190	75
Heißwasserspeicher ohne Küchen	200	15
Sonstige Wärmestromabnehmer, die ihre Einrichtungen nicht durch das Elektrizitätswerk bezogen	70	30
Zusammen	560	205
Von den Küchenherden entfallen:		
auf Sparherde (Ökonomapparate u. dgl.)	45	10
auf zwei- bis vierstellige Herde	245	150
Von den Heißwasserspeichern entfallen:		
auf 25 l-Speicher	240	70
auf 50 l-Speicher	180	20
Gesamtanschluß an Wärmeapparaten	1400 kW	535 kW
d. i. auf 1 Abnehmer	2,5 kW	2,6 kW

Die Liste läßt erkennen:

in beiden Werken die vorwiegende Benutzung von gewöhnlichen Herden gegenüber Sparherden, bedingt durch den sehr billigen Tarif, der die Anwendung von besonders stromsparenden, aber von der Norm abweichenden Kochmethoden erübrigt;

in Schweinfurt die zusätzliche Verwendung von Heißwasserspeichern, die dort auch zur Ergänzung vorhandener Gasküchen sehr beliebt sind;

in Schwandorf das Zurückbleiben der Heißwasserspeicher gegenüber den Herden, bedingt durch das Fehlen von Wasserleitungsanschlüssen, zu niedrige Geschoßhöhe der Wohnhäuser u. dgl.;

einen durchschnittlichen Anschlußwert von 2,5...2,6 kW Wärme auf 1 Abnehmer, wobei die niedrigere Zahl in Schweinfurt durch den Einfluß der zusätzlich verwendeten Heißwasserspeicher bedingt ist.

II. Stromverbrauch.

Abb. 1 zeigt den monatlichen Wärmestromverbrauch im ganzen sowie für jeden Abnehmer. Bemerkenswert ist die Schwankung des Stromverbrauches eines Abnehmers in den einzelnen Monaten. Sie war zu Beginn der Einführungszeit sehr beträchtlich, beträgt aber gegenwärtig nur etwa ± 10 % gegenüber dem Mittelwert. Diese geringe Schwankung beruht darauf, daß zwar der elektrische Kochbetrieb an sich in den Wintermonaten ebenso wie beim Gaskochen wegen der vielfach üblichen Erwärmung der Küchen durch die vorhandenen Kohlenherde erheblich

* Vgl. ETZ 1928, S. 327.

[1] Tarif: 8 Pf/kWh für den gesamten Stromverbrauch des Haushaltes zuzüglich Grundgebühr von 1 RM auf 1 kW Anschlußwert für Wärme und Kraft bzw. 1 RM auf 1 kW Anschlußwert für Licht.



zurückgeht, daß aber dieser Rückgang teilweise ausgeglichen wird durch den Stromverbrauch elektrischer Heizöfen in Wohn- und Schlafräumen.

Die regelmäßige und ausreichende Verwendung der Wärmestromgeräte sowie die anhaltend günstige Anschlußbewegung beweisen die Wirtschaftlichkeit der Wärmestromverteilung für die Abnehmer.

III. Wirtschaftlichkeit der Wärmestromverteilung für die Elektrizitätswerke.

Um die Wirtschaftlichkeit der Wärmestromverteilung für die Elektrizitätswerke zu beurteilen, ist in erster Linie der Verlauf der Wärmestromentnahme über die verschiedenen Tagesstunden durch Aufstellung möglichst zuverlässiger Wärmestromkurven festzustellen.

Abb. 2 zeigt eine Wärmestromkurve, gezeichnet für 200 elektrisch kochende Abnehmer, die an Hand von Registrierstreifen aus einem Arbeiterwohnviertel und einer Beamtensiedlung in Schweinfurt ermittelt wurde. Die Stromkurve zeigt für einen Sommerwerktag um 11 h 45 m eine steil ansteigende Spitze von 130 kW = 0,65 kW auf 1 Abnehmer, herrührend von der Fertigstellung des Mittagessens. Eine zweite ausgesprochene Spitze findet sich in den Morgenstunden, sie beträgt aber nur etwa 0,3 kW auf 1 Abnehmer und beweist die ziemlich ausgiebige Verwendung der in Schweinfurt allgemein eingeführten elektrischen Schnellkocher für die Frühstücksbereitung. Eine dritte ziemlich flach verlaufende Spitze von etwa 0,3 kW auf 1 Abnehmer in den Abendstunden ergibt sich durch die Herstellung der Abendmahlzeiten. Auffallend ist die beträchtliche Wärmestromentnahme zwischen 12 h und 18 h, offenbar mit dem Schichtbetrieb der Fabriken zusammenhängend, die einen Teil der Familien veranlaßt, die Hauptmahlzeit auf die späten Nachmittagstunden zu verlegen.

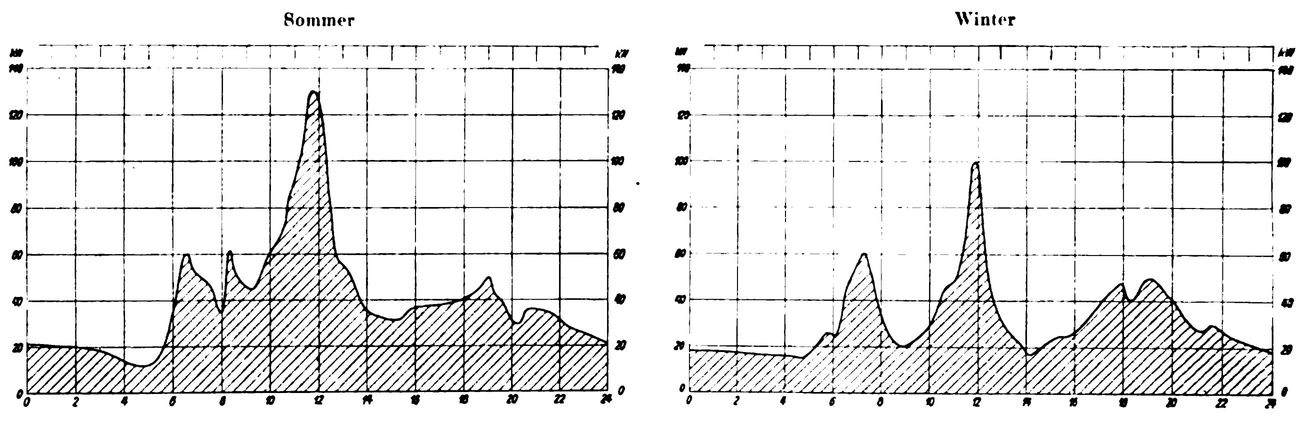


Abb. 2. Wärmestromkurve für 200 Familien mit elektrisch betriebener Küche.

Wichtig ist die in Schweinfurt erzielte Nachtbelastung durch die angeschlossenen Heißwasserspeicher, die durchweg als Auslaufspeicher konstruiert sind und die deshalb, ohne daß durch den Tarif ein Zwang ausgeübt wird, in der Regel am Abend aufgefüllt und über Nacht eingeschaltet werden, um in den Morgenstunden das heiße Wasser bereit zu haben. In Wirklichkeit ist in Schweinfurt der Anteil der Nachtbelastung durch die Heißwasserspeicher an der gesamten Wärmestromentnahme wesentlich größer, als er aus der Wärmestromkurve Abb. 2 ersichtlich ist, weil die zur Herstellung dieser Kurven ausgewählten Familien absichtlich so zusammengestellt wurden, daß sie die Wärmeentnahme speziell durch die elektrisch kochenden Haushaltungen darstellen, bei welchen zur Zeit auf je 100 Herde etwa 65 Heißwasserspeicher entfallen, während für die Gesamtheit der Schweinfurter Wärmestromabnehmer aus den in der Einleitung angeführten Gründen neben je 100 Herden etwa 140 Heißwasserspeicher im Betrieb sind.

Die Planimetrierung der Wärmestromkurven ergibt für die Sommermonate eine Tagesarbeit von rd. 900 kWh, für die Wintermonate eine Tagesarbeit von rd. 750 kWh. Da die Benutzung der Wärmegeräte nicht nur an den Wochentagen sondern auch an den Sonn- und Feiertagen — an diesen sogar in erhöhtem Maße — erfolgt, berechnet sich der Halbjahresstromverbrauch durch Multiplikation mit 182 Tagen im Sommer zu 165 000 kWh, im Winter zu 135 000 kWh, der Jahresstromverbrauch zu 300 000 kWh, d. h. 1500 kWh auf 1 Abnehmer. Die durch Planimetrierung gewonnenen Ergebnisse wurden durch die Zählerablesungen überprüft und stimmen mit diesen überein.

Nun geht aus der Abb. 1 über den durchschnittlichen monatlichen Wärmestromverbrauch in Schweinfurt allerdings hervor, daß entgegen den Ergebnissen aus Abb. 2 der Stromverbrauch von 200 angeschlossenen Haushaltungen scheinbar nicht 300 000 kWh im Jahr, sondern nur etwa 200 000 kWh beträgt. Der Unterschied rührt daher, daß sich die Stromkurven Abb. 2 sowie die hieraus gezogenen Folgerungen auf die mit vollständigen elektrischen Küchen ausgestatteten Haushaltungen beziehen, während der in Schweinfurt eingeführte Tarif daneben auch den Anschluß von Haushaltungen ermöglicht, die lediglich Heißwasserspeicher verwenden oder für sonstige Zwecke nur gelegentlich Wärmestrom entnehmen, die deshalb einen entsprechend niedrigeren Jahresstromverbrauch haben und den Durchschnitt von 1500 kWh auf rd. 1100 kWh herabdrücken.

Da die gleichzeitige Höchstleistung der Haushaltungen mit alleiniger Heißwasserbereitung sowie die Höchstleistung der Gelegenheitsverbraucher zweifellos länger als die gleichzeitige Höchstleistung des elektrisch kochenden Verbraucherkreises ausgenützt wird, genügt es, für die Ermittlung der wirtschaftlichen Verhältnisse lediglich den durch die Stromkurven erfaßten Verbraucherkreis zu berücksichtigen.

Von Interesse ist die jährliche Ausnutzung der Kochspitze, die sich zu 300 000 : 130 = 2300 h ergibt und damit an und für sich günstiger ist als die Ausnutzung, wie sie in den meisten Elektrizitätswerken ohne Großindustriestrom gegenwärtig erzielt wird. Um die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Kochbetriebes richtig beurteilen zu können, ist zu berücksichtigen, daß derselbe nicht für sich allein besteht, sondern eine zusätzliche Abgabe der Elektrizitätswerke zu dem bestehenden Licht- und Kraftverbrauch bildet. In Abb. 3 (S. 1692) ist deshalb die normale Licht-Kraft-Kurve eines Elektrizitätswerkes mit 40 000 Einwohnern, entsprechend 10 000 Haushaltungen, aufgezeichnet und diese Kurve ergänzt durch eine Wärmestromkurve für 2000 Haushaltungen, wie sie sich aus Abb. 2 durch Multiplikation der Ordinaten mit 10 ergibt. Die kombinierte Licht-Kraft-Wärme-Kurve läßt den außerordentlich starken Ausgleich zwischen der Wärmestromkurve und der Licht-Kraft-Kurve deutlich erkennen. Bei einem Zuwachs an Wärmestrom für 2000 Haushaltungen zu je 1500 kWh gleich jährlich 3 Mill kWh beträgt die Zunahme der Höchstleistung nur 500 kW. Die erforderliche Mehrleistung wird somit bei dem gewählten Beispiel jährlich 6000 h ausgenutzt.

Die Feststellung einer 6000stündigen Benutzung der erforderlichen Mehrleistung bezieht sich allerdings nur auf das dem Beispiel zugrunde liegende Verhältnis zwischen Licht-Kraft-Verbrauch und Wärmeverbrauch, es gilt also nur, wenn 20 % der vorhandenen Haushaltungen elektrisch kochen. Solange weniger als 20 % der Haushaltungen elektrisch kochen, also in den ersten Jahren der Einführung, wird die Mehrleistung länger als 6000 h ausgenutzt. Übersteigt die Zahl der elektrisch kochenden Haushaltungen 20 % der überhaupt vorhandenen, so beträgt die Benutzungszeit für die erforderliche Mehrleistung weniger als 6000 h.

Es erscheint zulässig, für die zur Zeit übersehbare Entwicklung der nächsten 10 ... 15 Jahre den Wirtschaft-



lichkeitsrechnungen die in Abb. 3 ermittelte Stromkurve für 20 % elektrisch kochende Haushaltungen zugrunde zu legen.

In nachstehender Zahlentafel ist nunmehr auf Grund der erläuterten Stromkurven eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsrechnung für Elektrizitätswerke mit und ohne Wärmestromverteilung durchgeführt, wobei für die Stromerzeugung als Ergänzung zu einer vorhandenen Mittelgebirgswasserkraft — Höchstleistung im Winter, Mindestleistung im Sommer — einmal Strombezug von einem wirtschaftlich arbeitenden Überlandwerk, das andere Mal Stromerzeugung durch eine Dieselanlage angenommen ist.

Zu Zahlentafel 1 ist folgendes zu bemerken:

Die Belastungszunahme in der Zentrale und im Leitungsnetz ergibt sich daraus, daß bei Wärmestromlieferung die im Sommer um $11^h\ 45^m$ erforderliche Spitzenleistung um 500 kW größer ist als die ohne Wärmestrom im Winter um 17^h eintretende abendliche Lichtspitze. Für die Deckung der erforderlichen Spitzenleistung ist die Wasserkraft, da sie vorübergehend ganz versagen kann, jeweils n i c h t in Rechnung gestellt.

Die Jahresarbeit für Licht und Kleinkraft ist reichlich hoch angenommen, um nicht nur die sehr zahlreichen Verhältnisse zu treffen, in welchen schlecht ausgenützte Werke in ihrer Wirtschaftlichkeit naturgemäß leicht gehoben werden können, sondern auch solche Beispiele zu erfassen, in welchen ein an und für sich bereits gut rentierendes Werk in seinen wirtschaftlichen Ergebnissen noch weiter verbessert werden soll.

Zahlentafel 1. Wirtschaftlichkeit von Elektrizitätswerken mit und ohne Wärmestromverteilung.

	Elektrizitätswerk mit Wasserkraft			
	Ergänzung durch Strombezug		Ergänzung durch Dieselmotoren	
	Nur Licht- und Kraft-versorgung	Licht-, Kraft- und Wärme-versorgung	Nur Licht- und Kraft-versorgung	Licht-, Kraft- und Wärme-versorgung
Einwohner (10 000 Haushaltungen) ...	40 000	40 000	40 000	40 000
Hiervon elektrisch kochende (2000 Haushaltungen) ...	—	10 000	—	10 000
Angeschlossen:				
Licht und Kraft kW	7 000	7 000	7 000	7 000
Wärme .... „	—	5 000	—	5 000
Zusammen .. kW	7 000	12 000	7 000	12 000
Gleichzeitig benutztes Gruppenmaximum um 17^h:				
Licht und Kraft kW	1 500	1 500	1 500	1 500
Wärme .... „	—	400	—	400
Zusammen .. kW	1 500	1 900	1 500	1 900
Gleichzeitig benutztes Gruppenmaximum um $11^h\ 45^m$:				
Licht und Kraft kW	550	550	550	550
Wärme unter Berücksichtigung der Netzverluste ...... kW	—	1 450	—	1 450
Zusammen .. kW	550	2 000	550	2 000
Belastung der Zentrale kW	1 500	2 000	1 500	2 000
hierfür erforderlich:				
Wasserkraft .. kW	(800)	(800)	(800)	(800)
Strombezug bzw. Dieselmotoren . kW	1 500	2 000	1 500	2 000
Stromverbrauch:				
Licht .... kWh	1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000
Kraft .... „	3 000 000	3 000 000	3 000 000	3 000 000
Wärme ...... „	—	3 000 000	—	3 000 000
Verluste ..... „	600 000	1 000 000	600 000	1 000 000
Zusammen . kWh	4 800 000	8 200 000	4 800 000	8 200 000
Hiervon deckt die Wasserkraft . kWh	4 000 000	5 300 000	4 000 000	5 300 000
Strombezug bzw. Dieselmotoren kWh	800 000	2 900 000	800 000	2 900 000
Anlagekosten:				
Wasserkraft ..... RM	800 000	800 000	800 000	800 000
Zuleitung u. Haupttransformatorenstation bzw. Dieselmotoren ...... RM	300 000	400 000	600 000	800 000
Leitungsnetz:				
Hochspannungsnetz mit Transformatoren........... RM	700 000	800 000	700 000	800 000
Niederspannungsnetz RM	500 000	600 000	500 000	600 000
Hausanschlüsse . „	300 000	340 000	300 000	340 000
Zähler .... „	300 000	320 000	300 000	320 000
Zuschüsse an die Abnehmer .... „	—	140 000	—	140 000
Zusammen .. RM	2 900 000	3 400 000	3 200 000	3 800 000
Betriebskosten:				
15% Verzinsung, Tilgung, Abschreibung und Unterhaltung RM	435 000	510 000	480 000	570 000
Strombezug bzw. Betriebsmaterial . RM	60 000	130 000	50 000	150 000
Gehälter, Löhne, allgemeine Unkosten, Steuern usw. .. RM	140 000	200 000	160 000	220 000
Zusammen .. RM	635 000	840 000	690 000	940 000
Die Mehrkosten der Wärmestromlieferung betragen . RM	—	205 000	—	250 000
d. i. bei 3 000 000 kWh in Pf/kWh	—	6,8	—	8,1
Angenommener Verkaufspreis für den Wärmestrom Pf/kWh	—	9,0	—	10,0
d. i. im ganzen . RM	—	270 000	—	300 000
Überschuß aus der Wärmestromlieferung .... RM	—	65 000	—	50 000

Der gleiche Grundgedanke war für die Wahl der Wasserkraft entscheidend. Die zugrunde gelegte Wasserkraft von 800 kW Ausbauleistung ist ohne Wärmestromverteilung bereits mit 5000 Jahresstunden ausgenutzt. Die Ausnutzung erhöht sich in dem Beispiel durch die Wärmeverteilung auf 6600 h, womit die volle Ausnutzung noch keineswegs erreicht ist.

Bei Berechnung der Anlagekosten ist die Wasserkraft mit 800 000 RM für alle vier Fälle gleichhoch eingesetzt. Im Falle des Strombezuges ist die Haupttransformatorstation einschließlich Zuleitung mit 200 RM/kW berechnet, bei Verwendung von Dieselmotoren ist die Dieselleistung mit 400 RM/kW veranschlagt.

Die Kosten der für die Wärmestromverteilung erforderlichen Netzverstärkung werden von den meisten Elektrizitätswerken a u ß e r o r d e n t l i c h überschätzt. Zur Klarstellung der Verhältnisse wurden zahlreiche Beispiele durchgerechnet und an Hand derselben für die Verstärkung des Netzes folgende Beträge eingesetzt:

Für die Erhöhung der gleichzeitigen Leistung von 1500 auf 2000 kW gleich 33⅓ % sind die Kosten des Hochspannungsnetzes sowie der Hausanschlüsse zu erhöhen um rd. 15 %. Beim Niederspannungsnetz ist die Erhöhung der Kosten mit 20 % zu veranschlagen, weil hier die meisten Verstärkungen bzw. Auswechslungen nötig werden. Die Verteuerung der Zähler ist unbedeutend, weil die Verwendung von Doppeltarifzählern u. dgl. nicht nötig ist und deshalb zumeist die vorhandenen Einheitszähler weiter benutzt werden können, zumal die Herde bis zu 3 kW Leistung bei entsprechend starkem Nulleiter einphasig angeschlossen werden.

Ausdrücklich sei bemerkt, daß bei Berechnung der Netzkosten der Umstand berücksichtigt wurde, daß in der Regel ein bereits vorhandenes Netz erweitert und verstärkt werden muß, wobei die Mehrkosten selbstverständlich größer sind, als wenn ein n e u auszuführendes Licht-Kraft-Netz mit einem neu auszuführenden Licht-Kraft-Wärme-Netz verglichen würde.

Als Zuschüsse zu den Wärmeapparaten sind für jeden Abnehmer 70 RM eingesetzt, ein Betrag, der den gegenwärtigen Ausgaben in Schweinfurt und in Schwandorf entspricht und der im Laufe der Zeit in dem Maße abnimmt oder ganz verschwindet, als die Massenfabrikation der elektrischen Kochgeräte und damit die Angleichung ihrer Preise an die sonstiger Kücheneinrichtungen Fortschritte macht.

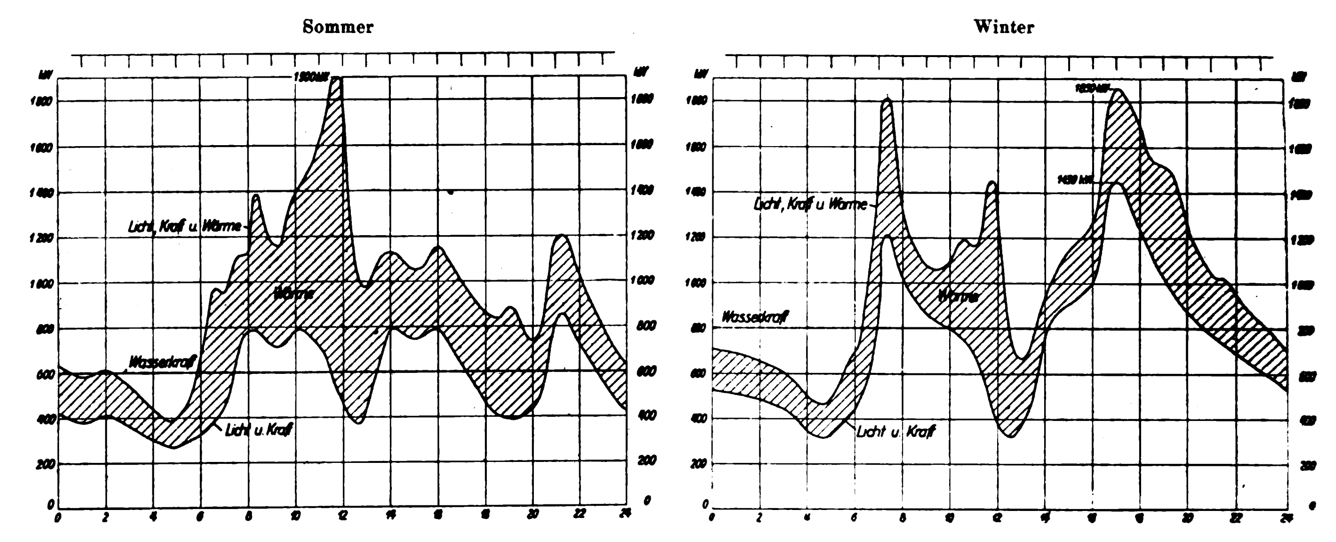


Abb. 3. Normale Licht-Kraft-Kurve des Elektrizitätswerkes einer Stadt mit 40 000 Einwohnern (10 000 Haushaltungen) zusammengesetzt mit einer Wärmestromkurve für 2000 Haushaltungen.

Bei den Betriebskosten sind für Verzinsung, Tilgung und Abschreibung der Einfachheit halber für alle Fälle 15 % gerechnet. Der Betrag dürfte ausreichen, nachdem die Zuschüsse für die Wärmeapparate nicht abzuschreiben, sondern nur innerhalb eines Zeitraumes von etwa 10 ... 15 Jahren zu tilgen sind.

Bei Berechnung des Betriebsmaterials ist für den Mehrbezug an Strom ein Preis von rd. 3,5 Pf/kWh, für die Mehrkosten an Dieselöl ein Betrag von rd. 5 Pf/kWh angenommen. Bei dem Preis von 3,5 Pf für den Mehrbezug an Strom ist zu berücksichtigen, daß daneben ein Baukostenzuschuß des Elektrizitätswerkes von 200 RM/kW für die Haupttransformatorstation veranschlagt ist.

Für Gehälter, Löhne, allgemeine Unkosten und Steuern sind Beträge eingesetzt, wie sie sich in Schweinfurt und Schwandorf bei der Einführung des Wärmestromes als nötig erwiesen haben; dabei ist die Erhöhung der Steuern bei der Wärmestromverteilung entsprechend dem Mehrertrag berücksichtigt.

Die Zahlentafel zeigt, daß die anteiligen Kosten der Wärmestromlieferung sich bei dem Werk mit Wasserkraft und Strombezug auf 6,8 Pf/kWh stellen und daß somit ein Verkaufspreis von 9 Pf/kWh trotz der an die Abnehmer gewährten Zuschüsse einen reichlichen Nutzen ergibt. Bei Ergänzung durch einen Dieselmotor kann Wärmestrom einschließlich der Verzinsung und Tilgung der Zuschußleistungen an die Abnehmer mit 10 Pf/kWh noch mit einem Nutzen abgegeben werden, der einer etwa 8 prozentigen Überverzinsung des Anlagekapitals entspricht.

Die vorstehenden Berechnungen beziehen sich auf einen Durchschnittsfall. Selbstverständlich gibt es Werke, z. B. mit unausgenutzter Wasserkraft, mit billigen Freileitungsnetzen, die leichter als Kabelnetze verstärkt werden können, die den Wärmestrom billiger als vorstehend berechnet abgeben können, wie es anderseits auch Werke z. B. mit teuer arbeitenden Dampfanlagen, mit schlecht disponierten Leitungsnetzen u. dgl. gibt, die einen etwas höheren Wärmestrompreis rechnen müssen, um auf ihre Kosten zu kommen.

Die Richtigkeit der vom Ingenieurbüro Oskar von Miller in Schweinfurt und in Schwandorf getroffenen Maßnahmen wurde lange Zeit von den Elektrizitätswerken angezweifelt. Allmählich gehen jedoch kleinere und größere Werke dazu über, ähnliche Tarife und ähnliche Maßnahmen zu treffen, und es ist besonders erfreulich, daß in letzter Zeit eine der größten und fortschrittlichsten Elektrizitäts-Unternehmungen in Deutschland die Abgabe von Wärmestrom zu fast den gleichen Bedingungen aufgenommen hat, wie sie in Schweinfurt und in Schwandorf seit mehr als zwei Jahren sich durchaus bewährt haben.

Es wäre sehr erwünscht, wenn mit der nunmehr ins Auge gefaßten tatkräftigen Förderung seitens der Vereinigung der Elektrizitätswerke immer mehr Werke zur Verteilung von Wärmestrom übergehen würden, zumal hierdurch gerade der minderbemittelten Bevölkerung eine große Erleichterung im Hauswesen und den Elektrizitätswerken, wie vorstehend gezeigt, beträchtliche Mehrüberschüsse gesichert werden könnten.

Elektrische Fußgesimsheizung.

Im Bull. SEV[1] ist eine interessante elektrische Raumheizung nach A. E. H e r d e n e r beschrieben, bei welcher der Heizkörper im Fußgesims der Wände angeordnet wird. Das Fußgesims *a* (Abb. 1) wird aus Metall, in einfachster Ausführung aus Eisenblech mit wärmefestem Farb- oder Lackanstrich hergestellt. *b* ist ein elektrischer Flachheizkörper und *c* dient zu dessen Befestigung. *e* und *f* sind Ventilationsöffnungen, welche die an der hinteren Oberfläche des Heizkörpers erzeugte Wärme in den zu beheizenden Raum leiten und eine unnötige Erwärmung der Mauern verhindern sollen. Die Baulänge der Fußgesimse beträgt 1 ... 2 m und die Verbindungen zwischen den einzelnen Heizelementen können als Schmelzsicherungen ausgebildet werden.

Abb. 1. Elektrischer Heizkörper im Fußgesims.

Es wird mit einer Leistungsaufnahme bis zu 300 W gerechnet, wobei die Oberflächentemperatur unter 100° bleibt, so daß eine Staubverbrennung nicht stattfindet. Da ein Fußgesims ohnehin vorhanden sein muß, sind Anschaffungskosten und Platzbeanspruchung gering. Außerdem hat das System den Vorteil einer milden, von unten kommenden Wärme und einer gleichmäßigen Wärmeverteilung. *Ka.*

[1] Bd. 20, S. 196.



Elektroakustische Übertragungssysteme mit besonderer Berücksichtigung der Telephonie auf weite Entfernungen und des Klangfilms*.

Von Dir. Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E.h. **F. Lüschen**, Berlin.

Die Elektroakustik hat sich im Laufe des letzten Jahrzehnts ungewöhnlich schnell und großartig entwickelt. Die Verstärkerröhre hat ihr einen Antrieb gegeben, der zu ungeahnten Möglichkeiten geführt hat. Es ist schwer, den Anteil der Elektroakustik an der Elektrotechnik in Zahlen auszudrücken. Sicher ist jedenfalls, daß sie in der Schwachstromtechnik den Löwenanteil einnimmt. Ich möchte aber immerhin zur Illustration einige Zahlen nennen. Die Zahl der an das öffentliche Fernsprechnetz angeschlossenen Fernsprechstellen beträgt auf der Erde zur Zeit 43 Mill, die Zahl der Gepräche in England jährlich 1,25 Mrd, in Deutschland jährlich 2,5 Mrd. Die Zahl der Sprechstellen beläuft sich in Deutschland auf 2,6 Mill; die der Rundfunkteilnehmer betrug in Deutschland am 1. I. 1929 2,63 Mill und am 1. IV. 1929 2,84 Mill. Gerade die letzteren Zahlen sind außerordentlich vielsagend und zeigen, welches Interesse die Elektroakustik, soweit sie über das Fernsprechwesen hinausgreift, inzwischen gefunden hat.

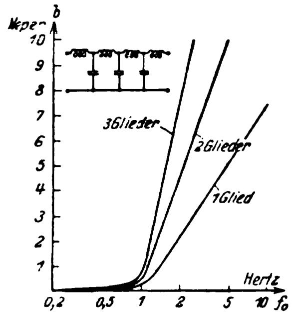


Abb. 1. Dämpfungs-Charakteristik einer Spulenkette.

Abb. 3. Dämpfungs-Charakteristik einer Kondensatorkette.

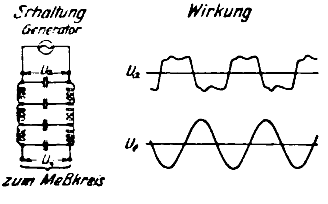


Abb. 2. Wirkung einer Spulenkette.

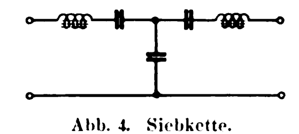


Abb. 4. Siebkette.

Das in der Physik etwas vernachlässigte Gebiet der Akustik und der Elektroakustik ist im letzten Jahrzehnt messend und theoretisch in allen Beziehungen neu durchgearbeitet worden; unsere Erkenntnisse auf diesem Gebiet haben sich erheblich vertieft. Besonders in den staatlichen Instituten, wie im Telegraphentechnischen Reichsamt, und in den Laboratorien der großen Firmen, insbesondere des Siemens-Konzerns sowie in den amerikanischen Laboratorien des Bell-Konzerns sind außerordentlich tiefgründige Arbeiten durchgeführt worden. Ich nenne nur die Namen einiger deutscher Forscher, die sich besonders verdient gemacht haben und von denen Veröffentlichungen vorliegen: S t u m p f, K. W. W a g n e r, Erwin M e i e r, G r ü t z m a c h e r — die letzteren zwei im Telegraphentechnischen Reichsamt arbeitend — und aus dem Siemens-Konzern: R i e g g e r †, T r e n d e l e n b u r g, B a c k h a u s, S c h o t t k y, K ü p f m ü l l e r, G e r l a c h, H. F. M a y e r, F e l d t k e l l e r, B a r t e l s.

Ich habe mir heute abend zur Aufgabe gemacht, das für die Technik Wesentlichste dieses Wissenschatzes kurz zusammengefaßt zu skizzieren und an dem Beispiel der Ferntelephonie und des Klangfilms, als zwei Gebieten mit wesentlich verschiedenen Anforderungen, zu erläutern. Ich gehe dabei auf raumakustische Fragen nicht ein, sondern halte mich nur an die elektroakustischen Übertragungssysteme, beginnend mit dem Schallempfänger, der die Schallenergie in elektrische Energie umwandelt, bis zum Schallgeber oder Schallsender, der die elektrische Energie wieder in akustische Energie umwandelt.

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 30. IV. 1929.

Solche Übertragungssysteme sind im wesentlichen gekennzeichnet durch ihre F r e q u e n z - C h a r a k t e r i s t i k e n — ihre Dämpfungs- und Phasen-Charakteristik — und durch ihre A m p l i t u d e n - C h a r a k t e r i s t i k, die wir für einige Fälle zunächst betrachten wollen.

Abb. 1 zeigt die Frequenz-Charakteristik einer Spulenkette. Die Spulen sind in Reihe und die Kondensatoren parallel geschaltet. Die oberen Frequenzen werden abgeschnitten, u. zw. um so mehr, je mehr Glieder hintereinander geschaltet werden. Abb. 2*[1] zeigt die Wirkung einer solchen Spulenkette für den eingeschwungenen Zustand. Die Spulenkette läßt nur die Grundschwingung durch, reinigt also den Strom von seinen Oberschwingungen. In Abb. 3 sehen wir eine Kondensatorkette. Die Kondensatoren sind in Reihe und die Spulen parallel geschaltet. Hier werden die tiefen Frequenzen abgeschnitten und nur die oberen hindurchgelassen. Abb. 4 zeigt eine Siebkette und Abb. 5 die Dämpfungs-Charakteristik dieser Kette. Man spricht dabei von der Lochbreite eines solchen Siebes, indem man die Entfernung der Punkte zwischen den beiden ansteigenden Ästen an der Stelle mißt, an der die Dämpfung gegenüber der mit der geringsten Dämpfung übermittelten Frequenz 0,5 Neper beträgt.

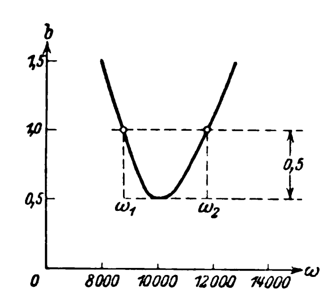
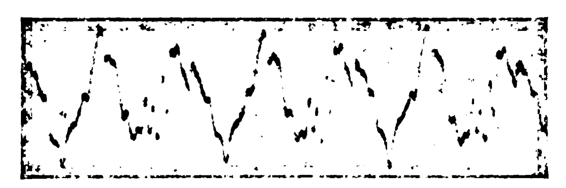


Abb. 5. Dämpfungs-Charakteristik einer Siebkette.



1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
0,03	1,00	0,18	0,11	0,19	0,19	0,15	0,13	0,04	0,11	0,14	0,11	0,08

14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	Partialton
0,11	0,02	0,05	0,10	0,08	0,08	0,05	0,09	0,03	0,02	Amplitude

Abb. 6. Oszillogramm und Analyse eines Geigentones.

Fast alle elektroakustischen Übertragungssysteme sind solche Siebe, sie übermitteln nur einen begrenzten Bereich von Frequenzen. Welche Lochbreite man in einem Übertragungssystem einem solchen Sieb geben muß, hängt davon ab, was man damit erreichen will. In der Ferntelephonie empfiehlt es sich, die Lochbreite soweit wie irgend möglich zu begrenzen, weil die Leitungen um so billiger werden, je weniger Frequenzen über sie übermittelt werden. Man hat gefunden, daß bei den heutigen Apparaten die Verständlichkeit nicht mehr zunimmt, wenn man die Lochbreite nach oben über 2400 Hz erweitert, und daß man unten unbedenklich bei 300 Hz abschneiden kann, so daß man bei einem Frequenzbereich von 300 bis 2400 Hz in Fernsprechleitungen mit den heutigen Apparaten ein Maximum der Verständlichkeit erreicht. Jeder Zusatz von weiteren Frequenzen würde unnötig sein. Ich werde eine Sprachplatte vorführen, die wesentlich mehr Frequenzen enthält (von 100 ... 7000 Hz). Man wird die S-Laute z. B. sehr deutlich verstehen können. Ich werde zeigen, daß diese Platte auch über Lautsprecher noch durchaus verständlich ist, wenn man den Frequenzbereich auf 300 ... 2400 Hz begrenzt. (Versuch.) Wo es auf Klangtreue ankommt, wie im Rundfunk oder im sprechenden Film, wird man selbstverständlich eine solche Sprache nicht mehr annehmen können. Dort handelt es sich darum, wesentlich größere Bereiche zu übermitteln.

*[1] Die Abb. 2 ist mir freundlichst von Herrn K. W. W a g n e r zur Verfügung gestellt worden.



Die folgenden Bilder geben einige Beispiele hierfür. Abb. 6 zeigt z. B. die Aufnahme eines Geigentones, die Backhaus im Forschungslaboratorium des Siemens-Konzerns gemacht hat, u. zw. ist auf einer Stradivarius-Geige die G-Seite angestrichen. Man sieht, daß die Geige den Grundton wegen ihrer verhältnismäßig kleinen Fläche viel weniger abstrahlt als den ersten Oberton. Im übrigen ist zu erkennen, daß man noch bis zum 23. Oberton eine Amplitude nachweisen kann. Abb. 7 zeigt den

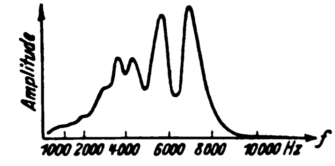




Abb. 7. Frequenzverteilung beim Konsonanten S.

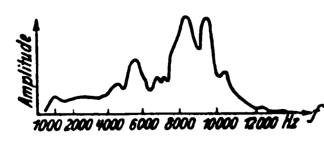


Abb. 8. Frequenzverteilung bei einem sehr scharf gesprochenen S.

gesprochenen Konsonanten S. Man sieht, daß der Bereich dieses Lautes von 1000 bis annähernd 10 000 Hz reicht und daß innerhalb dieses Bereiches noch erhebliche Spitzen vorhanden sind. Abb. 8 zeigt ein sehr scharf gesprochenes S. Der Frequenzbereich geht sogar bis über 12 000 Hz hinaus. In Abb. 9 sehen wir das Geräusch

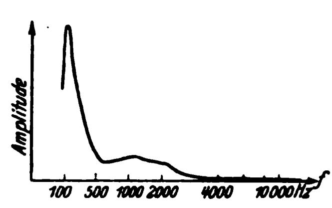


Abb. 9. Frequenzverteilung eines Bunsenbrenner-Geräusches.

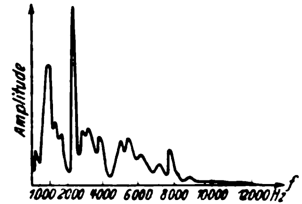


Abb. 10. Frequenzverteilung eines Staubsauger-Geräusches.

eines Bunsenbrenners. Abb. 10 zeigt das Geräusch eines Staubsaugers. Bemerkenswert ist die besonders scharfe Spitze. Die Abb. 7 ... 10 sind von Grützmacher nach einer von ihm ausgearbeiteten Methode, über die er demnächst berichten wird, aufgenommen und mir freundlichst zur Verfügung gestellt worden.

Aus allen diesen Bildern ersehen wir, daß es erforderlich ist, bei einer Übertragung, die irgendwie Anspruch auf Klangtreue macht, ein wesentlich breiteres Frequenzband zu übermitteln als in der normalen Fernsprecherei. Ich will an einer Grammophonplatte, die schon ziemlich viele Frequenzen enthält, zeigen, was es bedeutet, wenn man die hohen und tiefen Frequenzen abschneidet. (Versuch.) Während man am Anfang des Rundfunks Lautsprecher verwenden mußte, die einen sehr begrenzten Frequenzbereich hatten, können die heutigen Apparate wesentlich besser für die Zwecke des Rundfunks konstruiert werden. Abb. 11 zeigt die Fre-

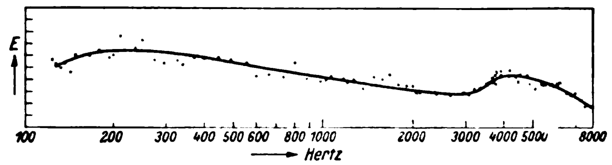


Abb. 11. Frequenzkurve des Rieggerschen Kondensatormikrophons.

quenzkurve des Rieggerschen Kondensatormikrophons, das im Bereich von etwa 50 ... 8000 Hz alle Frequenzen mit annähernd gleichem Wirkungsgrad übermittelt. Abb. 12 zeigt eine Frequenzkurve des Blatthallers, die bei sehr niedrigen Frequenzen anfangend (Kurve *II*) ebenfalls fast parallel zur Abszisse verläuft, nachdem es gelungen war, eine sehr unangenehme Resonanzstelle (Kurve *I*) zu beseitigen. Auch der hier aufgestellte Riffellautsprecher hat eine ähnliche Kurve.

Immerhin sind die Frequenzkurven nicht vollkommen. Wir sind aber in der glücklichen Lage, einen Mangel in irgendeinem Teil eines Übertragungssystems in einem anderen Teil zu kompensieren. Ein System, bei dem z. B. der Lautsprecher und auch das Mikrophon bei den hohen und tiefen Frequenzen noch abfallen, kann dadurch verbessert werden, daß man die Verstärker entsprechend bemißt, so daß die tiefen und hohen Frequenzen mehr verstärkt werden als die mittleren. Es gelingt dadurch, elektroakustische Übertragungssysteme herzustellen, die von 50 bis annähernd 12 000 Hz eine praktisch gleiche Übertragungsgüte haben. Schwierig sind diese Kompensationen allerdings dann, wenn die Lautsprecher (oder was man sonst vor sich hat) ausgesprochene spitze Resonanzen haben. Abb. 13 zeigt z. B. Trichterresonanzen bei einem langen konischen Trichter. Alle diese Spitzen kann man natürlich nicht kompensieren. Die Frequenzgänge müssen schon einfach verlaufen, um die Kompensation mit Nutzen anbringen zu können.

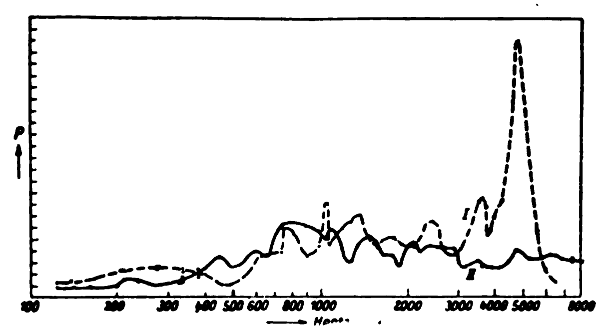


Abb. 12. Frequenzkurve des Blatthallers.

Dasselbe gilt für Resonanzen, die aus den Teilschwingungen von Membranen entstehen, wie sie in Abb. 14 aufgezeichnet sind. Nun kann man aus dieser Frequenzkurve aber nicht nur entnehmen, welche Frequenzen im eingeschwungenen Zustande über das Übertragungssystem übertragen werden können, sondern, was sehr wesentlich ist: Die Dämpfungskurve gibt uns auch darüber Aufschluß, in welcher kürzesten Zeit eine in den Durchlässigkeitsbereich fallende Frequenz einschwingt. Betrachten wir einmal das in Abb. 15 dargestellte Zeichen, u. zw. zunächst das anregende Zeichen mit einer Frequenz von 796 Hz am Eingang des Siebes. Zum Aufbau dieses Zeichens sind Frequenzen von 0 ... ∞ erforderlich, sonst könnte es seinen steilen Anstieg nicht haben. Betrachten wir nun dieses Zeichen hinter der Kette mit einem Durchlässigkeitsbereich von ± 40 Hz, so sehen wir, daß es langsam einschwingt und erst nach einer gewissen Zeit die volle Höhe erreicht, also eingeschwungen ist. Das kommt daher, daß die Frequenzen, die zum steilen Anstieg nötig sind, nicht durch die Kette hindurchgelassen werden. Daß noch mehr Frequenzen im ursprünglichen Zeichen vorhanden waren, sehen wir daraus, daß sich auch hinter den Ketten mit mittlerer Durchlässigkeitsfrequenz von 668 Hz und 923 Hz Ströme bemerkbar machen. Man sieht auch deutlich, daß diese Frequenzen nur erforderlich waren, um den Anstieg zu erreichen, denn nach dem Einschwingen sind sie nicht mehr vorhanden. Man kann sehr einfach aus der Lochbreite, wie ich sie vorhin erklärt habe, die Zeit des Anstieges berechnen. Sie ist praktisch gleich 0,9 dividiert durch die Lochbreite in Hertz.

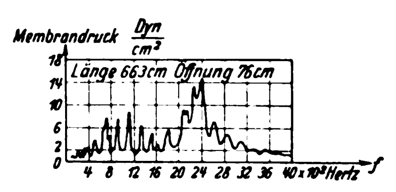


Abb. 13. Resonanzen eines langen Lautsprechertrichters.

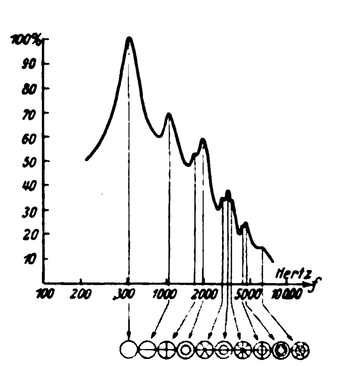


Abb. 14. Resonanzen einer Membran.

Diese Betrachtungen über die Einschwingvorgänge gelten aber nur unter der Voraussetzung, daß die Frequenzen, die zum Aufbau des Zeichens erforderlich sind, zu gleicher Zeit ankommen, daß sie mit der gleichen Geschwindigkeit über die Übertragungssysteme laufen, daß also die Phasenverschiebung proportional der Frequenz ist. Wo das nicht der Fall ist, treten längere Einschwingzeiten ein. Dies ist vor allem bei Pupinkabeln der Fall, da die verschiedenen Schwingungsfrequenzen keineswegs mit der gleichen Geschwindigkeit über das Kabel laufen.

Wir sehen z. B. in Abb. 15 a den Einschwingvorgang in einem 3000 km langen Normalkabel. Wie Sie sehen, kommen von dem Zeichen, das dem Kabel am Anfang aufgedrückt wird, zunächst die tiefen Frequenzen an: das

Zeichen schwingt ein und schließlich bleiben zuletzt beim Ausschwingvorgang die höchsten Frequenzen übrig, die am langsamsten über das Kabel laufen. So tritt eine vollkommene Verzerrung ein. Es ist interessant, daß man das etwas dadurch verbessern kann, daß man eine Siebkette einschaltet, die die tiefen Frequenzen unterdrückt, wie die Abb. 15a gleichfalls zeigt. Während bei gleicher Laufzeit aller Frequenzen der Einschwingvorgang entsprechend einer Lochbreite des Kabels von etwa 2000 Hz nur 0,9 : 2000 = 0,5 ms (Millisekunden) dauern würde, dauert er hier infolge der verschiedenen Lauf-

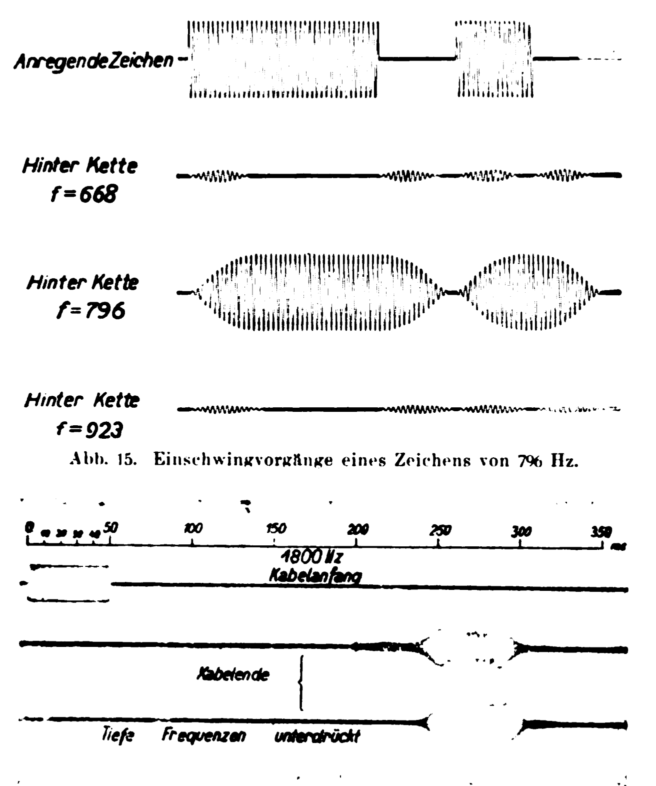


Abb. 15. Einschwingvorgänge eines Zeichens von 796 Hz.

Abb. 15a. Einschwingvorgang in einem langen Kabel.

zeiten der zum Aufbau erforderlichen Frequenzen 50 ms, also 100mal so lange.

Das ist eine sehr unangenehme Beigabe bei den langen Kabeln. Nun gibt es aber Gebilde, in denen umgekehrt wie im Kabel die hohen Frequenzen schneller laufen als die tiefen. Man kann also durch diese Gebilde die zu früh ankommenden tiefen Frequenzen aufhalten, bis sie mit den später ankommenden hohen Frequenzen wieder zusammenfallen, man kann dadurch auch die Phasenlaufzeit-Differenzen kompensieren. Wir haben also dann neben der Dämpfungskompensation eine Phasenkompensation. Geben wir also z. B. auf den Anfang des Kabels zwei Schwingungen von 700 und 1650 Hz, dann kommt am Ende zunächst die tiefe Frequenz an. Sie schwingt ein, und darauf kommt die hohe Frequenz an. Schalten wir nun an das Kabelende einen solchen Phasenausgleich, dann bringen wir die Frequenzen wieder fast vollständig zusammen (Abb. 16).

Abb. 17 zeigt, wie ein Gleichstromstoß über ein solches Phasenausgleichglied läuft. Zum Aufbau dieses Gleichstromes sind auch Schwingungen der ganzen Frequenzreihe erforderlich. Man sieht, daß von diesen erst die hohen und dann die tiefen Frequenzen ankommen. Dann kommt der Anstieg des Gleichstromzeichens hindurch. Beim Aufhören kommen erst die hohen und dann die tiefen Frequenzen. Später wird das Zeichen abfallen. Man sieht, daß das Zeichen am Ende des Gliedes sehr viel flacher ansteigt als am Anfang. Es fehlen eben zu dem Anstieg all die Frequenzen, die zu früh angekommen sind. Ich werde hierzu einen Versuch vorführen, u. zw. zeige

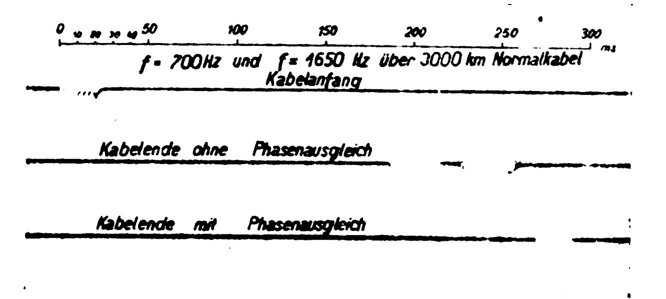
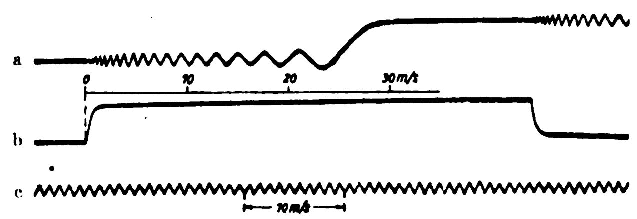


Abb. 16. Wirkung des Phasenausgleichs.

ich zunächst einen Stromstoß in einem ausgeglichenen System, bei dem die Phasenunterschiede ausgeglichen sind. Sie hören ein hartes Knacken, ein kurzes kräftiges Geräusch. Ich schicke nun den Strom über ein Kabel von 3000 km Länge. Da die höheren Frequenzen später ankommen als die tiefen, wird das Knacken musikalisch.



a Hinter dem Glied b Vor dem Glied c Zeitkurve

Abb. 17. Gleichstromstoß über ein Phasenausgleichglied.

(Versuch.) Nun schicke ich den Stromstoß über Phasenausgleichketten, hier kommen die hohen Frequenzen zuerst an. Das Knacken bleibt musikalisch, verläuft aber umgekehrt. (Versuch.)

In der Telephonie läßt man eine Einschwingzeit von 30 ms zu und hat gefunden, daß die Verständlichkeit dabei noch nicht wesentlich leidet. Bei Musikübertragungen und beim sprechenden Film aber wird man solche Unterschiede in den Laufzeiten auf keinen Fall zulassen können.

Wir haben nunmehr also die beiden Frequenz-Charakteristiken betrachtet, die Aufschluß über die Dämpfungsunterschiede der Frequenzen und über die Unterschiede in der Phasenlaufzeit der verschiedenen Frequenzen geben. Wir haben gesehen, daß man solche Dämpfungs- und Phasenlaufzeit-Unterschiede eines Teiles eines Übertragungssystems in einem anderen Teil kompensieren kann.

(Schluß folgt.)

Die Elektrizitätsversorgung Bulgariens.

Von Dipl.-Ing. **Simeon R. Owtscharoff**, Berlin.

Über die Elektrizitätsversorgung Bulgariens ist bis jetzt im Ausland sehr wenig bekannt. Es lagen ja auch bis vor kurzem keine ausreichenden Angaben vor, um einen Überblick in dieser Hinsicht zu gewinnen. Nunmehr ist dieser Mangel beseitigt durch den Versuch der Wasserbauabteilung des Landwirtschaftsministeriums vom vergangenen Jahr, in einem Bericht die Kraftwerke, Übertragungsleitungen und Ortsnetze statistisch zusammenzufassen, um die Öffentlichkeit über den Stand der Dinge zu unterrichten. Er schilderte die Lage bis Ende 1927, und vor kurzem hat die gleiche Stelle den Bericht bis Ende 1928 herausgegeben, ergänzt und begleitet durch graphische Darstellungen, Diagramme und Karten. Eine Fülle wertvollen Materials wird damit den Fachkreisen übermittelt.

Zunächst ist einiges Geschichtliche von Interesse. Zum erstenmal wurde in Bulgarien zum Nutzen der Allgemeinheit die Verwendung elektrischer Arbeit in Sofia eingeführt durch das Abkommen des Magistrats mit einem französischen Ingenieur vom Juli 1898, das diesem eine vierzigjährige Konzession für eine elektrische Straßenbahn sowie für die Anlage eines Haus- und Straßen-

beleuchtungsnetzes erteilte Zu diesem Zweck hatte der Konzessionär unter Ausnützung der Wasserkräfte des Flusses Isker beim Dorf Pantscharewo (etwa 14 km von Sofia entfernt) ein Wasserkraftwerk mit zunächst zwei Maschinensätzen von je 430 kVA Drehstrom, 7150 V, 53 Hz errichtet, das im Lauf der Jahre auf 3180 kVA gebracht worden ist und z. Z. eine weitere Einheit von 1520 kVA erhält. Damit begann allmählich das Vordringen der Elektrizität in Bulgarien. Nacheinander wurden die Städte Trojan, Lom, Kasanlik im Jahr 1912, Warna 1914, Russe 1917 usw. elektrisiert. Die Entwicklung geht deutlich aus Abb. 1 hervor.

In Betrieb waren bis Ende 1928: Wasserkraftwerke: 15 bis 100 kVA, 12 bis 500 kVA, 5 bis 1000 kVA, 2 bis 2000 kVA, 1 bis 5000 kVA, 1 mit 6900 kVA installierten Leistung. Im Bau befanden sich: eins mit 8000 kVA (E.W. Rila) und eins mit 9000 kVA (Watscha). Wärmekraftwerke (Dampf- bzw. Treiböle): 60 bis 50 kVA, 12 bis 100 kVA, 23 bis 500 kVA, 3 bis 1000 kVA, 2 bis 2000 kVA, 1 mit 2240 kVA, 1 mit 3635 kVA und 1 mit 12 800 kVA. Im Bau waren: 1 mit 3800 kVA (Vulkan AG.) und 1 mit 11 500 kVA (Staatl. Mine Pernik). Zahlentafel 1 zeigt Leistung

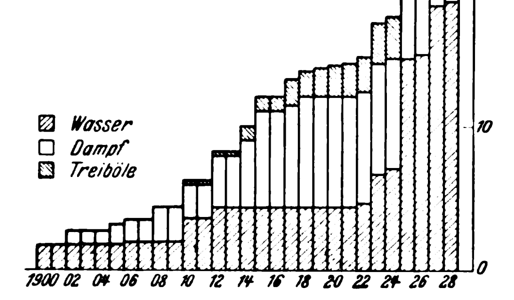


Abb. 1. Entwicklung der elektrischen Zentralen in Bulgarien. (Gesamtleistung Ende 1928: 47 528 kVA.)

und Jahreserzeugung von 45 der bedeutendsten Kraftwerke, deren Lage und Übertragungsleitungen aus Abb. 2 zu ersehen sind.

Zahlentafel 1.

Leistung kW	Zahl der Werke: Zahl	%	Jahreserzeugung: Mill kWh	%
Von 20 bis 99	6	13,3	0,327	0,5
„ 100 „ 499	24	53,4	6,676	10,2
„ 500 „ 999	6	13,3	7,989	12,2
„ 1000 „ 1 999	4	8,9	8,311	12,8
„ 2000 „ 4 999	3	6,7	11,506	17,6
6 900	1	2,2	16,997	25,9
12 800	1	2,2	13,480	20,8
Summe	45	100	65,286	100

Einige der größten Elektrizitätsunternehmungen seien hier kurz beschrieben. Die konzessionierte Elektrizitätsversorgung der Hauptstadt Sofia (seit 1910 unter dem Namen „Belgische Anonyme Ges." bekannt) erzeugt den Strom in zwei Kraftwerken, u. zw. einmal im Wasserkraftwerk Pantscharewo, in dem 4 Francis-Spiralturbinen (Industr. Elektr. de Genève) mit Drehstromgeneratoren (gleiches Fabrikat) von je 430 kVA, 7150 V, 53 Hz und zwei gleiche Turbinen mit Generatoren (Oerlikon) von je 730 kVA arbeiten. Gegenwärtig wird ein Maschinensatz von 1520 kVA aufgestellt. Die Gefällshöhe beträgt 50 m und die Wassermenge $Q = 1{,}2$ bzw. 1,5 bzw. 3,6 m³/s. Die zweite Stromquelle ist das Wärmekraftwerk Kurilo, das 1927 den Betrieb aufgenommen hat. Es verfügt z. Z. über 2 Turboaggregate (BBC und Charleroi) von je 6100 kVA Drehstrom, 6000 V, 53 Hz; die Installierung eines dritten Maschinensatzes von 10 000 kVA steht bevor.

Die elektrische Arbeit des E. W. Pantscharewo wird durch Freileitung (7 kV) bis Sofia geführt und dort in das Hauptnetz abgegeben. Das E. W. Kurilo verschickt die seinige ebenfalls durch Freileitung (35 kV) bis zu dem Sofioter Umspannwerk Straßenbahnhof, wo der Strom, auf 150 V heruntertransformiert, teils durch Kabel und Freileitung in der Stadt verteilt, teils mittels Gleichrichter für die Straßenbahn in Gleichstrom (650 V) umgeformt wird. Die Stadt Sofia hat nach dem Krieg zwei eigene Kraftwerke errichtet, die mit denen der belgischen Konzession parallel arbeiten: Im Wasserkraftwerk Bojana nutzen zwei Pelton-Voith-Turbinen mit Drehstromgeneratoren (SSW) von je 860 kVA, 7250 V, 53 Hz die Wasserkraft der Sofioter Wasserversorgungsleitung aus. Das Gefälle, das größte in Bulgarien vorkommende, beträgt 995 m, $Q = 0{,}13$ m³/s. Der Strom wird bis zu der 2 km entfernten Gleichrichterstation durch Freileitung geführt und dort restlos in Gleichstrom für die Straßenbahn umgeformt. Das Wasserkraftwerk Sofia beim Dorf Simeonowo verwertet die Energie der z. Z. im Bau befindlichen Fernwasserversorgungsleitung der Stadt (vom Rilagebirge etwa 70 km weit). Vorläufig ist dort eine Pelton-Turbine (Escher Wyss) mit einem Generator (SSW) von 860 kVA, 7250 V, 53 Hz, eingebaut. Das Werk wird nach Fertigstellung der Wasserleitung bis 10 000 kVA erweitert, auch sein Strom gelangt durch Freileitung in das Sofioter Hauptnetz.

Bis zur Inbetriebnahme des E. W. Kurilo hatte die Konzession ein Reservewärmekraftwerk in der Stadt (Straßenbahnhof) mit einer Leistung von 680 kVA. Dieses ist jetzt nicht mehr in Betrieb. Einige Maschinen wurden von der Vulkan AG. gekauft und in das von dieser Firma gebaute Elektrizitätswerk in dem Maritzaer Braunkohlenbecken in Südbulgarien überführt. In der Stadt Sofia befinden sich etwa 140 Transformatorenstationen mit einer Gesamtleistung von 17 500 kVA. 90...95 % der Häuser sind angeschlossen (36 478 Anschlüsse). Im Jahre 1928 wurden rd. 27,890 Mill kWh erzeugt und 21,380 Mill kWh verbraucht. Die Verluste betrugen etwa 26 %. Der Konsum verteilte sich zu 41,5 % auf Hausbeleuchtung, 36,6 % auf Kraft, 15,1 % auf die Straßenbahn und zu 6,8 % auf die Straßenbeleuchtung. Je Anschluß zählte man etwa 573 kWh, je Bewohner rd. 100 kWh. Im Oktober 1928 wurde das E. W. Kurilo mit dem Netz der Granitoid A.G. durch eine 35 kV-Freileitung (51,5 Hz) für Parallelarbeit verbunden. Das in der ganzen konzessionierten Unternehmung investierte Kapital schätzt man auf 12 bis 15 Mill RM.

Eine wichtige Elektrizitätsunternehmung der Nachkriegszeit ist die Granitoid A.G., die neben anderen Industrien (Zement, Kohle) auch die Erzeugung elektrischer Arbeit in ihr Programm aufgenommen hat, u. zw. die Ausnutzung der Wasserkräfte des Rilaflusses. Das Gesamtgefälle von 450 m wird in drei Stufen von etwa je 150 m verwertet. Im Jahr 1925 kam das erste Wasserkraftwerk Pastra in Betrieb. Es besitzt eine Francis-Spiralturbine (Voith), $Q = 2{,}01$ m³/s, mit direkt gekuppeltem Drehstromgenerator (BBC) von 2900 kVA, 5000 V, 50 Hz, und eine zweite gleicher Art, $Q = 2{,}8$ m³/s, 4000 kVA, Spannung und Frequenz wie vor. Die zweite Stufe, das E. W. Rila, wird jetzt ausgebaut und in einigen Monaten die Arbeit aufnehmen. Installiert sind dort zwei Turbinen zu je 4000 kVA. Die elektrische Arbeit des E. W. Pastra, zu der noch die des neuen E. W. Rila hinzukommen wird, gelangt auf 100 km langen 60 kV-Leitungen, die zunächst nur 35 kV führen, und etwa 85 km langen 15 kV-Freileitungen in ganz Südwestbulgarien und mit einem Ring um Sofia zur Verteilung. Als Hilfskraftwerk hat die Gesellschaft das E. W. Batanowtzi, das mit dem vorerwähnten parallel arbeitet. Es befindet sich bei der der Gesellschaft gehörenden Zementfabrik Batanowtzi und enthält ein Turboaggregat (AEG) von 1130 kVA, 525 V, 50 Hz. Die Granitoid A.G. versorgt 22 Ortschaften, die staatlichen Minen Pernik, solange deren eigenes Werk noch im Bau ist, die ganze Umgegend von Sofia und viele andere Industrien. Die installierte Leistung betrug Ende 1928 7295 kW, die Erzeugung im Berichtsjahr etwa 20,17 Mill kWh. Investiert sind rd. 5,15 Mill RM.

Auch das Wassersyndikat „Watscha" ist ein sehr wichtiges Elektrizitätsunternehmen in Bulgarien. Es wurde in der ersten Nachkriegszeit genossenschaftlich von fast allen Ortschaften Südbulgariens, vorwiegend um Plovdiv, gegründet und bezweckt die Ausnützung der Gewässer, die auf den Rhodope-Gebirgsketten entspringen und nördlich in die Maritza abfließen. Darunter befindet sich z. Z. als Ausbauobjekt der Fluß Kritschim. Man hat im Lauf der Jahre sehr kostspielige und nicht immer zum Ziel führende Wasserbauten ausgeführt, bis schließlich das geplante Wasserkraftwerk ausgeschrieben und in Bau genommen wurde. Zunächst werden dort zwei vertikale Francis-Turbinen mit einer Leistung von je 5000 PS zur Aufstellung kommen; der endgültige Ausbau soll bis 40 000 kVA liefern. Erzeugt wird Drehstrom 6000 V, 50 Hz. Die neue Anlage wird durch eine 60 kV-Freileitung mit dem 1927 in Plovdiv von demselben Syndikat in Betrieb gesetzten Wärmekraftwerk

verbunden, das z. Z. über zwei Turbosätze (Stal) von je 2240 kVA Drehstrom, 2000 V, 50 Hz verfügt und seinen Strom in Plovdiv selbst sowie durch eine 15 kV-Freileitung in der ganzen Umgegend verteilt. Die 1928 erzeugte elektrische Arbeit beläuft sich auf etwa 3 Mill kWh.

Zu einem wichtigen Zentrum der Elektrizitätsgewinnung werden sich die staatlichen Kohlengruben P e r n i k entwickeln. Sie haben bis jetzt ein kleines Wärmekraftwerk von 500 kVA. Die Produktion reicht indessen lange nicht für den Bedarf der Minen aus, die daher, wie schon bemerkt, vorläufig Strom von der Granitoid A. G. beziehen müssen. In ihrem neuen Kraftwerk, das von Skoda erbaut wird, kommen zunächst zwei Turboaggregate von je 5750 kVA, 6300 V, 50 Hz zur Aufstellung. Die Verwaltung der Gruben verfolgt den Plan, neben der vollständigen Elektrisierung des Betriebs Kohlenwäschereien, eine Brikettfabrik usw. anzulegen und die etwa 35 km lange Eisenbahnstrecke Pernik-Sofia zu elektrisieren.

Erwähnenswert ist ferner das von der Kohlengrube „S c h w a r z e s M e e r" (Besitzer Adree A. G.) bei Burgas im Jahr 1927 und 1928 errichtete Wärmekraftwerk, das mit BBC-Turbogeneratoren von zusammen 3635 kVA Drehstrom, 3000 V, 50 Hz, ausgerüstet ist. Die Jahreserzeugung, die die Mine selbst, die Stadt Burgas und die Umgebung aufnehmen, beträgt etwa 1,5 Mill kWh.

Die Stadt Russe hat seit 1917 ein Dieselkraftwerk, das 1927 erweitert wurde, mit einer Gesamtleistung von 1280 kVA Drehstrom, 3000 V, 50 Hz. Produziert werden jährlich 1,7 Mill kWh. Auch Warna besitzt seit 1914 ein Dieselkraftwerk von 600 kVA, das im Berichtsjahr 1,4 Mill kWh geliefert hat.

Die gesamte installierte Leistung der in Betrieb und im Bau befindlichen Elektrizitätswerke geht aus Zahlentafel 2 hervor.

Zahlentafel 2.

Betriebskraft	in Betrieb Zahl der Werke	in Betrieb Leistung in kVA	im Bau Zahl der Werke	im Bau Leistung kVA
Wasser	31	18 336	5	18 820
Dampf	13	21 416	2	15 300
Treiböle	103	7 776	4	1 055
Summe	147	47 528	11	35 175

In Zahlentafel 3 sind die installierte Leistung sowie die Jahreserzeugung (1928) von 45 bedeutendsten Elektrizitätswerken zusammengestellt; den auf die verschiedenen Betriebskräfte entfallenden prozentualen Anteil zeigt die Abb. 3.

Zahlentafel 3.

Betriebskraft	Zahl der Werke	Installierte Leistung kW	Installierte Leistung %	Erzeugte Arbeit Mill kWh	Erzeugte Arbeit %	Ausnutzung %
Wasser	21	17 543	47,3	35,003	53,7	28,2
Dampf	6	20 430	41,7	22,924	35,1	15,5
Treiböle	18	4 711	11,0	7,359	11,2	22,9
Summe	45	42 684	100	65,286	100	im Mittel 21,8

Hieraus ist zu ersehen, daß die beste Ausnutzung die Wasserkraftwerke mit 28,2 % aufweisen. Sie verfügen über 47,3 % der installierten Leistung und beteiligen sich an der Gesamterzeugung mit 53,7 %.

Der größte Teil (etwa 71,1 %) der Werke gehört Aktiengesellschaften, Industriewerken und Privatpersonen. Den Besitz je nach der Unternehmungsform veranschaulicht die Zahlentafel 4. Abb. 4 gibt ein Bild der prozentualen Beteiligung der einzelnen Unternehmungsformen an der gesamten Elektrizitätswirtschaft des Landes im Jahr 1928.



Abb. 2. Lage und Übertragungsleitungen der bedeutendsten bulgarischen Kraftwerke.

In ganz Bulgarien sind z. Z. 110 Ortschaften, darunter 52 Städte und 58 Dörfer, mit zusammen etwa 0,8 Mill Einwohnern elektrisch versorgt und rd. 80 000 Anschlüsse

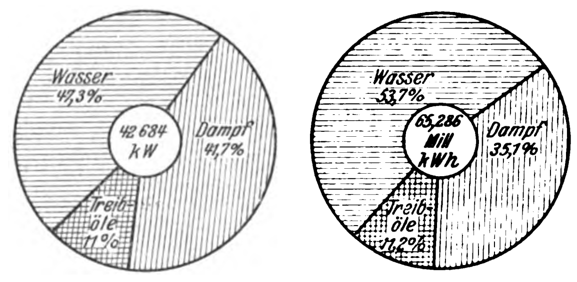


Abb. 3. Anteil der Betriebskräfte an der installierten Leistung und der Jahreserzeugung von 1928.

vorhanden. Von den 1928 insgesamt erzeugten 65,286 Mill kWh wurden verbraucht:

	Mill kWh	%
Für Haus- und Straßenbeleuchtung	22,7	41,2
„ Kraft	28,4	52,0
„ die Straßenbahn in Sofia	3,7	6,8
	54,8	100,0

Zahlentafel 4.

Besitzer	Wasser					Dampf					Treiböle					Gesamt				
	Anzahl der Werke	Installierte Leistung		Erzeugte Arbeit		Anzahl der Werke	Installierte Leistung		Erzeugte Arbeit		Anzahl der Werke	Installierte Leistung		Erzeugte Arbeit		Anzahl der Werke	Installierte Leistung		Erzeugte Arbeit	
		kW	%	Mill kWh	%		kW	%	Mill kWh	%		kW	%	Mill kWh	%		kW	%	Mill kWh	%
1. Staat	—	—	—	—	—	1	500	2,5	2,399	10,5	—	—	—	—	—	1	500	1,2	2,399	3,7
2. Gemeinden .	3	3 580	20,2	6,514	18,6	—	—	—	—	—	5	2940	64,7	4,764	64,9	8	6 520	15,5	11,278	17,3
3. Wassersyndikate	4	1 348	7,7	0,823	2,4	1	2 240	11,0	1,822	8,0	2	365	4,3	0,439	6,0	7	3 953	8,9	3,083	4,7
4. A.G., Private usw.	10	11 605	66,4	26,908	76,8	4	17 690	86,5	18,703	81,5	3	338	7,5	0,842	11,3	17	29 633	69,5	46,454	71,1
5. Volksbanken usw.	4	1 010	5,7	0,759	2,2	—	—	—	—	—	8	1068	23,5	1,314	17,8	12	2 078	4,9	2,072	3,2
Summe	21	17 543	100	35,004	160	6	20 430	100	22,924	100	17	4711	100	7,359	100	45	42 684	100	65,286	100

Die Gesamtverluste betrugen etwa 16 %. Auf jeden Kopf der Bevölkerung entfielen somit etwa 10 kWh, was natürlich im Vergleich mit anderen Ländern noch sehr gering ist.

Die Übertragung des von den Elektrizitätswerken erzeugten Stromes (90 % Drehstrom) erfolgt durch Kabel — hauptsächlich in den Ortschaften — und Freileitungen. Die Hochspannungsleitungen weisen folgende Spannungen und Längen auf:

kV	km
60	100
35	26
15	250
7	30
3 ... 6	124
	530

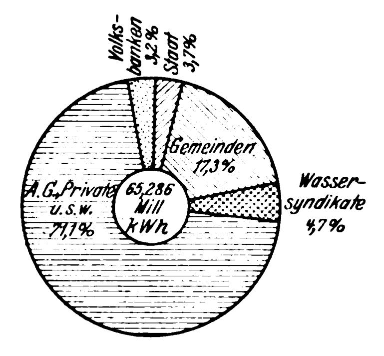


Abb. 4. Anteil der einzelnen Unternehmungsformen an der Jahreserzeugung von 1928.

Als Verbrauchspannungen werden zu 95 % 380/220 V, zu 2 % 150 V (nur in Sofia) und zu 3 % 110 V verwendet.

Die mittleren Verkaufspreise der elektrischen Arbeit für Beleuchtung betragen bei den

	Pf/kWh
Aktiengesellschaften . . .	17,5
Wassersyndikaten	21,0
Gemeinden	23,7
Genossenschaften	25,5
Volksbanken	29,5

Die langen Kriegsjahre und das katastrophale Ende des Kriegs haben das Land wirtschaftlich vollkommen ruiniert. Darin liegt auch der Grund, daß das Interesse für die Elektrisierung des Landes bis vor kurzem sehr schwach war. Erst seit einigen Jahren wird dieser größere Aufmerksamkeit gewidmet. Man erblickt in ihr einen Faktor zur wirtschaftlichen Genesung und zu kulturellem Aufstieg. Auch die Spuren einer systematischen Arbeit sind schon zu sehen. Die Gruppe der Elektroingenieure im „Verein Bulgarischer Ingenieure und Architekten" hatte kürzlich die Vertreter der größeren Elektrizitätswerke nach Sofia geladen, um über die Elektrisierung zu beraten und eine gewisse Planmäßigkeit in den weiteren Ausbau zu bringen.

Mitteilungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Bekanntmachung über Prüfungen und Beglaubigungen durch die elektrischen Prüfämter[1].

Nr. 275.

Auf Grund des § 10 des Gesetzes vom 1. VI. 1898, betreffend die elektrischen Maßeinheiten, werden folgende Elektrizitätszählerformen dem untenstehenden beglaubigungsfähigen Systeme eingereiht.

Zusatz zu System 131, die Formen J 6, J 6 E, J 6 m k, J6Emk, TJ6, TJ6E, UJ6 und UJ6E, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, sämtlich hergestellt von der **Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft** in Berlin.

Berlin-Charlottenburg, den 7. IX. 1929.

Der Präsident
der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.
Paschen.

Beschreibung.

Zusatz zu System 131,

die Formen J6, J6E, J6mk, J6Emk, TJ6, TJ6E, UJ6 und UJ6E, Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom, hergestellt von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft in Berlin.

Die durch die Bekanntmachungen Nr. 219 vom 7. VIII. 1926, Nr. 225 vom 8. X. 1926, Nr. 240 vom 15. VI. 1927, Nr. 242 vom 8. VII. 1927, Nr. 262 vom 12. VI. 1928 und Nr. 264 vom 1. X. 1928 zur Beglaubigung zugelassenen Induktionszähler für einphasigen Wechselstrom der Formen J, JE, Jmk, JEmk, TJ, TJE, UJ und UJE des Systems 131 werden auch in einer geänderten Ausführung unter den Formbezeichnungen J6, J6E, J6mk, J6Emk, TJ6, TJ6E, UJ6 und UJ6E hergestellt und können in dieser Ausführung für die in den genannten Bekanntmachungen aufgeführten Meßbereiche beglaubigt werden. Die Zähler dieser neuen Ausführung unterscheiden sich von denen der bisher zugelassenen Ausführung im wesentlichen in folgenden Punkten:

1. Die Abmessungen des Gehäuses sind vergrößert.
2. Die Ankerscheibe hat einen größeren Durchmesser erhalten.
3. Die Querschnitte des Stromeisens und des Schlußkernes des Spannungseisens sind verringert. Die Stoßfuge zwischen dem Spannungskern, auf dem die Spannungsspule sitzt, und dem Schlußkern des Spannungseisens liegt oberhalb der Spannungsspule.
4. Die Länge der Spannungspole ist etwas verkürzt.
5. Für die Leerlaufhemmung ist ein am Spannungseisen befestigtes Streublech vorgesehen, das ein an der Systemachse befestigtes Eisenhäkchen beeinflußt.

Die untersuchten Zähler der Formen J6 und J6E hatten folgende Eigenschaften:

	Form J 6	Form J 6 E
Drehmoment bei Nennlast	etwa 5,0 cmg	etwa 10,3 cmg
Anlaufstromstärke (bei induktionsfreier Belastung)	„ 0,3 ... 0,4 % der Nennstromstärke	„ 0,2 %
Ankergewicht	„ 26,5 g	etwa 26,5 g
Drehzahl bei Nennlast	„ 44 U/min	„ 88 U/min
Eigenverbrauch im Spannungskreis bei 110 und 220 V, 50 Hz	„ 0,59 W	„ 0,58 W
Eigenverbrauch des Hauptstromspulenpaares:		
bei 5 A Nennstrom	„ 0,66 W	—
„ 10 A „	—	„ 1,78 W
„ 15 A „	„ 0,93 W	—

---

[1] Reichsministerialblatt 1929, S. 623.

RUNDSCHAU.

Elektrizitätswerke und Kraftübertragung.

Das Kraftwerk West der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG. — Der Elektrizitätsbedarf der Reichshauptstadt steigt weiterhin stark an. Die Berliner Städt. Elektrizitätswerke AG. sah sich daher genötigt, weitere Betriebsmittel für das Jahr 1931 bereitzustellen. Ein neues Großkraftwerk befindet sich seit mehreren Monaten im Westen Berlins zwischen Siemensstadt und Spandau im Bau und soll im Herbst 1931 die Stromlieferung aufnehmen.

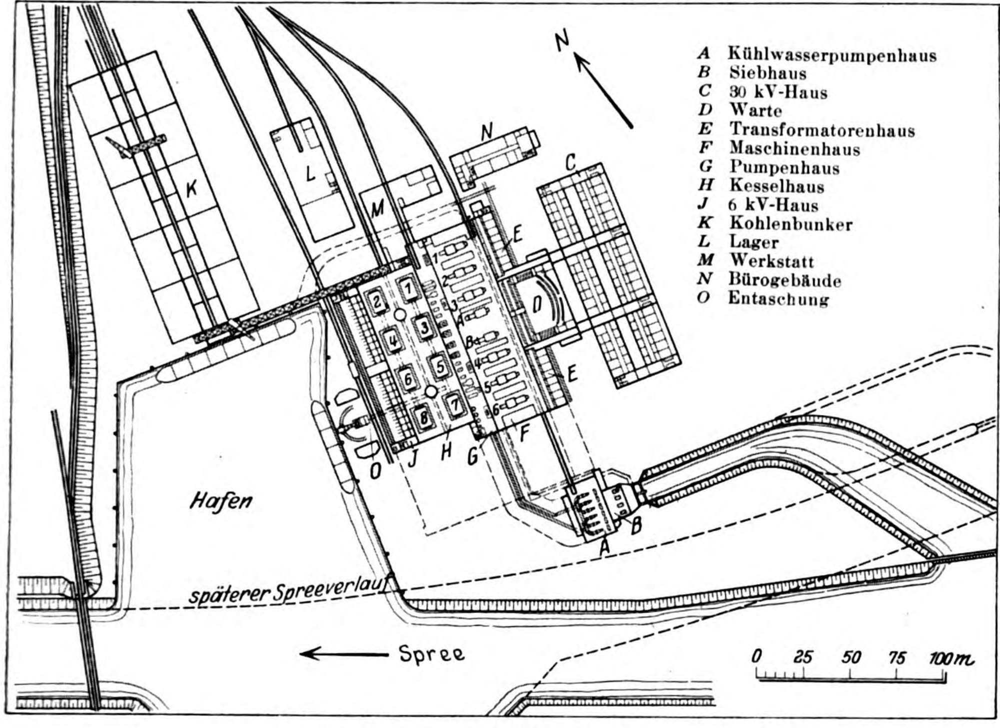


Abb. 1. Lageplan des Kraftwerks West, Berlin.

Die installierte Leistung des Werkes beträgt 228000 kW, aufgelöst in 6 Hauptmaschinen von je 34 000 kW und 2 Hausturbinensätzen von je 12 000 kW. Das Kesselhaus umfaßt 8 Teilkammer-Großkessel von je 2400 m² Heizfläche. Die Kessel sind für 32 atü konzessioniert. Abb. 1 u. 2 geben Lageplan des neuen Werkes sowie ein Baubild aus dem Monat September d. J. wieder.

Vom Standpunkt der modernen Kraftwerkstechnik sind folgende Einzelheiten der Werkplanung besonders interessant:

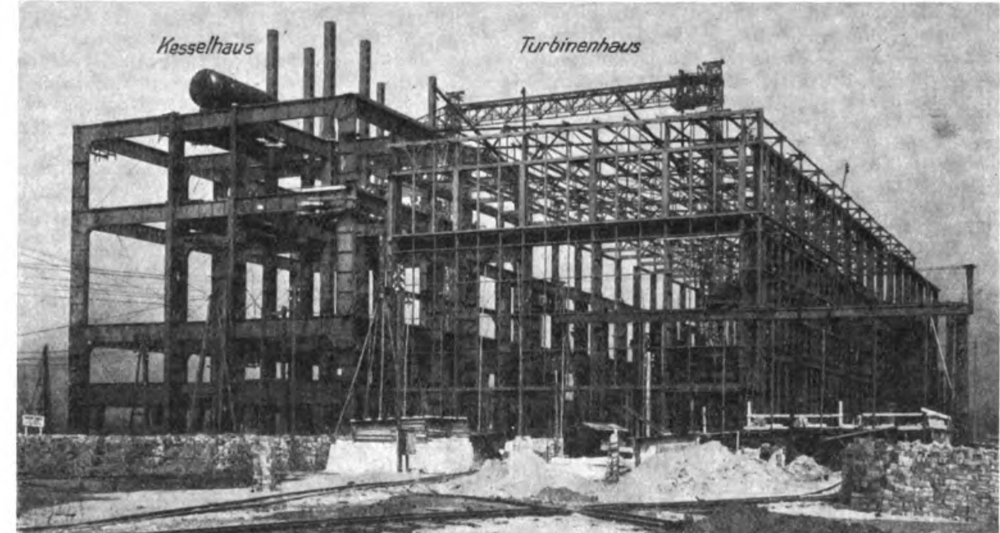


Abb. 2. Kraftwerk West, Berlin. Baubild vom 5. IX. 1929.

Unterschubfeuerung für alle Kessel,
Ausbildung des Kohlenlagers als Bunkerhaus für Bahn- und Schiffstransport,
Vorkehrung für die Entaschung der Brennkammern und Abgase,
vertikale Kühlwasserpumpen,
Ausbildung des Schalthauses.

Bezüglich der technischen Einzelheiten über die Gesamtanlage sei auf einen demnächst im Elektrotechnischen Verein zu haltenden Vortrag verwiesen, der in der ETZ zur Veröffentlichung gelangen wird.

Die elektrischen Anlagen Sila in Süditalien. — Der Fluß Neto hat seine Quellen im Gebiete der Sila Grande im südlichen Teile des italienischen Festlandes in einer Höhe von 1500 m ü. M. und mündet in das Jonische Meer. Die Hauptgrenze der Anlagen umfaßt zwei große Staubecken für die Flüsse Arvo und Ampollino (1270 m ü. M.), Nebenflüsse des Neto, mit einem Fassungsvermögen von 60 Mill m³, die durch einen Tunnelkanal miteinander verbunden sind. Auch die Wasser des Neto werden in einem Staubecken gesammelt (1300 m ü. M.) mit einem Fassungsvermögen von 25 Mill m³. Die vereinigten Wasser werden mit einem Gefälle von 539 m dem Kraftwerk Timpa Grande zugeführt. In den drei Kraftwerken Juri Vetere, S. Giovanni und Timpa Grande werden zusammen 230 000 PS erzeugt, u. zw. 60 000 PS, 140 000 PS und 30 000 PS. Man rechnet mit einer Energieerzeugung von 600 ... 700 Mill kWh im Jahre.

Das Kraftwerk Timpa Grande ist sehr großzügig gebaut. Hier werden die Kraftmengen der verschiedenen Zentralen zusammengefaßt und verteilt. Es geht eine 150 kV-Leitung nach Apulien, eine 150 kV-Leitung nach Neapel, eine von 60 kV nach Cotrone und eine von 60 kV nach Reggio und Cosenza. Bemerkenswert ist die 260 km lange Kraftleitung nach Apulien (Bari), auf der 60 000 kW zu befördern sind. Man verwendete Aluminiumstahlseil



von für die verschiedenen Strecken entsprechend bemessenen Querschnitten von 120, 130 und 171 mm².

Interessant ist ferner, daß das Kraftwerk Timpa Grande mit Bari, Foggia, Benevento und dem Kraftwerk Matese der Soc. Meridionale di Elettricità, später auch mit Neapel durch Hochfrequenztelephonie System „Telefunken" verbunden sind.

Das Netz der Kraftübertragung der Soc. Meridionale di Elettricità soll nach vollständigem Ausbau 2000 km Länge haben. Die Gesamtmaschinenleistung wird mit 600 000 kVA angegeben. Diese Zahlen entsprechen einer Jahreserzeugung von 1 Mrd kWh. (F. Motti u. G. Ferrando, L'Energia elettrica degli impianti Silani. L'Energia el. Bd. 4.) *Rtz.*

Apparate.

Gleisbremsen. — Die mechanisierte Ablaufanlage auf dem Verschiebebahnhof Mechanicville (V. S. Amerika) wird in Railway Age als die z. Z. vollkommenste Anlage ihrer Art bezeichnet. Es sind in großem Umfange Hannauersche Gleisbremsen verwendet. Sie sind von besonders schwerer Konstruktion, mit Federn unter der Schiene und starken Bremsbalken. Die Hebelanordnung ist so gewählt, daß der Druck auf beiden Seiten eines Rades gleich groß ist (Abb. 3). Ferner arbeiten die Bremsen an jeder Schiene unabhängig voneinander. Mit dieser Anordnung soll erreicht werden, daß ein Wagen, der durch zu starkes Bremsen geklettert ist, noch durch die Flanschen in der Gleisbremse geführt wird, bis er am Ende wieder auf die Laufschienen abrollt. Es ist nur ein Gesamtantrieb vorgesehen, der eine gleichmäßige Abnutzung der Bremsbalken gewährleistet.

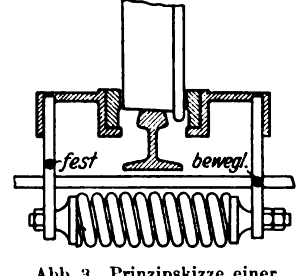


Abb. 3. Prinzipskizze einer Gleisbremse.

Die Anlage wird von zwei Stellwerkstürmen bedient. Der eine Turm umfaßt 9 Gleisbremseinheiten und 15 Weichen, der andere Turm 8 Gleisbremseinheiten und 20 Weichen. 3 Gleisbremsen bestehen aus je einer Gleisbremseinheit, die anderen 7 Gleisbremsen aus je 2 Gleisbremseinheiten; im ganzen sind also für 36 Gleise 10 Gleisbremsen verwendet. Sie liegen in 3 Staffeln, so daß jeder vom Ablaufberg abrollende Wagen 3 Gleisbremsen durchläuft. Die zahlreiche Verwendung von Gleisbremsen gewährleistet zweifellos eine sichere Abstandhaltung der schnell hintereinander folgenden Wagen. Die Weichenentwicklung der Verteilungsweichen ist so durchgeführt, daß eine strenge Bündelung der Richtungsgleise erreicht worden ist. Diese Anordnung ist offenbar der in Deutschland neuerdings beliebten Gleisentwicklung nachempfunden. Sie muß als sehr zweckmäßig bezeichnet werden.

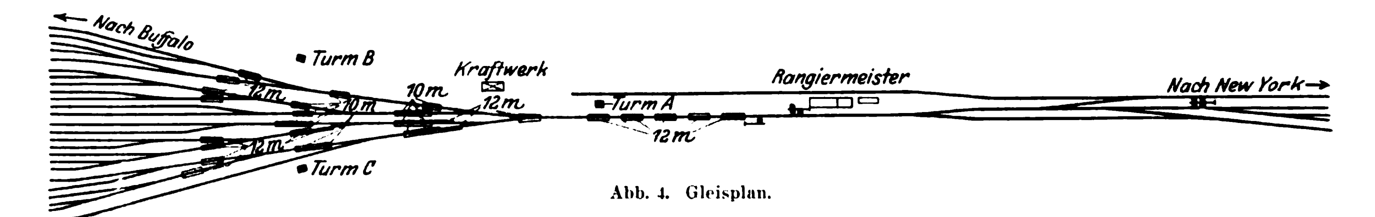


Abb. 4. Gleisplan.

Besonders beachtlich ist noch die starke Sicherung gegen Störungen der elektrischen Stromzuführung. Das Krafthaus wird von zwei von außen kommenden Kraftquellen beliefert: Drehstrom 25 Hz von der örtlichen Maschine mit 550 V und Drehstrom von der Stadt mit 440 V. Im Falle des Versagens beider Stromquellen wird eine Akkumulatorenbatterie mit 258 V selbsttätig eingeschaltet. Ferner verdient noch erwähnt zu werden die „Farbenlicht-Ablaufsignal-Einrichtung". 3 Signale sind auf die Länge der Einfahrgruppe verteilt; sie zeigen die Signale in beiden Richtungen. Außerdem sind für unsichtiges Wetter Signalhörner zwischen je zwei Signalen aufgestellt. Sie sichern für alle Fälle die Befehlsübermittlung des Rangierleiters auf die Abdrücklokomotive. Um einen feinfühligen Ablaufbetrieb zu ermöglichen, wird mit 5 Signalzeichen gearbeitet: „Langsam", „Mittel", „Schnell", „Halt" und „Zurück". Es sei noch kurz erwähnt, daß die Rangierzettel mit elektrischen Fernschreibmaschinen den Weichenstellern übermittelt werden und daß eine Rohrpostleitung den ganzen Bahnhof zur Übersendung der Zugpapiere durchzieht.

Die Ablaufanlage des Verschiebebahnhofs Selkirk (V. S. Amerika) beschreibt R. B. Elsworth. Die Inbetriebnahme der neu errichteten Gleisbremsanlage dieses Bahnhofs zeitigte folgende wirtschaftliche Erfolge: Steigerung der Betriebsleistungen um 50 % und Einführung einer zweischichtigen Dienstzeit an Stelle einer dreischichtigen! Obgleich der Betrieb zweimal je 4 h (von 4 bis 8 h und von 16 bis 20 h) ruht, soll die Verzögerung in der Wagenbehandlung durchaus erträglich sein. Die Einfahrgruppe besteht aus 15 Gleisen, die Richtungsgruppe umfaßt 25 Gleise. Zwei Gleise sind von der Einfahrgruppe bis zum Hauptablaufberg geführt, damit ein zweiter Zug zum Ablauf bereitgestellt werden kann, während der erste noch abläuft (Abb. 4). Vorhanden sind 33 Gleisbremsen, 28 davon sind Doppelgleisbremsen, je zur Hälfte 12 m und 10 m lang, und 5 sind einfache Gleisbremsen von 12 m Länge. Die Doppelgleisbremsen sind an beiden Schienen des Gleises angebracht und die einfachen Gleisbremsen nur längs einer Schiene. Die Motoren der Antriebsvorrichtung sind in Eisenkästen auf zwei Betonpfählen neben den Gleisbremsen befestigt. Die Bremswärter haben die Möglichkeit, die Gleisbremsen auf fünf verschiedene Druckstufen einzustellen. Sie sind also sehr gut regelbar. Hinter den Gleisbremsen liegen noch zur Sicherheit mechanisierte Hemmschuhe, um nicht genügend abgebremste Wagen noch nachträglich zum Stillstand zu bringen.

Besonders erwähnenswert ist die Unterbringung sämtlicher Weichen, Gleisbremsen und Hemmschuhe in drei Stellwerkstürmen: Sämtliche Hebel sind auf einer um ungefähr 30° gegen die Horizontale geneigten Tischplatte angeordnet. Die oberste Reihe der Hebel ist für die Bedienung der Hemmschuhe, die mittlere Reihe für die oben genannten fünf verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten der Gleisbremsen und die unterste Reihe für die Weichen. Ein Mann kann die sämtlichen Hebel eines Turmes bedienen.

Sehr beachtlich ist noch die Beleuchtung der Gleisanlage des Hauptablaufberges. Die riesigen Scheinwerfer sind auf die Dächer der Stellwerkstürme gesetzt; sie geben so eine blendungsfreie und übersichtliche Beleuchtung des gesamten Ablaufbetriebes. (Anlage Mechanicville: Railway Age Bd. 84, S. 295. — Anlage Selkirk: R. B. Elsworth, Railway Age Bd. 84, S. 735.) *Go.*

Elektromaschinenbau.

Der Kaskadentransformator mit ungleichmäßig verteilten Wicklungen als Spannungswandler. — Im Anschluß an eine früher erschienene Arbeit[1] über Transformatoren mit Wicklungen in Kaskadenschaltung untersucht E. Wirz eine neue Schaltung des Kaskadentransformators, bei welcher die Primärwicklung ungleichmäßig auf beide Schenkel verteilt ist, die Sekundärwicklung dagegen nur auf einem Schenkel untergebracht ist und beide Wicklungen zwangsläufig durch gegengeschaltete Kaskadenwicklungen miteinander verkettet sind. Hierbei wird gezeigt, daß bei leerlaufendem Transformator der Strom in den Kaskadenwicklungen bei untereinander gleichen Windungszahlen nur durch die Differenz der Durchflutungen beider Schenkel bestimmt ist, so daß derselbe um so größer werden muß, je ungleichmäßiger die Verteilung der Primärwicklung auf beide Schenkel ist. Durch Änderung der Windungszahlen der Kaskadenwicklungen in der einen oder der anderen Richtung kann damit der Richtungsinn des Kaskadenstromes derart beeinflußt werden, daß das durch ihn hervorgerufene Zusatzfeld im Sinne oder in entgegengesetzter Richtung des Hauptfeldes wirkt. Sind w_I und w_{II} die Teilwindungszahlen der auf den beiden Schen-

[1] E. Wirz, Bull. SEV Bd. 18, S. 257 u. 355.



keln untergebrachten primären Wicklungshälften, so muß bei gleichen Windungszahlen der Kaskadenwicklungen für den Kaskadenstrom die charakteristische Bedingung gelten

$$w_{1I} \gtrless w_{1II}$$

$$J_{30} \gtrless 0 .$$

Die Anordnung der Wicklung ist in der Abb. 5 schematisch angegeben. Für $w_{1I} > w_{1II}$ wird der Kaskadenstrom J_{30} positiv und das Zusatzfeld mit dem Hauptfeld gleichgerichtet sein, während für $w_{1I} < w_{1II}$ der Kaskadenstrom negativ wird und dementsprechend das Zusatzfeld dem Hauptfeld entgegengesetzt gerichtet ist. Im letzteren Falle wird auch bei Leerlauf der Kaskadenstrom dem Leerlaufstrom entgegengesetzt gerichtet sein und deshalb stets der resultierende Leerlaufstrom herabgesetzt werden, wodurch diese Schaltung bei sehr hohen Spannungen eine viel bessere Materialausnutzung als beim normalen Spannungswandler bedingen wird.

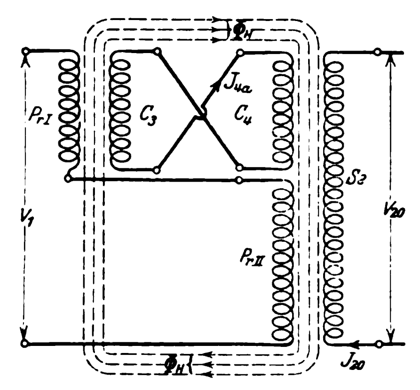


Abb. 5. Wicklungschema des Kaskadentransformators mit ungleichmäßig verteilter Primärwicklung.

Der Verfasser entwickelt sodann bei Leerlauf und bei Kurzschluß, u. zw. bei Primär- und bei Sekundärspeisung die Beziehungen für die absoluten Übersetzungsfaktoren der Ströme und Spannungen mit den zugehörigen Winkelabweichungen, wie diese namentlich für Spannungswandler erforderlich sind. Aus den Beziehungen für den Leerlauf- und den Kurzschlußzustand ergeben sich alsdann durch Superposition diejenigen für den normalen Belastungszustand. Aus den entwickelten Beziehungen erkennt man, daß bei dieser Schaltung drei scharf umgrenzte Arbeitszustände möglich sind, die jederzeit ohne äußere Hilfsmittel und nur durch zweckentsprechende Abstimmung der Windungszahlen erreicht werden können. Diese Untersuchung ergibt auch, daß die Verhältnisse dieser Schaltung viel günstiger als bei der früher besprochenen Schaltung liegen und unter gewissen Bedingungen eine große praktische Verwendbarkeit voraussehen lassen. An Hand eines Rechnungsbeispieles wird dann gezeigt, wie sich die Verhältnisse praktisch nachrechnen lassen und daß bereits ein verhältnismäßig kleines negatives Zusatzfeld genügt, um den Leerlaufstrom beträchtlich herabzusetzen. (E. Wirz, Arch. El. Bd. 21, H. 6, S. 563.)

Meßgeräte und Meßverfahren.

Relais an 132 kV-Kondensator-Durchführungen. — Die C-Messung ist auch in Amerika an manchen Stellen statt Spannungswandlern als Spannungsteiler verwendet worden. Um die dabei verfügbare Leistung zu erhöhen, hat man bei der West Penn Power Company in Pittsburgh drei normale 132 kV-Durchführungen mit zwei in V geschalteten Zwischentransformatoren in einen Kessel eingebaut. Damit kann man sekundär Drehstrom als Spannungsquelle für Erdschluß-Richtungsrelais abnehmen. Der Zusammenbau läßt gegenüber drei Einzelkesseln etwa 4000 $ sparen, außerdem noch an Fundamenten, Raum und Unterhaltkosten. Hierzu ist zu bemerken, daß für die deutsche Praxis die Aufstellung besonderer Meßkondensatoren selten in Frage kommt, meist verwendet man zur C-Messung die Ölschalter-Durchführungen. (H. A. P. Langstaff, El. World Bd. 92, S. 1137.) *Kth.*

Spannungsuchgerät. — Das neue Spannungsuchgerät der Siemens & Halske AG. dient in erster Linie dazu, Starkstromkabel jeder Art, deren Enden nicht zugänglich bzw. nicht gleich erreichbar sind, auf Spannungslosigkeit zu untersuchen. Es wird demnach bei Kabelmontagen und Reparaturen benutzt, um Unglücksfälle zu verhüten, die etwa durch das Anschneiden von stromführenden Kabeln entstehen können. Weiterhin eignet sich das Gerät zum Feststellen der Lage stromführender Kabel und Leitungen, die etwa unsichtbar in der Wand oder in der Erde verlegt sind. Auch vermag man mit dem Gerät größere Fehlerstellen und Erdschlüsse aufzufinden, u. zw. ist es hierbei ebenfalls gleichgültig, ob die Kabel und Leitungen sichtbar oder unsichtbar verlegt sind. Die Art der Kabel ist gleichgültig, man kann also sowohl bewehrte als auch unbewehrte Gleich-, Wechsel- und Drehstromkabel untersuchen. Das Gerät (Abb. 6) besteht im

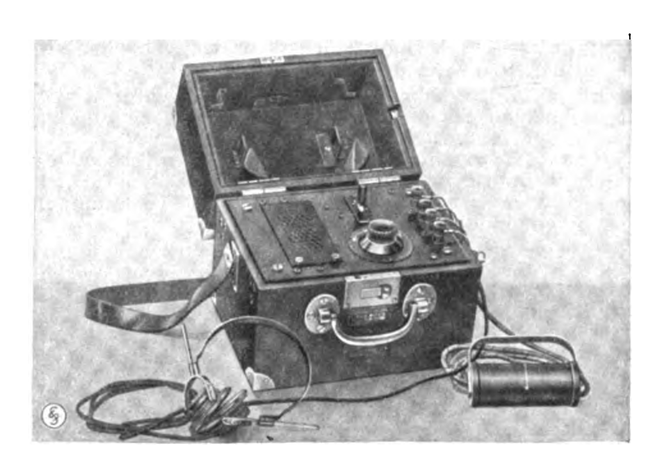


Abb. 6. Spannungsuchgerät.

wesentlichen aus einer Suchspule, einem Zweiröhrenverstärker und einem normalen Rundfunkhörer. Als Stromquellen für die Verstärkerröhren (Telefunken-Doppelgitterröhren REO 72d) dienen Taschenlampenbatterien, die nach Erschöpfung leicht auszuwechseln sind. Die gesamte Apparatur ist in einen bequem tragbaren Eichenholzkasten eingebaut, wobei alle Teile genügend geschützt aber doch leicht zugänglich sind. Im Deckel ist noch Platz zum Aufbewahren des Hörers und der Suchspule. Benutzt wird das Gerät in der Weise, daß man die Suchspule in die Nähe des stromführenden Leiters bringt; dadurch werden dem Kraftfluß entsprechende Ströme induziert, die verstärkt und im Telephon als summendes Geräusch hörbar werden. Wird bei Annäherung an das Kabel kein Ton hörbar; so ist es spannungslos. Bei der Benutzung hat man darauf zu achten, daß der Pfeil auf der Suchspule in der Richtung des Kabels weist, d. h. daß die Spule senkrecht zum Kabel steht. Die Einrichtung ist so empfindlich, daß selbst bei einem nur unter Spannung stehenden Kabel die geringen Verlustströme genügen, einen deutlich wahrnehmbaren Ton im Hörer zu erzeugen. Die Höhe des Tones hängt von den jedem Wechselstrom überlagerten Oberschwingungen ab, so daß es im allgemeinen möglich ist, parallellaufende Wechselstromkabel an der Tonhöhe voneinander zu unterscheiden. Gleichstromkabel sind an dem durch die Kommutatorgeräusche hervorgerufenen hohen Ton leicht zu erkennen. Liegen mehrere Kabel nahe zusammen, so hebt man zweckmäßig die Kabel etwas voneinander ab und tastet sie einzeln ab. Wird das Gerät zum Fehlersuchen benutzt, so belastet man das Kabel oder die Leitung möglichst hoch, um die Fernwirkung zu verstärken. Fehlerstellen und Erdschlüsse machen sich durch schnelle Abnahme der Lautstärke im Hörer bemerkbar. Handelt es sich um das Aufsuchen von Fehlern an unsichtbar verlegten Leitungen, so kann man zuerst die ungefähre Fehlerlage und am freigelegten Kabel die genaue Fehlerstelle ermitteln. (O. Spieß, Siemens-Z. Bd. 8, S. 741.) *Jkl.*

Beleuchtung.

Verringerung der Blendung bei Automobilscheinwerfern. — T. Walsh beschäftigt sich eingehend mit Versuchen zwecks Verringerung der Blendwirkungen von Automobilscheinwerfern. Aus seinen Laboratoriumsversuchen und seinen eigenen Fahrversuchen leitet er eine Reihe von Gesetzen und Folgerungen ab.

1. Die Sichtbarkeit des Scheinwerfers steigt mit zunehmender Kerzenstärke.



2. Beim Begegnen mit anderen Fahrzeugen muß Blendung vermieden werden, ohne daß die Lichtstärke zu stark vermindert wird. Eine Mindestsichtweite wird erreicht durch Festlegung verschiedener Werte:
   Mindestwert für die axiale Kerzenstärke J_0.
   Maximalwert für die Kerzenstärke des Scheinwerferlichtes im oberen Quadranten, Richtung der Augenhöhe (J). Das Verhältnis $J : J_0$ soll möglichst klein sein, darf aber wahrscheinlich nicht unter 0,1 reduziert werden, weil der Winkel zwischen den beiden Meßrichtungen sehr klein ist.
   Maximalwert für die Anbringungshöhe der Scheinwerfer.
   Minimalwert für die Sitzhöhe des Fahrers.
3. Der Wert für J_0 (2) muß möglichst groß sein.
4. Fordert der Fahrer stärkeres Licht, so sind zwei Anlagen notwendig:
   1 Paar Scheinwerfer mit gewünschter Kerzenstärke, das aber beim Begegnen ausgeschaltet werden muß.
   Das zweite Paar gemäß den unter 2 erwähnten Forderungen. Es lassen sich auch beide Lichtarten in einer Anlage vereinen durch Benutzung einer „dipping"-Vorrichtung[1].
5. Wenn sich an der Rückseite des Fahrzeuges ein geeigneter Scheinwerfer befindet, kann das Verhältnis J/J_0 bedeutend vergrößert werden, z. B. auf 0,3. Dieser Rückscheinwerfer[2] könnte eine bestimmte Farbe haben, z. B. rot oder gelbrot.

(J. W. T. Walsh, Journ. Opt. Soc. Am. Bd. 18, S. 202.) *F. Bn.*

Bahnen und Fahrzeuge.

Lokomotive für gemischten Betrieb. — Auf der Linie Chicago North Shore—Milwaukee stehen zwei Güterzuglokomotiven in Betrieb, die insofern eine neue Gattung darstellen, als sie sowohl auf Strecken mit Oberleitung als auch auf solchen ohne Oberleitung verwendet werden können. Sie sind mit Stromabnehmer und Batterie ausgerüstet. Die Batterie ist groß genug, um Züge auf Anschlußgleisen zu den Fabriken usw. zu befördern, wodurch der Verwendungsbereich der Lokomotive vergrößert wird. Jedes Fehlen von Rauch, Geräusch und schädlichen Gasen ermöglicht es, mit der Lokomotive auch in Gebäude zu fahren. Jede Lokomotive ist ausgerüstet mit 4 Motoren von je 153 kW und einer Batterie von 192 Zellen mit 600 Ah; sie kann mit aufgeladener Batterie 260 kWh abgeben. Mit der Batterie allein vermag die Lokomotive 33 beladene Güterwagen auf einer 8,5 km langen Strecke mit einer Geschwindigkeit von 19 km/h zu befördern; mit geringerer Last läßt sich die Geschwindigkeit auf 32 km/h steigern. Auf jeder Lokomotive ist ein Motorgenerator von 25 kW zur Aufladung der Batterie vorhanden. Das Ein- bzw. Abschalten desselben erfolgt je nach dem Ladezustand der Batterie selbsttätig; auch wird er selbsttätig stillgesetzt, wenn die Lokomotive während der Aufladung der Batterie auf ein Gleis ohne Oberleitung fährt; umgekehrt auch selbsttätig wieder eingeschaltet, wenn die Lokomotive vom Netz aus wieder gespeist wird. Die Umschaltung der Hauptmotoren von der Oberleitung auf die Batterie erfolgt selbsttätig; umgekehrt jedoch, wenn die Lokomotive von einer Strecke ohne Oberleitung auf eine solche mit Oberleitung fährt, muß der Fahrer auf die Nullstellung des Fahrschalters gehen und neu einschalten. Bei 600 V Netzspannung kann die Lokomotive eine Zugkraft von 10 000 kg bei etwa 22 km/h Geschwindigkeit 1 h lang und von 7700 kg bei 24 km/h dauernd entwickeln.

Hauptangaben:

Lokomotivgewicht in t	59
Batteriekapazität in Ah (6 h)	680
Mittlere Spannung (6 h) in V	380
Batteriekapazität in kWh (6 h)	258
Max. Entladestrom in A	3000
„ Leistungsabgabe in kW	600
Batteriegewicht in kg annähernd	1350

(Railway Age Bd. 84, S. 668.) *Trb.*

Verkehrszusammenschluß bei den Wuppertaler Bahnen. — Zu obiger Mitteilung auf S. 1562 ist nachzutragen, daß die Tarifgemeinschaft zwischen den Elberfelder und Barmer Bahnen nicht im Zusammenhang mit dem Gesetz über die Neugliederung der Gemeinden steht. Die Bestrebungen zur Schaffung von Übergangsmöglichkeiten und Tarifgemeinschaft bestehen schon seit mehreren Jahren, und eine Verständigung zwischen den Bahnen über die Einführung wurde herbeigeführt, bevor das Gesetz über die Neugliederung Geltung erlangt hatte. *of*

[1] Die „dipping-Anlage", eine englische Abblendeinrichtung, besteht aus kippbaren Scheinwerfern. (D. Ber.)

[2] Die Wirkung der Rückscheinwerfer will der Verfasser nach Abschluß der Versuche besonders besprechen. (D. Ber.)

Bergbau und Hütte.

Induktive Erhitzung. — Für dieses neuzeitliche Problem hat M. Bunet in Anlehnung an die Arbeiten von Lord Kelvin über den Skineffekt eine Berechnungsweise der Leistung aufgestellt, die ein Metallzylinder aus dem elektromagnetischen Kraftfeld einer Spule aufzunehmen vermag. Die ungleichmäßige Stromverteilung in einem dicken metallischen Leiter wird mit Hilfe Besselscher Serienfunktionen berechnet. Aus dieser Berechnung geht klar hervor, daß die Stromdichte mit der Entfernung von der Oberfläche sehr stark abnimmt. Aus der Gleichung für die Stromverteilung in einem metallischen Leiter wird dann die Leistung bestimmt, die ein Körper im Magnetfeld in Wärme umsetzt. Diese beträgt

$$P = 400 \frac{L\, U_x^2}{R} \sqrt{\frac{\sigma}{\mu f a}} \text{ Watt,}$$

wobei

- L die Länge des Zylinders
- R seinen Halbmesser
- σ die spez. Leitfähigkeit des Metalls
- μ die Permeabilität
- f die Frequenz
- U_x die elektromotorische Kraft an der Oberfläche
- a einen Faktor bedeutet, der das Verhältnis der Körperlänge zur effektiven Kraftlinienlänge der Spule darstellt.

Wird an Stelle der elektromotorischen Kraft die Stromdichte D_0 an der Oberfläche eingeführt, so geht diese Gleichung über in

$$P = C \pi R L \sigma D_0^2.$$

C bedeutet dabei eine Länge, die sich nach der Theorie für die Frequenz von 50 Hz, für Kupfer von 65° zu 1 cm errechnet. — Für die Frequenz von 5000 Hz beträgt diese Größe 1 mm.

Nach Einführung der Induktionswerte für die Leiter eines Ofenkreises in die Gleichung für einen Transformator wird unter Vernachlässigung des effektiven Widerstandes der Primärspule die Formel zur Berechnung des Phasenwinkels und der Leistung entwickelt, die einem Hochfrequenzofen bei einer bekannten Ofenspannung zugeführt wird. Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der rein theoretisch entwickelten Formeln wird dabei an Erfahrungswerten nicht geprüft.

Im nächsten Kapitel wird auf die Schaltungsmöglichkeiten eines Hochfrequenzofenkreises unter Verwendung von Kondensatoren eingegangen. Hieran anschließend werden Berechnungen für die Entladung eines Kondensatorkreises angestellt. (Solche Berechnungen sind in der drahtlosen Telegraphie früher vielfach ausgeführt worden.)

In zwei von Bunet angegebenen Schaltungen eines Hochfrequenzofenkreises mit Funkenstrecken liegt parallel zur Speiseleitung ein Kondensator, der über die mit einem Ofenkreis in Serie geschalteten Funkenstrecken entladen wird, bzw. es liegt die Funkenstrecke parallel zur Speiseleitung und der Kondensator in Serie mit der Ofenspule.

Zuletzt werden noch die Induktionsöfen kurz erwähnt, bei denen durch Verwendung von Eisen der Induktionsfluß einer Ofenspule erhöht wird. Dabei wird festgestellt, daß eine wesentliche Erhöhung des magnetischen Flusses erst erzielt wird, wenn der Eisenkörper eine geschlossene Form erhält. (M. Bunet, Bull. Soc. Franç. des El. Bd. 8, S. 940.) *V. E.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Erzwungene Schwingungen eines linearen Systems zweiter Ordnung. — Bei der Betrachtung der Frequenzabhängigkeit elektrischer Systeme gelangt man immer auf Formen der Gestalt

$$\frac{a_0 \lambda^n + a_1 \lambda^{n-1} + \ldots + a_n}{b_0 \lambda^n + b_1 \lambda^{n-1} + \ldots + b_n},$$

wo $\lambda = j\omega$, ω die Kreisfrequenz und a und b Funktionen der Kapazitäten, Widerstände und Koeffizienten der Selbstinduktion und der Gegeninduktion sind. Von

Tellegen wird diese Form für den einfachen Fall $n = 2$, womit sie in der Gestalt

$$\frac{a p \lambda^2 + b q \lambda + c r}{p \lambda^2 + q \lambda + r}$$

geschrieben wird, eingehend untersucht. Wenn die Form das Verhältnis der Spannung zwischen irgend zwei Punkten eines Systems zur EMK darstellt und das System keine Gegeninduktionen enthält, so sind a, b und c dem Betrage nach niemals größer als Eins. a, b und c brauchen nicht gleiches Vorzeichen zu haben. Alle Formen, worin p, q und r dasselbe Vorzeichen haben (was immer erfüllt sein muß), lassen sich auch als Spannungsverhältnis verwirklichen. Da man a, b und c verschiedene Vorzeichen geben kann, ergibt sich die Möglichkeit, Fälle zu konstruieren, bei denen die Amplitude sich mit der Frequenz nicht ändert, wohl aber die Phase[1]. Die einfachste Schaltung dieser Art ist wohl die nach Abb. 7*[2]. Wenn A die Mitte des Widerstandes R_1 ist, so ist die Spannung zwischen den Punkten A und B immer die Hälfte der Spannung der EMK. Durch Änderung der Frequenz läßt sich die Phase um 180° drehen. Für die speziellen Fälle, wo a, b, c gleich 1, 0 oder —1 sind, wurden Amplitude, Phase und Verzögerungszeit (d. h. die Phase dividiert durch ω) als Funktion der Frequenz gezeichnet, wobei letztere in logarithmischem Maßstab aufgetragen wurde, um Symmetrie in den Kurven zu erreichen. Bei der Diskussion der Form für willkürliche Werte von a, b, c ergeben sich verschiedene Gestaltmöglichkeiten, welche für Amplitude und Phase ebenfalls gezeichnet wurden. Nimmt die Frequenz nacheinander alle Werte von Null bis Unendlich an, so ändert sich die Phase

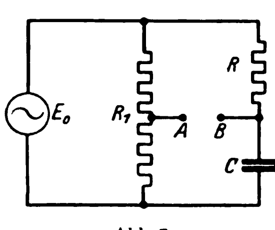


Abb. 7.

von 0 bis 0, wenn a, b und c gleiches Vorzeichen,
von 0 bis 2π, wenn a und c gleiches, b das entgegengesetzte Vorzeichen,
von 0 bis π, wenn a und c entgegengesetztes Vorzeichen haben.

(B. D. H. Tellegen, Arch. El. Bd. 22, H. 1, S. 62.)

Der Widerstand von Kupfer. — Die geschichtliche Entwicklung der Bemühungen, einen Standardwert für die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers bzw. seinen spezifischen Widerstand festzulegen, wird von A. Broido beschrieben. Die Zusammenstellung sei hier noch einmal wiedergegeben (Zahlentafel 1). Sie bezieht sich auf einen Draht von 1 km Länge, 1 mm² Querschnitt und 20°.

Zahlentafel 1.

	Ω
1. Matthiessen (Am. Inst. El. Engs. 1893—1907)	17,21
2. Lindeck-Matthiessen (1904)	17,18
3. ESC standard (1904)	17,26
4. VDE (1896—1906)	17,00
5. Am. Inst. El. Engs. (1907—1910)	17,30
6. VDE (1907 bis jetzt)	17,84
7. Am. Inst. El. Engs. (1911)	17,21
8. Internationaler Normalwert (seit 1913)	17,24

(Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 194.) *Br.*

Die Temperaturabhängigkeit des remanenten Magnetismus. — Die Dauermagnete ändern ihr magnetisches Moment mit der Temperatur nicht unerheblich. Im allgemeinen nimmt die Kraftlinienzahl mit der Temperatur ab. Für die Verwendung in der Technik zu Meßinstrumenten ist diese Eigenschaft öfters sehr störend. Dauernde Änderungen können durch künstliche Alterung unschädlich gemacht werden. Es bleiben dann immer noch die reversiblen Änderungen. Die Linienänderung mit der Temperatur läßt sich durch die Formel wiedergeben $\Phi = \Phi_{15} [1 + \alpha (t - 15)]$; α hat für normal gehärteten Chromstahl den Wert $-2{,}2 \cdot 10^{-4}$. Durch starke mechanische Härtung des Materials lassen sich nun positive Temperaturkoeffizienten erzielen. So hat naturharter Federstahl von der Stärke 3,0 mm den Temperaturkoeffizienten $+7{,}9 \cdot 10^{-4}$. Durch geeignete Wärmebehandlung wird der hohe positive Wert verkleinert, und es gelingt so, Magnetstäbe herzustellen, die im Bereich von 15 bis 100° praktisch keine Temperaturabhängigkeit zeigen. Bei gehärteten Stählen erreicht man kleine Temperaturkoeffizienten nur, wenn man von sehr hohen Temperaturen aus härtet. Für praktische Zwecke sind jedoch derart schroff gehärtete Stähle unbrauchbar, da ihr magnetisches Moment sehr klein ist; außerdem hat die Behandlung eine sehr große Sprödigkeit zur Folge. (H. Gewecke, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 57.) *Br.*

Verschiedenes.

5. Gießerei-Fachausstellung Düsseldorf 1929. — Diese fand vom 4. bis 22. IX. d. J. unter dem Motto „Sparsame Wirtschaft im Gießereibetrieb" statt. Wie solche in kapitalarmen Zeiten wie den jetzigen ohne großen Kapitalaufwand durch richtige Ausnutzung der Rohstoffe, Verringerung des Ausschusses, Rationalisierung der menschlichen Arbeit zu ermöglichen ist, sollte gezeigt werden. Unstreitig dürfte hier die Ausstellungsleitung einen Erfolg zu verzeichnen haben, die das umfangreiche, mit großer Sorgfalt zusammengetragene Material in anregendster und übersichtlicher Weise zur Schau gestellt hatte, wobei sie auch verständnisvolle Mitarbeit der Industrie gefunden hat. Lehrschau und Firmenausstellung waren die Ausstellungsgruppen.

Die Lehrschau erstreckte sich über 20 Abteilungen. Wohl lückenlos bot sich die Abteilung „Werkstoffprüfung" dar, in deren Unterabteilung „Thermometrie und thermische Analyse" elektrische Temperaturmeßgeräte und Ofensysteme wie der Tamman-Ofen zur Aufnahme von Abkühlungskurven die Mitwirkung der Elektrizität in der Meßkunde dartaten. In erhöhtem Maße zeigte sich diese in der „Röntgentechnik", in der wohl zum ersten Male die Röntgenuntersuchung von Werkstoffen gezeigt wurde. An dieser Sonderausstellung hatte sich besonders die Schweißversuchsabteilung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Wittenberge, beteiligt. Eine Seifert-Spektralisovolt-Röntgeneinrichtung, wie sie von der DRG für die Untersuchung von Eisen- und Stahlbauwerken und die Prüfung von Kesseln, Behältern, Feuerkisten und Gußstücken aller Art in den Werkstätten verwendet wird, wurde im Betrieb vorgeführt. Der gelieferte Netzstrom von 220 V wird in einem Hochspannungs-Spezialtransformator bis zu 200 kV hochtransformiert. Zwei Hochspannungsglühventile mit angebauten Amperemetern zur Messung des Heizstromes dienen zur Gleichrichtung des hochgespannten Wechselstromes. Da man nur intermittierenden Gleichstrom erhält, werden zwei Hochspannungskondensatoren von besonders großer Kapazität zur Erzeugung konstanter Gleichspannung aufgeladen, so daß die Röntgenröhre mit konstantem Gleichstrom gespeist werden kann. Für die Heizung der beiden Glühventile und die Glühkathode der Elektronen-Röntgenröhre sind Transformatoren vorhanden, die in Hartgummigefäße mit Ölfüllungen eingebaut sind. Eine Funkenstrecke dient zur Messung der Hochspannung. Als Röntgenröhre wird eine Röhre „Matwa-Metalix" mit Strichfokus bis 200 kV und Strahlenschutz benutzt. Die beiden Enden der Röhre sind aus Glas, der mittlere Teil aus chromhaltigem Eisen. Die drei Stücke sind an den Berührungsstellen miteinander verschmolzen. Um die eiserne Röhre liegt ein Bleimantel und über diesem eine Messingröhre als Kappe. Da das Blei das Atomgewicht 205 hat, ist es für Röntenstrahlen nahezu undurchlässig, und der Austritt der Strahlen kann allein durch ein hierfür bestimmtes Loch in der armierten Röhre erfolgen. Die Röhre wird mit Wasser gekühlt. Sie liegt in einem Kasten, dessen innere Deckelseite nur mit Blei belegt werden braucht und auf den der zu untersuchende Gegenstand gelegt wird. Die Strahlen gehen durch den Gegenstand und fallen auf den darüber angebrachten Leuchtschirm, der durch einen unter 45° geneigt liegenden Spiegel betrachtet werden kann. Dadurch ist jeder Schaden für den Beobachter durch die Strahlen ausgeschlossen. Anderseits können auch röntgenphotographische Aufnahmen auf Film oder Papier gemacht werden. Interessante Untersuchungen, wie die eines Lokomotivzylinders, -kreuzkopfes, -dampfsammelkasten, Pumpenzylinders usw., wurden gezeigt und erwiesen, wie wichtig solche zur Sicherheit über die Ausführung von Schweißarbeit und für die Gütebestimmung von Material sind.

Die Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität im Gießereibetriebe waren wie folgt zusammengestellt: Verwendung elektromotorischer Antriebe als Einzel- bzw. Gruppenantriebe. Verwendung der Elektrowärme zum Trocknen der Formen, zum Schmelzen des Einsatzes und Vergüten des fertigen Eisens. Sichere Temperaturregelung. Gewichtsersparnis bei verbesserter Qualität. Die Transportanlagen im Gießereibetrieb, denen heute im Hinblick auf die Verminderung der Betriebskosten zunehmende Beachtung geschenkt wird, werden elektrisch betrieben.

[1] Eine spezielle Schaltung dieser Art wurde schon gegeben von G. A. Campbell u. R. M. Foster, Transact. Am. Inst. El. Engs Bd 39, S. 253.

*[2] S. a. H. G. Möller, Behandlung von Schwingungsaufgaben mit komplexen Amplituden und mit Vektoren. Verl. S. Hirzel, Leipzig 1928, S. 43.

Elektrozüge „Kuli" von Schenk & Liebe-Harkort, Düsseldorf, Welter-Elektrozüge, Hängebahnen mit elektrischem Antrieb von Pohlig, Köln, waren zu sehen. Für Gießereikrane und Fahrwerke hatten die SSW, Berlin, einen asynchronen gekapselten Drehstrom-Kranmotor mit Anlaßwalze für die neue untersynchrone Senkbremsschaltung (DRP.) ausgestellt. Letztere ermöglicht eine eindeutige Lastbewegung nach unten und eine selbsttätige Begrenzung der Senkgeschwindigkeit auch bei geringeren Motordrehzahlen. Gegen Laständerungen ist diese Geschwindigkeitsregelung sehr unempfindlich. Besondere Sicherheits- bzw. Zusatzeinrichtungen sind nicht erforderlich. Der Motor, der einphasig am Netz liegt, wobei zwei Ständerphasen parallel geschaltet sind, kann nur Bremsmomente ausüben, die der mechanischen Drehung durch die herabgehende Last entgegenwirken. Die Neuerung hat sich in der Praxis bereits mit bestem Erfolge eingeführt.

Die AEG, Berlin, rüstet neuerdings die Gießereikrane mit Drehstrom-Doppelkranmotoren aus, die als Asynchronmotor mit drei Schleifringen infolge zweier getrennter Wicklungen im Ständer und Läufer doppelte Hub- und Senkgeschwindigkeit für Lasten bis halbe Vollast zulassen, so daß diese mit 6 m/min bei 3 m/min Vollasthubgeschwindigkeit gehoben und gesenkt werden. Als weitere Neuheit ist die Feinregelung durch Tippschaltung hinzugekommen, die beim Arbeiten mit den Modellen, Kernen und Formkästen sehr geringe Geschwindigkeiten und die Zurücklegung kleinster Wege (1...2 mm) ermöglicht. Diese tritt an Stelle des sogenannten „Stromspritzergeben" zur Zurücklegung kleinster Wege, arbeitet aber noch wesentlich besser. Mit der Tippschaltung wird die Einschaltzeit auf etwa 0,3 s und der Weg auf etwa 0,6 mm heruntergedrückt, der bisher nur zu 2,5 mm bei einer Vollast-Hubgeschwindigkeit von 3 m/min im günstigsten Falle zu erzielen war. Durch fortgesetztes Niederdrücken und Loslassen eines Knopfes mit dem Fuß bei Steuerwalze mit Handrad oder mit der Hand am Handgriff des Steuerseils bei Kranen ohne Führerkorb wird ein elektromagnetischer Schalter, ein Schütz, betätigt, durch das der Motorstrom ein- und ausgeschaltet oder geschwächt wird. Der Magnetbremslüfter bleibt dabei gelüftet, so daß alle Bewegungen stoßfrei erfolgen. Durch die Tippschaltung werden das Triebwerk, die Steuerwalze und der Magnetbremslüfter erheblich geschont und Strom gespart. Die Tippschaltung läßt sich in Verbindung mit dem Doppelkranmotor ausführen, wenn die Bedienung der Steuerwalze durch Handrad erfolgt. Die Geschwindigkeit läßt sich dann in besonders weiten Grenzen regeln und ein Höchstmaß an Leistung erzielen. Die AEG-Tippschaltung war in einer Krananlage der Nomag, Duisburg-Hamborn, eingebaut.

Die AEG zeigte auch Ausführungen von Wandertrockenöfen und Schränke für das Trocknen von Gußkernen und Öfen für das Ausglühen von Gußteilen. Die SSW führten auf dem Stande des RWE einen elektrischen Glüh- und Härteofen als Chromnickel-Muffelofen vor, in den bei Temperaturen bis 1100° Härtungen und Zementierungen von Metallteilen vorgenommen werden. Die aus hochwertiger Chromnickellegierung bestehende Heizwicklung liegt frei in einer hochfeuerfesten Wandung aus Spezialschamotte, die von starken Isoliersteinschichten umgeben ist. Die Heizwicklung im Boden ist durch ein Blech von hochwärmebeständigem Metall abgedeckt. Ein weiteres SSW-Erzeugnis war ein Salzbad-Tiegelofen zum Blankhärten, Zementieren und Anlassen von Stählen und zum Blankglühen von Metallegierungen in einem Härtebade aus besonderen Salzen. Temperaturen bis zu etwa 1000° werden erreicht und genau geregelt.

Einen elektrisch heizbaren Muffelofen mit Schamottemuffeln für Silitstabheizung für Temperaturen bis 1400° mit vollständig geschlossenem Gehäuse hatte Marcel Knülle, Düsseldorf, einen Muffel- und Tiegelofen mit Karborundumstabheizung und Sicherheitspolklemmen zum innigen Kontakt des Stromanschlusses Ströhlein & Co., Düsseldorf, ausgestellt. Beide Öfen sind auf dem Regelwiderstand aufgebaut. Sie finden in der Laboratoriumspraxis zunehmende Verwendung. Max Uhlendorf, Berlin-Lichtenberg, führte den neuen „UDO"-Doppelkammer-Elektroofen für Schneidenhärtung von Arbeitstählen vor. Bei diesem erfolgt in der unteren Muffel die langsame Vorwärmung zwecks Verhütung von Härterissen, in der oberen alsdann schnelle Aufheizung auf Härtetemperatur zwecks Vermeidung von Entkohlung. Beide Muffeln sind je für sich schalt- und regelbar.

Die Anwendung des elektrischen Ofens in der Eisengießerei kann 1. zur Schmelzung von kaltem Einsatz, 2. zur Erzeugung von synthetischem Gußeisen, 3. zur Nachraffination von flüssigem Kupoleisen erfolgen. Die beiden ersten Verfahren sind wegen des hohen Stromverbrauchs nur bei geringen Stromkosten anwendbar und daher für deutsche Verhältnisse wenig geeignet. Sehr geeignet ist dagegen das dritte Verfahren, das bei einer Raffinationsdauer von ¼ bis ¾ h einen Stromverbrauch von 75...150 kWh/t erfordert. Diese Angaben waren in der „Lehrschau" gemacht. Hierzu waren in Zeichnungen verschiedene Ofentypen gegeben, wie der Ajax-Wyatt-Elektroofen, ein Induktionsofen mit vertikaler Eisenrinne; der Heroult-Ofen; der Elektroofen für Metallschmelzung nach Bailey, ein Widerstandsofen; ein Rennerfelt-Ofen neuester Bauart für die Stahlerzeugung. Bei letzterem tritt eine horizontale Elektrode auf jeder Ofenseite in den Ofenraum, die in vertikaler Richtung drehbar ist, während die dritte Elektrode durch den Deckel in den Ofenraum eingeführt wird. In der Bauart „Russ" war ein Lichtbogen-Flammenofen als Elektrostahlofen von 2...3 t Fassung in verschiedener Elektrodenanordnung zu sehen, indem diese zu dreien in paralleler Lage zueinander oder mit Neigung der beiden äußeren gegen die mittlere von oben in den Ofenraum oder zwei auf der einen und eine auf der anderen Seite horizontal eingeführt werden. Der „Russ"-Elektroofen wird von der „Industrie" Elektroofen, Köln, gebaut, die verschiedene Typen ausgestellt hatte, wie zwei Lichtbogen-Widerstandsöfen für das Schmelzen aller Metalle, zur Herstellung von Stahl und Gußeisen, einen Lichtbogen-Trommelofen zum Schmelzen von Kupfer, Bronze usw., einen kippbaren Widerstands-Tiegelofen zum Schmelzen von Metallen und einen Induktionsofen neuester Konstruktion mit offener Schmelzrinne zum Schmelzen von Eisen und Nichteisenmetallen, der schon für eine Abstichleistung bis zu 2000 kg geliefert worden ist. An den Herd als Eisenkörper mit feuerfester Auskleidung ist die Schmelzrinne seitlich angesetzt, die als Sekundärstromkreis einen senkrecht stehenden Transformator umschließt, der mit Gebläseluft gekühlt wird. Die Wärme wird nur durch Induktion übertragen und kann durch Spannungsänderung in den feinsten Stufen geregelt werden. Beliebig starke Heizströme bei kleinstem Wärmeverlust sind erzielbar. Der Ofen ist für Ein- und Dreiphasenanschluß 110...500 V eingerichtet.

Eine Hochfrequenz-Schmelzofenanlage mit einem eisenlosen Induktionsofen mit 6 l Ofenfassungsvermögen, 30 kW, 10 000 Hz hatte C. Lorenz AG., Berlin, ausgestellt und in Betrieb vorgeführt. Die Anlage besteht aus den Netzanschlußapparaten, dem Drehstrom-Hochfrequenz-Maschinensatz, dem eisernen Schaltschrank mit eingebauten Kondensatoren und dem Kippofen. Die Anlage kann in metallurgischen Laboratorien, im Werkstoffprüffeld und in Industrieanlagen Verwendung finden. Der Maschinensatz besteht aus einem 45 kW-Drehstrommotor für 3000 U/min, gekuppelt mit einem Hochfrequenzgenerator für 10 000 Hz. Für die Generatorerregung ist Gleichspannung von 230 V erforderlich, die, falls sie aus dem Netz nicht erhältlich ist, mittels eines kleinen Drehstrom-Gleichstrom-Umformers von etwa 400 W Leistung erzeugt wird. Erreger- und Arbeitswicklung liegen bei dem Lorenz-Hochfrequenzgenerator im Stator, so daß der Rotor keine Wicklung und keine Schleifringe trägt. Mit den Kondensatoren im Schaltschrank wird der Ofenkreis auf die Frequenz und Spannung des Generators feinstufig abgestimmt. Der Kippofen enthält die Ofenspule mit eingestampftem Tiegel, die aus Kupferrohr besteht und mit Wasser gekühlt wird. Der Spule wird der Wechselstrom von 10 000 Hz zugeführt, und das im Innern der Spule liegende Schmelzgut wird infolge der in ihm erzeugten Wirbelströme erwärmt und geschmolzen. In dem in Betrieb vorgeführten Ofen werden 40 kg Eisen in 60 min geschmolzen. Der Ofen arbeitet mit offener Schmelzrinne und ist demgemäß nicht an ein und dasselbe Schmelzgut gebunden.

Einen Hochfrequenzofen mit Quecksilberfunkenstrecke System Ajax-Northrup-Hirsch-Kupfer mit 35 kVA-Transformatorenleistung als Laboratoriumsofen für Stahlwerke hatte Hirsch, Kupfer- und Messingwerke, Abt. Elektroofenbau, Eberswalde, zur Schau gestellt. Der bekannte Tiegel ist unter Verwendung eines isolierenden Schutzzylinders in eine aus flachem Kupferrohr gewickelte, wasserdurchflossene Primärspule eingebaut. Die Erhitzung des Schmelzgutes erfolgt nach dem Induktionsprinzip durch Ströme, die in dem Einsatz selbst erzeugt werden. Der Hochfrequenzofen arbeitet mit Funkenstrecken. Die Entladung einer Kondensatorbatterie erfolgt über eine Funkenstrecke hinweg. Durch die Parallelschaltung der Kondensatorbatterie mit der Funkenstrecke wird die dem Einphasentransformator primärseitig aufgedrückte Normalfrequenz auf ein Vielfaches gesteigert. Der 35 kVA-Satz arbeitet z. B. je nach der verwendeten Ofenspule mit Frequenzen zwischen 1200 und 100 000 Hz. Die Funkenstrecke besteht aus einem doppelwandigen Gußeisenbehälter, der

mit Quecksilber gefüllt ist. In dem Gußeisenbehälter sind gut isoliert und abgedichtet die zwei Elektroden eingesetzt. Flammenkammer und Elektroden werden mit Wasser gekühlt. Die vom Ofen aufgenommene Leistung kann durch Veränderung der Länge des Funkenüberschlagweges zwischen Elektroden und Quecksilberspiegel eingestellt werden, indem der Spiegel in der Höhenlage geändert wird. Die elektrische Ausrüstung des Ofens ist normalerweise zum einphasigen Anschluß an 220, 380 und 500 V Wechselstrom vorgesehen.

Abschließend sei noch auf die fortschreitende Entwicklung von Temperaturmeßgeräten hingewiesen, da die große Bedeutung der Einhaltung bestimmter Temperaturen im Fertigungsprozeß und zur Schonung der Öfen erkannt ist. Elektrisch spielt hier im Bau des Geräts das Thermoelement und die Glühfadenlampe eine große Rolle. Eine Aufzählung der verschiedenen, auf der Ausstellung gezeigten Instrumente dürfte von Interesse sein. Bei Siemens & Halske das Ardometer und das Glühfaden-Pyrometer, bei Hartmann & Braun das thermoelektrische Pyrometer und das Strahlungspyrometer „Pyrradio", beim Pyro-Werk das „Pyro" und das „Optix", bei M. Schmeling & Co., Düsseldorf, das „Pyrophot". Es würde zu weit führen, hier auf Einzelheiten der Konstruktion einzugehen.

Przygode.

Arbeitsschulung. — Bei der 2. Jahresversammlung des Deutschen Instituts für technische Arbeitsschulung (Dinta) in Düsseldorf (25. IX.) hat der Vorsitzende, Generaldirektor Dr. A. Vögler, die Gründung einer Gesellschaft der Freunde des Dinta bekanntgegeben, deren Aufgabe sein soll, das Institut bei der Durchführung seiner Bestrebungen zu unterstützen. Über die Aufnahme entscheidet der Vorstand durch einfachen Mehrheitsbeschluß. Die Höhe des jährlichen Mitgliedsbeitrags ist dem freien Ermessen anheimgestellt, beträgt aber für Einzelmitglieder mindestens 15 RM. Die lebenslängliche Mitgliedschaft kann von diesen bei einmaliger Zahlung von 500 RM erworben werden. Eine zunächst vierteljährlich erscheinende Institutszeitschrift „Arbeitsschulung" will die Freunde des Dinta über dessen Arbeiten unterrichten, sie aber auch gleichzeitig zu Mitträgern des begonnenen großen Werkes machen. Wie in der Einleitung zu dem ersten Heft, das auch den Tätigkeitsbericht des Instituts für 1928/29 enthält, gesagt wird, hat dieses in den vier Jahren seines Bestehens eine planmäßige Nachwuchsschulung in Industrie und Bergbau ins Leben gerufen und seit einiger Zeit auch maßgebliche Kreise der Landwirtschaft für die gleiche Frage interessiert. In der Anlernung erwachsener Arbeiter und Arbeiterinnen sind bereits auf verschiedenen Gebieten für die gesamte Wirtschaft beachtliche Erfolge erzielt worden.

Energiewirtschaft.

Die Motorisierung der schwedischen Industrie. — An Hand der offiziellen schwedischen Statistik über den Stromverbrauch der Industrie erörtert V. Källström in der ERA 1928, S. 193, den Ersatz der körperlichen Arbeitskraft durch maschinelle Einrichtungen. Erzwungen wurde dieser einerseits, um große Mengen ohne nennenswerte Beeinträchtigung der Qualität erzeugen zu können, nachdem die Aufnahmefähigkeit des Mittelstandes stark gewachsen war, anderseits durch die verschärfte Konkurrenz unter den Herstellern. Die Motorisierung bildet eine Grundlage und gleichzeitig eine Stufe in der materiellen Entwicklung Westeuropas und wurde nach dem Krieg in vielen Ländern beschleunigt, ohne Zweifel unter dem Einfluß der hohen Arbeitslöhne in den letzten Kriegsjahren und während der darauf folgenden Hochkonjunktur. Die gegenüber der Vorkriegszeit wesentliche und gebliebene Teuerung der menschlichen Arbeitskraft und die Einführung des achtstündigen Arbeitstages steigerten bald die Arbeitskosten in den meisten Produktionszweigen derart, daß Ersatz der Handarbeit durch Maschinenkraft wirtschaftliche Vorteile bot, bzw. als eine Notwendigkeit erschien. Die Bestrebungen nach Spezialisierung und Normung haben diese Entwicklung gefördert. Beachtlich ist dabei, wie die Motorisierung mit der Einführung des elektrischen Antriebs in der Industrie unter Verdrängung der direkten Wasserkraft- und Dampfkraftantriebe Hand in Hand geht. In der Zeit von 1913 bis 1926 war die prozentuale Erhöhung der Erzeugung in Schweden (23 %) etwa doppelt so groß wie die Vermehrung der Arbeiterzahl. Gleichzeitig wuchs die Maschinenleistung um 80 % und die Motorenleistung je Arbeiter von 2,5 auf 4 PS. Der Gedanke liegt nahe, dies darauf zurückzuführen, daß kleinere Betriebe, in denen die Handarbeit im Vergleich mit der Großindustrie noch eine gewisse Rolle spielt, stillgelegt worden sind, eine Vermutung, die aber dadurch widerlegt wird, daß die Durchschnittszahl der Arbeiter je Anlage nicht gestiegen, sondern vielmehr von 39 auf 32 gefallen ist. Der Anteil der elektrischen Antriebe nach der Motorleistung in Pferdestärken wurde in der genannten Zeit von 48 % auf 77 % erhöht, während andere Antriebsarten stark zurückgegangen sind. Die Ölmotoren konnten jedoch infolge der Verbilligung der Brennöle nach dem Krieg und der Vervollkommnung der Konstruktion ihre Stellung einigermaßen behaupten.

In einem zweiten Artikel (Svenska Vattenkraftföreningens Publikationer Nr. 209, 1928) betrachtet der Verfasser den Stromverbrauch je nach dem Verwendungszweck, u.zw. für die vier Hauptgruppen: die allgemeinen Industrieanlagen, die elektrochemische Industrie, bürgerliche Zwecke einschließlich Beleuchtung und für die elektrischen Bahnen seit 1912. Eine Unstetigkeit der Entwicklung im Jahr 1921 beruht dabei nicht nur auf der ausgeprägten Konjunktur, sondern auch auf Änderungen in der Abgabe und Behandlung des Primärmaterials. Bis einschließlich 1920 wurde der Stromverbrauch im Kraftwerk, später jedoch am Verwendungsort gemessen. Die Verluste in den Übertragungsleitungen dürften 12 % betragen. Eine Darstellung des Stromverbrauchs im Jahr 1917 zeigt, daß auf industriellen Verbrauch 82,5 % (auf Schmelzen und Elektrolyse 22 %), auf Beleuchtung usw. 12,5 % und auf den Bahnbetrieb 5 % entfielen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Industrie als Abnehmer nur bezüglich der Menge die führende Stellung einnimmt, wogegen das Bild vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet anders aussieht; denn nach der Statistik vom Jahr 1920 war der mittlere Strompreis einiger namhafter staatlicher und privater Kraftwerke für sog. bürgerliche Zwecke 19,6 Öre/kWh gegenüber 3,4 Öhre/kWh für industriellen Bedarf. Dieser verteilte sich 1927 folgendermaßen:

Zellstofffabriken . .	20,8 %	Werkstätten, Werften	4,8 %
Eisenwerke	20,4 „	Erzgruben	4,1 „
Papierfabriken . . .	19,4 „	Textilindustrie . . .	3,4 „
Elektrochemie . . .	8,4 „	Sägewerke	3,1 „
		Sonstige Industrien .	15,6 %.

Hldn.

Erzeugung und Verbrauch elektrischer Arbeit in Deutschland[1]. — Die Erzeugung der 122 Elektrizitätswerke übertraf im Juli 1929 die des Vormonats um 71,6 Mill kWh und die des Parallelmonats von 1928 um 245,5 Mill kWh (22 %). Arbeitstäglich stellte sich letztere Erhöhung auf 7,489 Mill kWh (17 %), während die Produktion gegenüber der des Juni um 1,195 Mill kWh zurückgeblieben ist. Der August hat im Vergleich zum Vormonat eine Steigerung um 66,4 % und gegen den August 1928 eine solche um 220,0 Mill kWh (18 %) gebracht. Arbeitstäglich betrugen die Erhöhungen bzw. 2,463 und 8,149 Mill kWh (18 %). Im Juni 1929 ist der Anschlußwert der von 103 Werken versorgten gewerblichen Abnehmer im Vergleich zum Mai um 23 000 kW und gegenüber dem gleichen Monat des Vorjahres um 0,229 Mill kW (5,5 %) gewachsen. Der Verbrauch dieser Konsumenten zeigt eine Zunahme um bzw. 20,9 und 72,3 Mill kWh (16 %), die arbeitstäglich bzw. 0,838 um 3,6 Mill kWh (20 %) ausmachte. Für den Juli ergibt sich beim Anschlußwert ein Mehr von 15 000 kW gegen den Juni und von 0,239 Mill kW im Vergleich zum Juli 1928. Der Verbrauch ist bzw. um 10,6 und 62,9 Mill kWh (13 %) gestiegen. Arbeitstäglich war er um 1,647 Mill kWh größer als im vorjährigen Parallelmonat, aber um 1,183 Mill kWh geringer als im Juni.

Monat	Arbeitstage		Von 122 Elektrizitätswerken selbst erzeugte Mill kWh: insgesamt		arbeitstäglich		Anschlußwert und Verbrauch der von 103 Elektrizitätswerken direkt belieferten gewerblichen Abnehmer: Anschlußwert Mill kW		Gesamtverbrauch Mill kWh		arbeitstäglicher Verbrauch: insgesamt Mill kWh		kWh/kW Anschlußwert	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
I.	26	26	1443,6	1234,4	55,5	47,5	4,3	4,0	540,0	475,7	20,8	18,3	4,8	4,6
II.	24	25	1282,0	1128,8	53,4	45,2	4,3	4,1	499,3	458,1	20,8	18,3	4,8	4,5
III.	25	27	1306,9	1172,7	52,3	43,4	4,3	4,1	510,2	483,7	20,4	17,9	4,7	4,4
IV.	25	23	1299,1	1048,9	52,0	45,6	4,3	4,1	511,6	436,5	20,5	19,0	4,7	4,6
V.	25	25	1302,3	1083,6	52,1	43,3	4,3	4,1	509,9	444,1	20,4	17,8	4,7	4,3
VI.	25	26	1297,4	1084,0	51,9	41,7	4,4	4,1	531,1	458,8	21,2	17,6	4,9	4,3
VII.	27	26	1369,0	1123,5	50,7	43,2	4,4	4,1	541,7	478,8	20,1	18,4	4,6	4,4
VIII.	27	27	1435,4	1215,4	53,2	45,0	.	4,2	.	497,0	.	18,4	.	4,4

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1380.

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Betriebsergebnisse der Elektrizitätsunternehmungen, die die Elektrizitäts-A.G. vorm. W. Lahmeyer & Co., Frankfurt a. M., verwaltet bzw. die ihr nahestehen, konnten im Geschäftsjahr 1928/29 trotz der durchschnittlich um etwa 16 bis 17 % gewachsenen Jahresleistungen keine entsprechende Erhöhung erfahren, wofür der Vorstand die schon oft genannten Gründe anführt, darunter die sozialen Lasten, die fast 20 % der Einnahmen erfordern. Zu der steuerlichen Bevorzugung der kommunalen Werke, bei denen nach seiner Ansicht die fiskalischen Rücksichten heute den Ausschlag geben, bemerkt er folgendes: „Ob das Axiom, daß die Elektrizitätsversorgung ausschließlich in der kommunalen Hand liegen müsse, überhaupt haltbar und nicht sehr anfechtbar ist, darf füglich als sehr zweifelhaft betrachtet werden. Vielleicht wäre es viel wirtschaftlicher und besser — die sozialen Rücksichten scheiden ja, wie gesagt, fast überall aus —, wenn die Kommunen sich von den hiermit verbundenen Risiken, die besonders aus den schnell fortschreitenden Neuerungen erwachsen, und von der unvermeidlich und notwendigerweise immer stärker steigenden Schuldenlast freimachen und sich mindestens die gleichen Vorteile mit dem erforderlichen Einflusse in anderer Weise sichern würden. Es wäre ein verhängnisvoller Irrtum, zu glauben, daß die technische Entwicklung auf diesem Gebiete schon zu einem gewissen Abschlusse gelangt sei und deshalb eine vorwiegend verwaltungsmäßige Tätigkeit heute schon genüge. Für die Stromerzeugungsanlagen gilt dies in erster Linie. Die Stromerzeugung drängt ins Große, besonders mit Rücksicht auf die Versorgung großer und größter Industriewerke, wobei die Lieferpreise häufig nahe an die Gestehungskosten herangehen und daher nur in einer Großerzeugung tragbar sind. Aus diesen Gründen haben wir stets und seit vielen Jahren bei den uns nahestehenden Unternehmungen auf den Zusammenschluß hingearbeitet und ihn zu fördern gesucht. Diese Zusammenschlüsse erscheinen um so wichtiger, als die Stromverteilungsanlagen der Einzelunternehmungen an und für sich schon entsprechend den wachsenden Anschlüssen und dem stetig steigenden Verbrauche fortgesetzte Erweiterungen und Vergrößerungen erfordern, für welche verhältnismäßig große Mittel benötigt werden, deren Beschaffung, wie schon erwähnt, mit großen Zinslasten verbunden ist, welchen nicht immer sofort gleiche Erträgnisse und die Möglichkeit, genügende Rücklagen zu bilden, gegenüberstehen." Der Gesamtanschlußwert der Elektrizitätswerke des Konzerns betrug insgesamt 479 704 kW (436 291 i. V.), ist also gegen das Vorjahr um rd. 10 % gestiegen. Der nutzbare Absatz hat sich um rd. 16 % von 404,953 auf 470,474 Mill kWh erhöht. Die Leistung der Straßenbahnen war mit 5,165 Mill Wagenkm um 10,5 % größer als 1927 (4,676 Mill Wagenkm), und die Zahl der von ihnen beförderten Personen zeigt eine Zunahme von 13,813 auf 14,801 Mill, d. h. um 7,5 %. Auch im Berichtsjahr waren die verschiedenen Bauabteilungen der Lahmeyer-Gesellschaft gut beschäftigt. Das Dampfkraftwerk Memel kam in Betrieb, das Pumpspeicherwerk Herdecke des RWE und das Vermuntwerk der Vorarlberger Illwerke werden voraussichtlich im Winter ihre Tätigkeit aufnehmen. In Arbeit befinden sich u. a. die beiden Kraftwerke der Untere Iller A.G., das Obervermuntwerk der Vorarlberger Illwerke, der erste Ausbau des Schluchseewerks, das Kraftwerk Hollerich a. d. Lahn für die Main-Kraftwerke. Der Geschäftsgewinn der Berichterstatterin betrug 5 391 988 RM (4 465 336 i. V.) und der Überschuß 2 440 139 RM (2 032 870 i. V.). Hieraus sind auf 18 Mill RM Stammaktienkapital 12 % Dividende verteilt worden (10 % i. V.).

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1669.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV
Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9607, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Mitgliedsbeitrag für 1930.

Die Mitglieder werden in ihrem eigenen Interesse um **umgehende Bezahlung des Mitgliedsbeitrages für das Jahr 1930** gebeten, da nur dann der ununterbrochene Fortbezug der ETZ gesichert ist. Wir machen darauf aufmerksam, daß die Weiterlieferung der ETZ nur für diejenigen Mitglieder veranlaßt werden kann, die den Mitgliedsbeitrag rechtzeitig entrichtet haben.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Einladung

zur Fachsitzung für elektrisches Nachrichtenwesen (EVN) am Dienstag, dem 26. November 1929, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Erweiterungsbau, Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag: Vortrag des Herrn Dipl.-Ing. Ritter über das Thema „Elektrische Chiffriermaschinen".

Inhaltsangabe:

Elektro-mechanische Verzifferung nach dem „ENIGMA"-System.

Die Notwendigkeit der Verzifferung brieflicher, drahttelegraphischer und drahtloser Nachrichten, gleichgültig für welche Zwecke, ist aus wirtschaftlichen und politischen Gründen erwiesen. Handschriftliche Verfahren aller Arten bedingen lange Ausbildung besonders geeigneter Persönlichkeiten, großen Zeitaufwand und Irrtümer durch die Begrenzung der Aufnahmefähigkeit von Verzifferer und Entzifferer. Für den Ersatz der handschriftlichen Verzifferung durch mechanische oder elektro-mechanische Geräte ist die Vorbedingung mindestens gleichwertige Sicherheit gegen unbefugte Entzifferung. Es wird nachgewiesen, daß diese durch die Scherbiusschen „ENIGMA"-Patente gewährleistet ist. Es werden an Hand der Modelle die Entwicklungsstufen gezeigt, die durch die steigende Anforderung und Betriebsergebnisse der Praxis zu den seit einiger Zeit in den praktischen Gebrauch eingeführten, verschiedenen schreibenden und optischen Ausführungsformen der „ENIGMA"-Maschine geführt haben.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß für elektrisches Nachrichtenwesen.
Der Vorsitzende:
Arendt.

Einladung

zu einer gemeinsamen Festsitzung des Elektrotechnischen Vereins e. V. und der Heinrich-Hertz-Gesellschaft zur Förderung des Funkwesens e. V. am Mittwoch, dem 27. November 1929, abends 7½ Uhr im Festsaal des Neuen Rathauses zu Berlin-Schöneberg, Rudolf-Wilde-Platz.

Tagesordnung:

1. Verleihung der Goldenen Heinrich-Hertz-Medaille.
2. Experimentalvortrag des Herrn Direktor Dr. F. Schröter über das Thema: „Hertz'sche und infrarote Strahlen als Nachrichtenmittel".

Inhaltsangabe:

a) Eingrenzung des Wellenbereichs; die praktisch verwendbaren Bänder zwischen 10 cm und 100 cm und im kurzwelligen Infrarot.
b) Die Ausbreitungsgesetze dieser „quasi-optischen" Wellen.
c) Erzeugung, Aussendung und Empfang gebündelter quasi-optischer Wellen.
d) Technische Anwendungsgebiete.
e) Vorführungen.

Mit Rücksicht auf die beschränkte Zahl von Plätzen in dem Festsaal ist der Zutritt nur gegen besondere Eintrittskarten gestattet, die in der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins in Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, erhältlich sind. **Die Mitgliedskarten berechtigen allein nicht zum Zutritt.**

Im Anschluß an die Festsitzung findet ein „Zwangloses Beisammensein" mit einem einfachen, warmen Abendessen in der neben dem Festsaal befindlichen „Brandenburghalle" statt. Die Karte, die zur Beteiligung an dem Abendessen einschl. einer halben



Flasche Wein[1] (Mosel-, Rhein- oder Bordeauxwein nach Wahl) berechtigt, kostet 4,35 RM und ist bis spätetens 25. November mittags ebenfalls bei der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu beziehen (Postscheckkonto Berlin Nr. 13302). Ein Verkauf von Teilnehmerkarten am Festabend findet nicht statt.

Dunkler Anzug erbeten.

Verkehrsverbindungen:

bis Rudolf-Wilde-Platz:

Straßenbahnlinien: Nr. 52, 60, 119;
Autobuslinie Nr. 14;

bis Hauptstraße Ecke Tempelhofer Straße, dann 5 Minuten zu gehen:

Straßenbahnlinien: Nr. 40, 43, 61, 65, 71, 74, 174;
Autobuslinie Nr. 5.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende:
K. W. Wagner.

Ordentliche Sitzung

am 22. Oktober 1929 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Vorsitz: Herr Präsident Professor Dr. K. W. Wagner:

Meine Damen und Herren! Ich eröffne die Sitzung und heiße Sie namens der veranstaltenden Vereine — des Elektrotechnischen Vereins, der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft, der Deutschen Gesellschaft für Technische Physik und der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin — herzlich willkommen.

Bevor wir in die Tagesordnung eintreten, habe ich eine traurige Pflicht zu erfüllen. Wie Sie wissen, ist am 29. September dieses Jahres an den Folgen einer Gallensteinoperation der Geheime Regierungsrat Dr. Carl Ludwig Weber gestorben. (Die Anwesenden erheben sich.) Eines der tätigsten und verdienstvollsten Mitglieder ist damit aus unseren Reihen gegangen, eine empfindliche Lücke hinterlassend. Mit dem Elektrotechnischen Verein trauert die gesamte deutsche Elektrotechnik um ihn als einen Mann, der an der Entwicklung der Elektrotechnik so erfolgreich mitgewirkt hat.

Geheimrat Weber, der ein Alter von 70 Jahren erreicht hat, begann seine berufliche Laufbahn als Privatdozent der Technischen Hochschule München im Jahre 1886. Als Nachfolger v. Gaisberg's und Uppen-Born's übernahm er 1890 die Leitung der elektrotechnischen Versuchsstation München. 1893 wurde er Mitglied des Reichspatentamts und blieb hier, bis er im Jahre 1925 infolge Erreichung der Altersgrenze aus seinem Amte schied. Seine Fähigkeiten und hervorragenden Leistungen bewirkten es, daß er in einer Zeit, die dem Aufrücken des Technikers in höhere Verwaltungstellen des Staates nicht günstig gesinnt war, bis zum Abteilungsvorsitzenden aufsteigen konnte. Sie lenkten auch die Aufmerksamkeit des Staatssekretärs Sydow auf Weber; er berief Weber zeitweilig ins Reichsschatzamt zur fachlichen Bearbeitung von gesetzgeberischen Fragen auf elektrotechnischem Gebiet.

Für die Bedeutung der Arbeit in fachlichen Vereinigungen hat ein Mann, dem sein Beruf so am Herzen lag, wie Weber, natürlich vollstes Verständnis gehabt. Bereits im Jahre 1895 wurde er Mitglied des Elektrotechnischen Vereins; er ist ihm bis zu seinem Tode treu geblieben. Vieles hat der Verein ihm zu danken, wie der Verein andererseits die Plattform gewesen ist, von der aus Weber für seine wertvollen Arbeiten und Bestrebungen die Fachwelt interessieren und Mitarbeiter gewinnen konnte.

Er hielt im Verein zunächst Vorträge über elektrotheoretische Gebiete, über die Elektrotechnik und ihre Beziehung zum Patentwesen, über Blitzschutzfragen und schließlich über die Fragen der Sicherheit in der Elektrotechnik. Immer mehr schälte sich sein Interesse für das letztere Gebiet heraus. Mit Ausdauer verfolgte er hier das Ziel: Die in der Elektrotechnik zur Ausschaltung von Gefahren nötigen Vorschriften zusammenzustellen, sie von einer berufenen zentralen Fachstelle aus zu überwachen, sie ständig und zeitgemäß abzuändern und auszubauen und ihnen gesetzesmäßige Geltung zu verschaffen. In diesem Sinne hat er maßgebend mitgewirkt an der Ausarbeitung der „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Anlagen"; er war auch der berufene Mann, die Erläuterungen zu diesem „corpus juris" der Elektrotechnik zu schreiben und hat sich dieser Aufgabe in vorbildlicher Weise entledigt. Wie sehr seine Bestrebungen, die anfänglich erheblichen Widerständen begegneten, einem dringenden Bedürfnis entsprachen, kann daraus ersehen werden, daß seine Erläuterungen heute die 16. Auflage erreicht haben, und daß sie dem Ausland die Anregung gaben, Arbeiten gleicher Art in Angriff zu nehmen. Die Verleihung der Ehrenmitgliedschaft des VDE auf der diesjährigen Jahresversammlung in Aachen war die wohlverdiente Anerkennung seiner Leistungen.

Oft und in dankenswerter Weise hat Weber seine Arbeitskraft und sein Wissen in den Dienst des Elektrotechnischen Vereins gestellt: Er war 7 Jahre Schriftführer im Vorstande des Vereins, 3 Jahre Vorsteher des Hauptausschusses und 14 Jahre, bis zu seinem Tode, Ausschußmitglied. Er führte ferner den Vorsitz im Arbeitsausschuß für geschichtliche Arbeiten. Er war immer vom vollsten Vertrauen des Vereins getragen; die oftmalige Wiederwahl und langjährige Tätigkeit an sichtbaren Stellen des Vereins waren einerseits eine Anerkennung und Würdigung seiner Person und seiner Verdienste, wie sie sich andererseits segensreich für den Verein und dessen Gedeihen ausgewirkt haben.

Im persönlichen und gesellschaftlichen Verkehr offenbarte Weber ein Wesen, das ihm die Verehrung und Zuneigung aller derer sicherte, die das Glück hatten, mit ihm in nähere Berührung zu kommen. Er plauderte gern und anregend aus dem reichen Schatz seiner Erfahrungen, er hörte ebenso gern und interessiert zu, wenn ein anderer aus seinen Erinnerungen erzählte.

Der ideale Zug seines Wesens hat sich wohl am besten offenbart, als er, der damals 55 Jahre alt war, bei Ausbruch des Krieges freiwillig an die Front zog und als Pionieroffizier dem Vaterlande diente, bis ihn eine schwere und langwierige Krankheit zur Rückkehr in die Heimat zwang.

Geheimrat Weber gehörte zu jenen Männern, die es für ihre Pflicht zu halten scheinen, in den Sielen zu sterben, nachdem sie bis zum letzten Atemzug für die sich selbst gestellte Lebensaufgabe gewirkt haben.

Sein Leben, das reich war an Arbeit wie an Erfolg, an Saat wie an Ernte, sei ein Vorbild für die Mitglieder unseres Vereins, dem er 35 Jahre lang angehörte. Wir rechnen es uns zur Ehre an, das Andenken an ein solches Leben in steter Erinnerung zu halten und es als eine Art Erbe zu betreuen. Meine Damen und Herren! Sie haben sich zu Ehren des Toten von den Plätzen erhoben. Ich danke Ihnen. —

Seit der letzten ordentlichen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins sind 25 Neuanmeldungen eingegangen. Die Liste liegt hier zur Einsicht aus.

Die Vereinstätigkeit wird bis Weihnachten sehr rege sein. Im Fachausschuß für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken wird am 29. Oktober Herr Dipl.-Ing. Tama vortragen über „Die Verwendung von Kondensatoren zum Zwecke der Verbesserung des Leistungsfaktors in Starkstromnetzen unter besonderer Berücksichtigung der praktischen Erfahrungen bei den Hirsch, Kupfer- und Messingwerken A.G. in Finow/Mark".

Am 5. November wird im Fachausschuß für Installationstechnik Herr Oberingenieur Krüger vortragen über das Thema: „Der heutige Stand der Lichtreklame unter besonderer Berücksichtigung der Leuchtröhren".

Am 12. November wird im Fachausschuß für Elektromaschinenbau Herr Ing. Dr. E. Weber sprechen über die Frage: „Was ist Streuung und wie berechnet man sie?"

Im Ausschuß für elektrisches Nachrichtenwesen spricht am 19. November Herr Dipl.-Ing. Ritter über „Elektrische Chiffriermaschinen".

Am 27. November wird der Elektrotechnische Verein in Gemeinschaft mit der Heinrich-Hertz-Gesellschaft wieder eine Festsitzung veranstalten. Die Einladungen hierzu werden rechtzeitig ergehen.

Ich weise ferner darauf hin, daß am kommenden Montag, dem 28. Oktober, eine Vortragsreihe des Elektrotechnischen Vereins in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule beginnen wird, u. zw. über das Thema: „Funktionentheorie und ihre Anwendung in der Technik". Die einzelnen Vorträge werden von hervorragenden Fachleuten gehalten werden. Nähere Auskunft gibt die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins.

Des weiteren erinnere ich daran, daß am 8. November das „Fest der Technik" in sämtlichen Räumen des Zoologischen Gartens stattfinden wird. Dieses Fest, das sich einer steigenden Beliebtheit erfreut, wird von den tech-

[1] Der Pächter des Ratsweinkellers ist auf Grund des mit dem Magistrat abgeschlossenen Vertrags verpflichtet, als Getränk zunächst Wein zu geben; hinterher wird Bier verabreicht.

nisch-wissenschaftlichen Vereinen veranstaltet; sein Reingewinn wird zur Unterstützung notleidender Ingenieure verwendet. Auch aus diesem Grunde möchte ich zu einer regen Beteiligung einladen.

Wie Ihnen bekannt sein wird, finden gegenwärtig aus Anlaß des 50jährigen Jubiläums der elektrischen Glühlampe große Festlichkeiten in den V. S. Amerika statt, u. zw. zu Ehren unseres Ehrenmitgliedes Professor Edison. Wenn wir seiner und seiner großen Verdienste gedenken, wollen wir aber auch nicht vergessen, daß ein Deutscher, der Ingenieur Göbel aus Springe in der Provinz Hannover, breits im Jahre 1854 eine elektrische Glühlampe erfunden hat. Herr Direktor Dr. Finckh von der Osram-Gesellschaft hat sich in liebenswürdiger Weise bereit erklärt, die Verdienste Göbels und Edisons in einer Ansprache zu würdigen. Ich bitte Herrn Dr. Finckh das Wort zu nehmen.

Herr **Finckh:** „Goldenes Jubeljahr des Lichtes" haben die Amerikaner das Jahr 1929 getauft. Die amerikanischen Blätter und auch unsere Zeitungen haben über eine Reihe von Veranstaltungen berichtet, die aus diesem Anlaß veranstaltet wurden. Im goldenen Jubeljahr des Lichtes wollen die Amerikaner ihrer Freude Ausdruck geben über die mächtige Entwicklung der Elektrotechnik, die vor 50 Jahren von der elektrischen Glühlampe ihren Ausgang genommen hat. Gestern haben die Feste ihren Höhepunkt erreicht in einem Bankett, das Henry Ford seinem Freunde Edison gegeben hat, auf dem sich die Spitzen des Staates und der Wirtschaft, der Wissenschaft und der Industrie zusammenfanden. Sie feierten den Erfinder Edison und in ihm und mit ihm das goldene Jubiläum des Lichtes und die kulturelle und volkswirtschaftliche Bedeutung der Elektrizität. Was ist geschehen? Warum ist als Höhepunkt der Feier des goldenen Jubiläums des Lichtes gerade der gestrige Tag gewählt worden? Genau vor 50 Jahren brannte im Laboratorium Edisons in Monroepark bei New York eine Glühlampe mit einem Kohlefaden, der aus Papier hergestellt war. Es war nicht die erste Glühlampe, die in diesem Laboratorium brannte. Viele hundert Experimente hatte Edison schon während zweier Jahre angestellt. Lange Zeit hatte er schon mit einem anderen Material, u. zw. mit Platin gearbeitet und bemerkenswerte Ergebnisse erzielt. Auch war Edison durchaus nicht der einzige, der schon vor dem 21. Oktober 1879 Glühlampen gebaut hatte. In Amerika und England war an ihrer Herstellung gearbeitet worden. Wie umstritten unter diesen Umständen die Frage des Erfinders der Glühlampe war, zeigte sich schon daran, daß unmittelbar nach dem Erscheinen des Patentes, das sich auf die obenerwähnte Glühlampe bezieht, harte Kämpfe um die Priorität einsetzten, die in der alten und neuen Welt jahrelang andauerten. Trotzdem aber bleibt die Tatsache bestehen, daß jene Lampe, die vor 50 Jahren im Laboratorium aufleuchtete und nach 40 Stunden erlosch, den Ausgangspunkt der Beleuchtung durch Glühlampen und der Entwicklung der Starkstromindustrie bedeutete; es bleibt unbestritten, daß Edison alle Möglichkeiten, die in seiner Lampe lagen, erkannt und mit erfinderischem Blick und großer Energie durchgeführt hat.

Im Hinblick auf Edisons Verdienste an der Entwicklung der modernen Beleuchtung müssen wir noch einen Augenblick bei der Frage nach dem Erfinder verweilen. In dem Kampf um die Priorität, den Edisons Erfindung auslöste, tauchen in Amerika und England eine Reihe von Namen auf, von denen in Amerika

Sawyer — Man — Maxim,

in England

Swan

die meist genannten sind. Es würde viel zu weit führen, die dramatische Geschichte dieser Kämpfe, die sich hauptsächlich vor den Patentämtern abspielten, hier auch nur zu streifen. Der Streit ging darum, ob die genannten Männer schon ein Jahr vorher, als Edison sich noch mit Platinlampen beschäftigte, Glühlampen mit Kohle als Leuchtkörper hergestellt hatten. Diese Frage wurde bejaht, aber gleichzeitig Edisons Lampe als charakteristisch verschieden und damit patentwürdig bezeichnet. Merkwürdigerweise tauchte in diesen Kämpfen niemals der Name des Mannes auf, der schon 25 Jahre früher — also jetzt vor 75 Jahren — sich mit Glühlampen beschäftigt hatte. Niemand wußte, auch Edison nicht, daß schon im Jahre 1854 eine Lichtquelle geschaffen wurde, die man im Gegensatz zu noch früheren Experimenten nicht als physikalischen Apparat, sondern als wirkliche Glühlampe bezeichnen muß. Im Jahre 1848 war der aus Springe bei Hannover gebürtige Uhrmacher Heinrich Goebel nach Amerika ausgewandert und hatte sich schon in jungen Jahren neben anderen Problemen mit der elektrischen Beleuchtung beschäftigt, wozu er die Anregung schon in Deutschland empfangen hatte. Goebel war ein sehr geschickter Experimentator und Barometermacher. Wie es scheint durch Zufall, wurde er auf die stromleitenden Eigenschaften einer verkohlten Bambusfaser aufmerksam und, um ihr Verhalten beim Glühen zu beobachten, versah er sie mit angekitteten Stromzuführungen und schmolz die Drähte in, die Spitze einer Barometerröhre ein. In dieser Röhre erzeugte er das nötige Vakuum, um die Kohle vor der Verbrennung zu schützen, und schmolz das Ganze ab. So entstand seine erste Glühlampe. Die Lampe brannte einige hundert Stunden. Es ist nicht bekannt, wieviel Lampen Goebel hergestellt hat. Verkauft hat er sie nicht. Dagegen beleuchtete er das Schaufenster seines kleinen Ladens in New York mit diesen Lampen; diese Beleuchtung soll damals erhebliches Aufsehen erregt haben. Besonders originell ist eine andere Verwendungsart, die er seinen Lampen gegeben hat. Er hatte ein großes Fernrohr auf einem Wagen montiert und fuhr damit des Nachts durch die Straßen von New York, um die Wunder des Sternenhimmels zu zeigen. Auf diesem Wagen hatte er einige Lampen montiert, die er vom Bock aus bedienen konnte, und die gewissermaßen eine Reklamebeleuchtung für seine nächtliche Schaustellung bedeuteten. Goebel hat sich später mit anderen Dingen beschäftigt und ist auf die Glühlampe nicht mehr zurückgekommen. Den Versuch, sie weiter zu entwickeln, hat er nicht gemacht. Die großen Möglichkeiten, die in seiner Lampe schlummerten, hat er nicht erkannt. Es ist wahrscheinlich, daß seine Erfindung für immer der Vergessenheit anheim gefallen wäre, wenn nicht lange Jahre, nachdem die elektrische Beleuchtung schon herrschend war, ein Patentprozeß die Erinnerung an sie wieder geweckt hätte. Kurz bevor die Edison-Patente abliefen, verklagten im Jahre 1893 die Inhaber dieser Patente verschiedene Firmen in Amerika wegen Patentverletzung, darunter auch die Beacon Vacuum Pump and Electric Company in Boston. Hierbei geschah etwas sehr Unerwartetes. Die Firma behauptete, Edisons Patente nicht zu verletzen, weil sie nach dem Verfahren von Goebel arbeite. Goebel lebte noch. Goebel wurde aufgefordert, seine alten Versuche zu wiederholen — betriebsfähige Lampen aus der ersten Zeit existierten nicht mehr — und der Prozeß endete mit der Feststellung, daß Goebel schon 1854 brauchbare Lampen hergestellt hatte. Die spätere Forschung hat keine neuen Tatsachen zutage gefördert, und so muß man Goebel unbestritten als den ersten Hersteller einer Glühlampe bezeichnen. In dankbarer Erinnerung an diese Leistung Goebels hat der Elektrotechnische Verein Hannover vor einigen Wochen am Geburtshause Goebels in Springe eine Gedenktafel anbringen lassen und feierlich enthüllt.

Um Edisons Verdienste um die elektrische Beleuchtung zu würdigen, die Mißerfolge anderer Erfinder zu verstehen und um im besonderen einzusehen, daß Goebels Erfindung ihrer Zeit voraus geeilt und noch nicht in der Lage war, die Industrie zu befruchten, müssen wir uns in die Zeit von 1878 zurückversetzen und ein Bild vom damaligen Stande der Technik gewinnen. Im Jahre 1854 fehlte eine Kunst, die unbedingt beherrscht werden muß, wenn ein Leuchtkörper zum Glühen gebracht werden soll, der durch den Sauerstoff der Luft angegriffen wird. Goebel hat, wie schon erwähnt, seine Lampe in einem Barometer-Vakuum hergestellt. Mit Hilfe des Barometers kann man zwar ein Vakuum erzeugen, nicht aber es aufrecht erhalten, wenn es später verringert wird, z. B. durch Abgabe von Gasen, die aus dem Leuchtkörper stammen. Es fehlte zu Goebels Zeit die dazu nötige Pumpe. Erst 1865 erfand Sprengel die nach ihm benannte Pumpe; im Jahre 1878 verfügte man schon über einige andere mechanische Methoden, um ein gutes Vakuum herzustellen. So ist die Vakuumtechnik mit der Glühlampentechnik eng verbunden; es sei daran erinnert, daß in allerneuester Zeit die Herstellung von Sende- und Empfängerröhren erst möglich war, nachdem die Vakuumtechnik sich zur Hochvakuumtechnik weiter entwickelt hatte. Noch wichtiger ist die Frage der Stromquellen, die für die elektrische Beleuchtung zur Verfügung standen. Goebel mußte seine Lampen mit selbst hergestellten Primärelementen betreiben. Auf dieser Grundlage war eine elektrische Beleuchtung unmöglich. Im Jahre 1878 standen dagegen elektrische Stromquellen in beliebiger Stärke zur Verfügung. Seit Werner von Siemens 1866 das dynamoelektrische Prinzip entdeckt hatte, waren eine Reihe von Maschinentypen entstanden, von denen als die wichtigsten in Europa die von Siemens und Gramme, in Amerika die von Wallace, Weston, Hochhausen und Brush genannt seien. Als Verbraucher für diese Stromquellen kam in erster Linie die Bogenlampe in Frage. An Bogenlampen gab es, seit Foucault die erste tech-



nisch brauchbare Lampe hergestellt hatte, eine ganze Reihe von Typen. Die Bogenlampe hatte sich zu dieser Zeit schon ein erhebliches Gebiet erobert, insbesondere die Straßenbeleuchtung und die Fabrikbeleuchtung. Aber ihre Vorzüge und Nachteile waren so scharf zu erkennen, daß man die Grenze ihrer Verwendungsfähigkeit gegenüber ihrem Konkurrenten, dem Leuchtgas, deutlich voraussagen konnte. Eine Schwierigkeit, die den Bogenlampen anhaftete, nämlich daß sie sämtlich nur als Einzellampe brennen konnten, also jede einzelne von einer besonderen Maschine gespeist werden mußte, wurde gerade in diesen Jahren beseitigt. Auch die reine Parallelschaltung in einem Stromkreis war schon auf dem Wege. Aber einige andere Schwierigkeiten waren nicht zu beseitigen. Der Abbrand der Kohle verursachte große Bedienungskosten; vor allem war die Teilbarkeit bis herunter auf beliebig kleine Lichteinheiten nicht möglich. Dies war aber gerade der Vorzug der Gasbeleuchtung. Die Probleme der Beleuchtung mit Bogenlampen beschäftigten überall die Elektrotechniker.

Um diese Zeit, Anfang des Jahres 1878, begann Edison sich mit der Frage der elektrischen Beleuchtung zu beschäftigen. Seine Erfindungsgabe hatte er schon auf anderen Gebieten erprobt. Er hatte sich mit dem Telephon beschäftigt und den Phonographen erfunden. Für seine Art zu arbeiten ist charakteristisch, daß er sich sofort mit dem ganzen Problem der elektrischen Beleuchtung befaßte, in dessen Rahmen die Glühlampe nur eine Teilfrage vorstellt. Elektrotechnisch gesprochen sollte das System der Beleuchtung, das er aufbauen wollte, ganz bestimmte Voraussetzungen haben. Die Erzeugermaschine sollte, im Gegensatz zu den Bogenlampen, mit möglichst hoher Spannung arbeiten. Er erkannte ganz klar, daß hohe Spannung notwendig sei, um den Wirkungsgrad der Maschine hoch zu treiben und dadurch ihre Dimensionen verkleinern zu können. Die bis dahin gebräuchlichen Maschinen für Bogenlampen, die ja mit niedriger Spannung liefen, waren in dieser Beziehung sehr ungünstig. Im Stromkreis sollten alle Lampen parallelgeschaltet sein. Endlich sollte die nötige Regulierung der Spannung bzw. Stromstärke an der Maschine erfolgen und nicht, wie es vielfach üblich war, an den Verbraucherstellen. Diesen Forderungen an die Maschine mußten nun die Eigenschaften der Stromverbraucher, d. h. der Glühlampe, angepaßt werden. Wenn viele solcher Lampen in reiner Parallelschaltung brennen sollen, so war das erste Erfordernis, daß sie alle den gleichen Widerstand hatten. Mit Kohle als Leuchtkörper war diese Bedingung schwer zu erfüllen. Daher erklärt es sich, daß Edison seine ersten Versuche zur Herstellung von Glühlampen im Jahre 1878 nicht mit Kohle, sondern mit Platin angestellt hat. In einem aus Platin gezogenen Draht war die Bedingung gleichmäßigen Widerstandes verhältnismäßig leicht zu erfüllen. Viele hundert Experimente machte er, um brauchbare Platinlampen herzustellen. Er glaubte schon sehr weit zu sein, denn er untersuchte die Möglichkeiten der Beschaffung von Platin und sandte seine Agenten in die ganze Welt, um neue Fundstätten zu suchen. Aber er scheiterte schließlich an dem zu tiefen Schmelzpunkt des Platins. Wollte man überhaupt einigermaßen Licht von einer Platinlampe bekommen, so mußte man so nahe an den Schmelzpunkt des Platins herangehen, daß der Betrieb unsicher wurde. Heute wissen wir, daß andere Metalle, in erster Linie das Wolfram, einen so hohen Schmelzpunkt haben, daß man mit guter Lichtausbeute eine Lampe betreiben kann. Kurz entschlossen wendete Edison sich 1879 der Kohle zu. Nach vielen Versuchen landete er bei einem hufeisenförmigen Kohlefaden, der aus Karton geschnitten, mit Teer und Lampenruß bestrichen und verkohlt wurde. Ein solcher Faden brannte heute vor 50 Jahren in Edisons Lampe. Das Besondere dieser Lampe ist, daß an ihr Edison erkannte, daß er mit Kohle auf dem rechten Wege war; denn die Lampe brannte genügend lange, um die Hoffnung zu geben, auf dieser Grundlage eine technische Herstellung zu ermöglichen. Die Kohle verbrauchte etwa 5 W/K, eine Lichtausbeute, die den Wettbewerb mit dem Leuchtgas durchaus möglich erscheinen ließ. Außerdem hatte die Kohle im Gegensatz zu Platin den gewünschten hohen Widerstand, so daß der Leuchtkörper einerseits genügend klein war, anderseits günstig gebaute Stromerzeuger zu ihrem Betrieb verwendet werden konnten. Die äußere Form der Lampe war ganz ähnlich der uns heute noch vertrauten Form der Kohlefadenlampe. Sie hatte eine birnenförmige Glashülle, die Stromzuführung erfolgte durch zwei luftdicht in das Glas eingeschmolzene Platindrähte, an die der Kohlefaden angekittet war. An Stelle von Papier verwendete er sehr bald eine verkohlte Bambusfaser, die eine dichte Kohle von gleichmäßigem Widerstand gab. Mit der Glühlampe und der Maschine war aber das System der elektrischen Beleuchtung, wie es Edison sich dachte, durchaus noch nicht fertig. Ältere Glühlampen hatten meist zwei freie Drahtenden, die aus dem Glas herausragten, durch die die Frage der Verbindung mit dem Leitungsnetz noch nicht gelöst war. Edisons Lampe hatte sehr bald einen Schraubsockel, der heute noch unter dem Namen Edison-Sockel bekannt ist. Zu ihm gehört als entsprechendes Installationselement die Fassung. Die Frage der Installation der Glühlampe war überhaupt von Grund aus zu lösen, wenn, wie es Edison vorschwebte, die Lampe von Laien ausgewechselt werden sollte, ohne daß das elektrische System durch Brennen oder Nichtbrennen von Lampen beeinflußt wurde. Die Ausführung dieses Teiles seines Planes wurde in ganz hervorragender Weise unterstützt durch einen Mann, der sich um die deutsche Elektrotechnik große Verdienste erworben hat. S i g m u n d B e r g m a n n hatte in Amerika in Edisons Laboratorium gearbeitet. Als Edison Newark verließ, hatten sich die beiden getrennt. Bergmann hatte in New York eine eigene Fabrik aufgemacht. Edison übertrug ihm später die Herstellung des ersten verkaufsfertigen Modells des Phonographen. Auch bei der Einführung der Glühlampe arbeiteten beide Männer eng zusammen. Edison war Teilhaber der Bergmannschen Firma. Die Firma beschäftigte sich mit der Ausbildung des gesamten Installationsmaterials für die neue Glühlampe. Sockel und Fassung wurden schon erwähnt. Es wurden die Schalter entwickelt, von denen es sehr bald Hahnschalter, Druckknopf- und Hebelschalter gab. Die Isolierung der Drähte wurde durchgebildet. Die Anfänge des Bergmann-Rohres gehen auf jene Zeit zurück. Als weiteres wichtiges Element wurden die Sicherungen entwickelt. Dadurch wurde die Brandgefahr stark verringert, die bei den damaligen Anlagen für Bogenlampen nicht unerheblich war. Endlich mußten passende Armaturen und Beleuchtungskörper gebaut werden, von denen es sehr bald eine große Zahl von Modellen gab. So entstand durch die Anregung Edisons und den praktischen Blick Bergmanns in weniger als vier Jahren ein geschlossenes Installationssystem, das die Verwendung der Glühlampe unter den verschiedenartigsten Verhältnissen gestattete. Es wurde ergänzt durch die Erfindung eines elektrolytischen Stromzählers durch Edison.

Edisons Energie in dem Ausbau seiner Erfindung war ebenso groß wie sein Glaube an die Bedeutung derselben. Durch Inanspruchnahme der Zeitungen sorgte er sehr lebhaft für das Bekanntwerden seiner Lampe. Da er wirklich alles vorausgesehen und vorbereitet hatte, was für ihre Entwicklung notwendig war, so fand er auch sehr bald die Geldgeber, die die technische Verwertung der Erfindung übernahmen. Nicht nur technisch ist die Erfindung der Edison-Lampe außergewöhnlich schnell gefördert worden, auch wirtschaftlich ist sie unerhört rasch in alle Länder der Erde gedrungen. 1880 stellte Edison die erste Lampe fabrikmäßig in einer von ihm gegründeten Gesellschaft her. Sein erster Auftrag war die Beleuchtung des Dampfers „Columbia", der am 2. V. 1880 zum erstenmal elektrisch beleuchtet wurde. Der leitende Ingenieur berichtete, daß die ersten Lampen mit den erwähnten Leuchtkörpern aus Papier recht schlecht waren, daß aber die bald darauf gelieferten Lampen mit Leuchtkörpern aus Bambusfasern, zu denen Edison übergegangen war, gute Ergebnisse geliefert hätten. Die erste Zentrale, die er in New York erbaute, kam am 4. IX. 1882 in Betrieb. Sie umfaßte 85 Häuser mit 2300 Lampen, die zwei Jahre später auf 500 Häuser mit 11 000 Lampen ausgebaut wurde. Zu dieser Zeit brannten in Amerika 307 Anlagen mit 59 000 Lampen. Abgesehen davon baute Bergmanns Gesellschaft viele Anlagen für alle möglichen Zwecke, u. zw. nicht nur in Amerika, sondern auch in England und auf dem Kontinent. Auf dem Kontinent waren Edison-Lampen zum ersten Male auf der Pariser Weltausstellung 1881 erschienen, wo sie das Interesse aller europäischen Elektrotechniker erweckten, jedoch noch sehr verschieden beurteilt wurden. Dort sah auch E m i l R a t h e n a u die Lampen, erkannte sofort ihre Bedeutung und trat in Beziehungen zu dem Inhaber der amerikanischen Edison-Patente. 1882 ließ er eine Probebeleuchtung in der Wilhelmstraße ausführen. 1883 fand die Gründung der Deutschen Edison-Gesellschaft statt, aus der, wie bekannt, die AEG hervorging. Hauptarbeitsgebiet der Deutschen Edison-Gesellschaft war in den ersten Jahren die Herstellung von Glühlampen und die Einrichtung vollständiger Beleuchtungsanlagen nach Edison. Normale Anlagen zu jener Zeit waren solche von 2, 5, 8, 18 und 32 PS; letztere konnten 255 Lampen zu 16 Kerzen aufnehmen. Werner von Siemens erhielt die ersten Nachrichten über die Glühlampe nicht von Edison sondern über England von Swan. Eigene Versuche, Glühlampen herzustellen, führten nicht zu dem gewünschten Erfolg, so daß, als Siemens & Halske 1883 die Fabrikation von Glühlampen aufnahm, auch diese unter Edison-Patenten hergestellt wurden.

Ähnlich rasch ist die Entwicklung in anderen Ländern gewesen. Von der Aufregung, die damals die elektrische Beleuchtung, u. zw. sowohl die Bogenlampe wie die Glühlampe, in den Kreisen der Elektrotechnik und der Finanzwelt hervorrief, kann man sich heute schwer mehr einen Begriff machen. Hunderte von Erfindungen und Verbesserungen tauchten auf, mußten geprüft, eingeführt oder verworfen werden. Ihre patentrechtliche Bedeutung mußte geklärt werden; schließlich wollte die Finanzwelt wissen, ob sie der Erfindung Geld anvertrauen könnte. Werner von Siemens spricht 1878 in einem Briefe an Prof. Schellen in Köln von einem wahrhaft entsetzlichen elektrischen Beleuchtungsgetümmel. Im Mittelpunkt der ganzen Bewegung stand der Name Edisons; mehr und mehr wurde klar, daß der Weg, den er sich für die Entwicklung vorgenommen, der richtige war. Die Bedeutung seiner Erfindung kann nicht treffender charakterisiert werden, als durch das Urteil der beiden Männer, die schon erwähnt worden sind und die in ganz besonderem Maße mit der Entwicklung verflochten waren. W a l t e r R a t h e n a u urteilt schon 1881: „Trotz beachtenswerter Resultate, welche mit elektrischem Bogenlicht bisher erzielt wurden, tritt die Unzulänglichkeit des letzteren für Zwecke des häuslichen und gewerblichen Lebens sowie die Notwendigkeit immer mehr hervor, das elektrische Licht mit Eigenschaften auszustatten, welche alle Vorteile der vorhandenen Beleuchtungsarten aufwiegen und die mit letzteren verbundenen Nachteile beseitigen, mit anderen Worten: Elektrisches Licht muß annähernd Form und Verwendungsweise des Gaslichtes — als der bisher vorteilhaftesten Beleuchtungsart — annehmen.

Dieser Bedingung konnte das Bogenlicht nicht entsprechen, weil es an Mitteln fehlt, die intensiven Lichtquellen durch Teilung jeder Verwendungsweise anzupassen, weil ferner Gefahren mit den hochgespannten Strömen verbunden und die zur Erzeugung der letzteren dienenden Apparate wegen komplizierter Mechanismen häufigen Störungen ausgesetzt waren. Unter solchen Umständen muß Edisons System, welches alle Vorzüge vorhandener Beleuchtungen in potenziertem Maße besitzt und frei von den jenen anhaftenden Fehlern und Mängeln uns entgegentritt, als epochemachendes Ereignis betrachtet werden.

Um der Glühlampe die allgemeine Verbreitung zu verschaffen, zu welcher sie entschieden berufen ist, richtete Edison sein nächstes Ziel auf Anlage von Zentralstellen zur Erzeugung des elektrischen Stromes und auf Konstruktion der Leitungen zur Verteilung desselben an die einzelnen Lampengruppen. Auch in diesem Teil der glänzend gelösten Aufgabe schmiegte er sich gebräuchlichen Einrichtungen der Gasbeleuchtung innig an, wie beispielsweise die Apparate zur Messung der verbrauchten Elektrizitätsmengen erkennen lassen, die nach Art von Gasuhren konstruiert sind." — Und Werner von Siemens schreibt in einem Briefe aus dem Jahre 1886 — nachdem er in demselben Briefe auseinandergesetzt hat, daß sein Urteil sich erst allmählich gebildet habe —: „Edison hat durch neue Hilfsmittel und richtige Kombination einen bis dahin nicht vorhandenen technisch verwertbaren Gegenstand — die Edison-Glühlampe — geschaffen. Die Erfindungsgedanken, welche ihn leiteten, sind:

1. Die Herstellung der notwendigen dünnen und dabei hinlänglich festen Kohlefäden durch organisch hocherhitzte Faser.
2. Der vollkommen hermetische Einschluß derselben.
3. Das möglichst absolute Vacuum zur Beseitigung der Verstäubung.

Diese allein zum Ziele führende Kombination existierte vor Edison nicht. Es würde also unrecht sein, ihn nicht im Besitze seines Patentrechtes zu schützen. Mögen daher die Einzelheiten der Erfindung schon teilweise oder auch ganz bekannt gewesen sein, die praktisch brauchbare Edison-Lampe ist durch ihn zuerst in die Welt gekommen, ist also seine Erfindung."

Edison ist heute 82 Jahre alt.. In Anerkennung seiner Verdienste um die Entwicklung der elektrischen Beleuchtung hat der Elektrotechnische Verein ihn schon vor langen Jahren zu seinem Ehrenmitglied ernannt. Es ist bekannt, daß die weitere Entwicklung der Glühlampenbeleuchtung noch einmal einen Aufenthalt erfahren hat dadurch, daß das Leuchtgas als Gasglühlicht etwa um die Jahrhundertwende noch einmal in Konkurrenz mit ihr trat. Der Ersatz des verhältnismäßig viel Strom verbrauchenden Kohlefadens durch wirkungsvollere Leuchtkörper hat dann diese Konkurrenz wieder beseitigt. In den letzten 25 Jahren hat über die Nernstlampe, die Tantallampe, die Osmiumlampe und endlich die Wolframlampe die Glühlampenbeleuchtung die beherrschende Stellung erworben. Glanzvoll in der Menge, zweckmäßig in der Anwendung und billig erstrahlt heute das elektrische Licht überall, wo es gilt, das Tageslicht zu ersetzen. Jeder Wunsch einer besonderen Beleuchtung kann heute spielend erfüllt werden. Goldenes Jubiläum des Lichtes nennen die Amerikaner die Zeit, in der sie diesen Siegeszug der elektrischen Beleuchtung feiern. In den Mittelpunkt des Erinnerns stellen sie stolz ihren Mitbürger und Erfinder Edison, aus dessen Händen vor 50 Jahren die Edison-Lampe hervorging. Auch wir haben alle Veranlassung, uns dankbar dieser Zeit und des Mannes zu erinnern, der durch seinen technischen Weitblick diesen Siegeszug eingeleitet hat. Unbestritten erstrahlt der Ruhm Edisons als des Mannes, der den neuen Weg eröffnet hat, des Mannes, der durch seine Erfindung Tausenden und Tausenden von Menschen Arbeit gegeben und die Schaffung wirtschaftlicher Werte von ungeheurem Umfang eingeleitet hat.

Vorsitzender: In Ihrer aller Namen danke ich Herrn Dr. Finckh herzlich für seine ausgezeichneten Worte. Ihr reger Beifall hat gezeigt, daß er Ihnen aus dem Herzen gesprochen hat. Die Festlichkeiten zu Ehren Edisons in Amerika haben, wie Sie bereits hörten, gestern ihren Höhepunkt erreicht. Ich habe aus diesem Anlaß am 20. Oktober folgendes Telegramm an Edison abgesandt:

> „Anläßlich des Glühlampenjubiläums sendet der Elektrotechnische Verein seinem hochverehrten Ehrenmitgliede die herzlichsten Glückwünsche. Der Verein wird gemeinsam mit befreundeten Gesellschaften in einer besonders feierlichen Sitzung am 22. Oktober der unvergänglichen Verdienste seines Ehrenmitglieds um die Entwicklung der Glühlampentechnik gedenken."

Ich darf hoffen, daß die Gefühle, die aus diesem Telegramm sprechen, von Ihnen allen geteilt werden.

(Lebhafte Zustimmung.)

Wir kommen nun zum dritten Gegenstand der Tagesordnung, zu dem Vortrag des Herrn Professor Dr. P i r a n i über: „Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren." — Ich erteile Herrn Professor Dr. Pirani das Wort.

Der von interessanten Versuchen begleitete Vortrag löst lebhaften Beifall aus.

Vorsitzender: Meine Damen und Herren! Es bleibt mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Pirani für seinen außerordentlich interessanten und lichtvollen Vortrag unseren herzlichsten Dank auszusprechen. Sie haben es bereits getan durch den lebhaften Beifall, den Sie ihm gespendet haben.

Neuanmeldungen zum Elektrotechnischen Verein e. V.

B e c k e r t , Heinrich, Dipl.-Ing., Dessau
B o j a c k , Martin, Ingenieur, Falkenhain
B o r m a n n , Elisabeth, Dr. phil., Bln.-Charlottenburg
v. B o r r i e s , Bodo, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
D i l l e n b e r g e r , Justin, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
D o h m e n , Karl, Oberpostrat, Bln.-Steglitz
E h r h a r d t , Fritz, Ingenieur, Berlin
H o f f m a n n , Karl, Telegrapheninspektor, Bln.-Tempelhof
H o f m a n n , Werner, Dipl.-Ing., Bln.-Siemensstadt
H o l z k n e c h t , Willy, Ingenieur, Bln.-Charlottenburg
I s h i k a w a , K., Elestroing., Berlin
J e s c h k o w s k y , Herbert, Ingenieur, Bln.-Treptow
K l o n i n g e r , Johannes, Konstrukteur, Berlin
L i n k e , Alwin, Ingenieur, Bln.-Karlshorst
L o m o s i k , Georg, Ingenieur, Bln.-Tegel
M a t e r n , Kurt, Techniker, Berlin
M o r a j n e , Fischel, Dipl.-Ing., Berlin
P e u g l e r , Hans, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg
P i c k e n p a c k , Hans, Dipl.-Ing., Berlin
R u d o l p h , Wilhelm, Ingenieur, Wien-Gesthof
S e e m a n n , Fritz, Dipl.-Ing., Bln.-Oberschöneweide
S e m m , Alfred, Postrat, Dr., Bln.-Steglitz
S c h a a f , Heinrich, Dipl.-Ing., Zeuthen i. d. Mark
S t u h l m a n n , Harry, Elektroing., Berlin
Z i e g l e r , Hanns-Joachim, Dipl.-Ing., Bln.-Charlottenburg

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. S c h m i d t.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

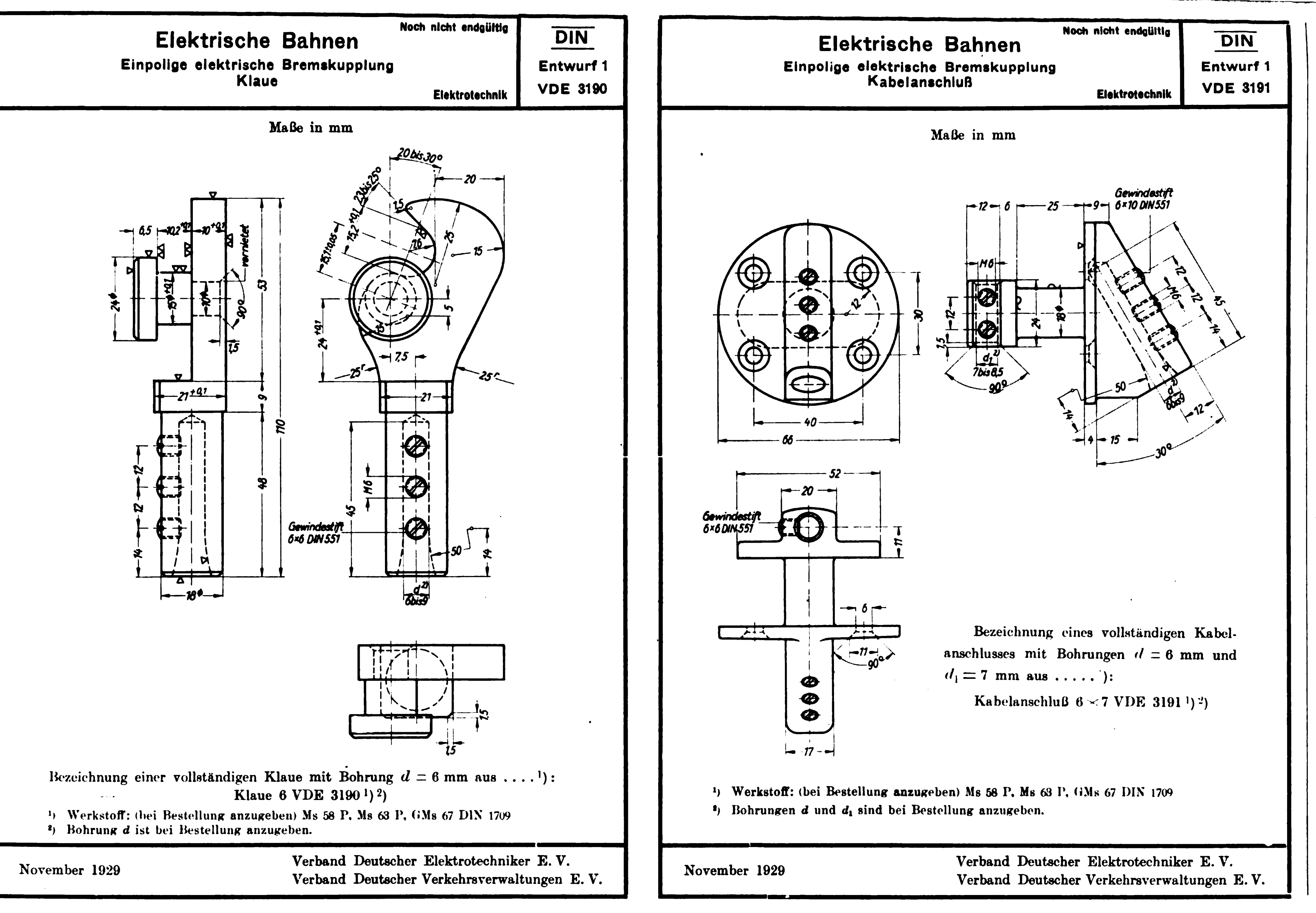
(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Bahnwesen.

Die Kommission veröffentlicht nachstehend folgende von der Normgruppe „Bahnen" des Zentralverbandes der deutschen elektrotechnischen Industrie aufgestellte Normblattentwürfe:





Elektrische Bahnen

Einpolige elektrische Bremskupplung
Klaue

Noch nicht endgültig — Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 3190

Maße in mm

Bezeichnung einer vollständigen Klaue mit Bohrung $d = 6$ mm aus ....[1]):
Klaue 6 VDE 3190 [1]) [2])

[1]) Werkstoff: (bei Bestellung anzugeben) Ms 58 P, Ms 63 P, GMs 67 DIN 1709
[2]) Bohrung *d* ist bei Bestellung anzugeben.

November 1929 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. / Verband Deutscher Verkehrsverwaltungen E. V.

Elektrische Bahnen

Einpolige elektrische Bremskupplung
Kabelanschluß

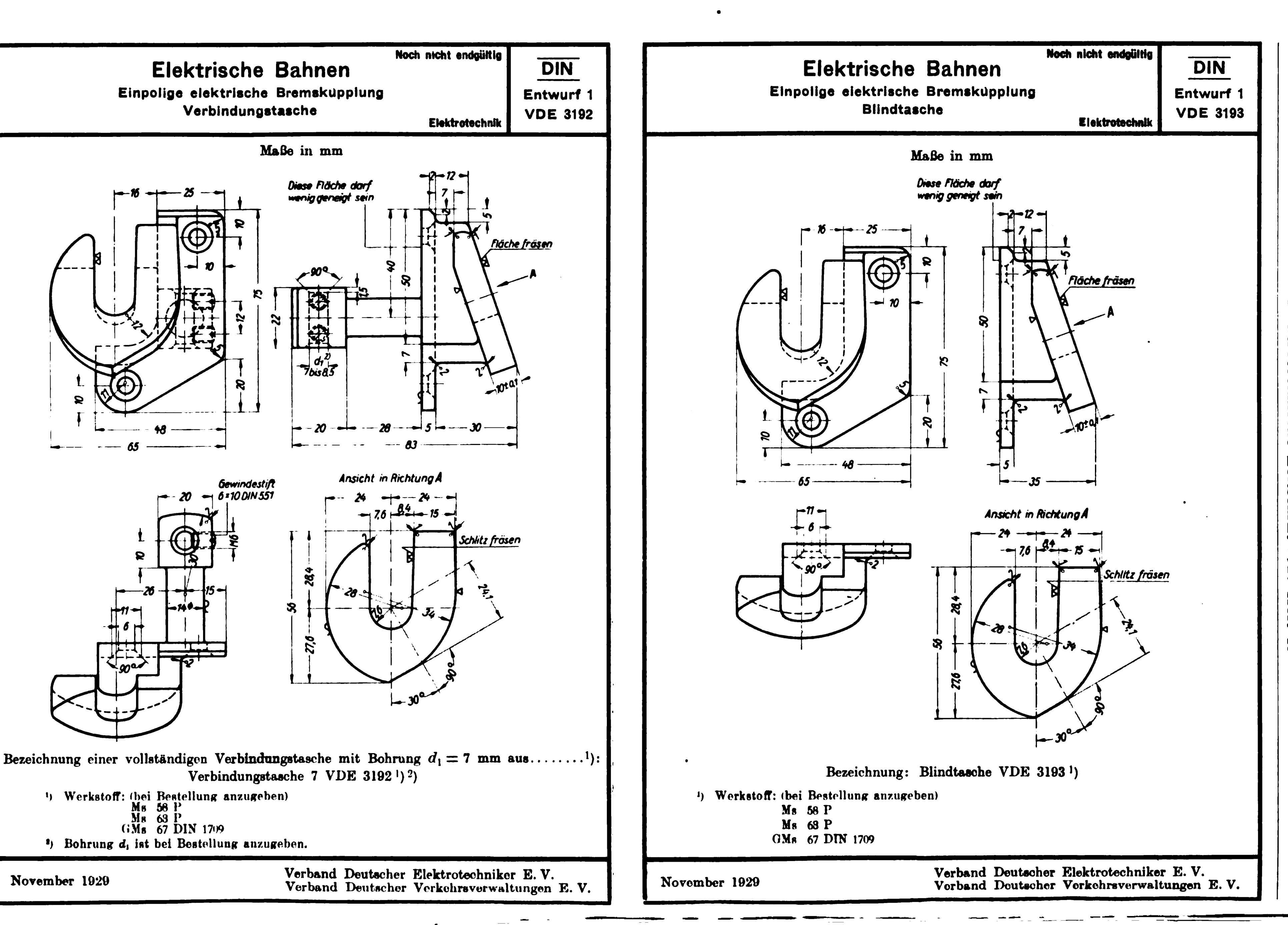
Noch nicht endgültig — Elektrotechnik — DIN Entwurf 1 VDE 3191

Maße in mm

Bezeichnung eines vollständigen Kabelanschlusses mit Bohrungen $d = 6$ mm und $d_1 = 7$ mm aus .....[1]):
Kabelanschluß 6×7 VDE 3191 [1]) [2])

[1]) Werkstoff: (bei Bestellung anzugeben) Ms 58 P, Ms 63 P, GMs 67 DIN 1709
[2]) Bohrungen *d* und d_1 sind bei Bestellung anzugeben.

November 1929 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. / Verband Deutscher Verkehrsverwaltungen E. V.



Elektrische Bahnen

Einpolige elektrische Bremskupplung
Verbindungstasche

Noch nicht endgültig — Elektrotechnik

DIN Entwurf 1 VDE 3192

Maße in mm

Bezeichnung einer vollständigen Verbindungstasche mit Bohrung $d_1 = 7$ mm aus........[1]):
Verbindungstasche 7 VDE 3192 [1]) [2])

[1]) Werkstoff: (bei Bestellung anzugeben)
Ms 58 P
Ms 63 P
GMs 67 DIN 1709

[2]) Bohrung d_1 ist bei Bestellung anzugeben.

November 1929 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Verband Deutscher Verkehrsverwaltungen E. V.

Elektrische Bahnen

Einpolige elektrische Bremskupplung
Blindtasche

Noch nicht endgültig — Elektrotechnik

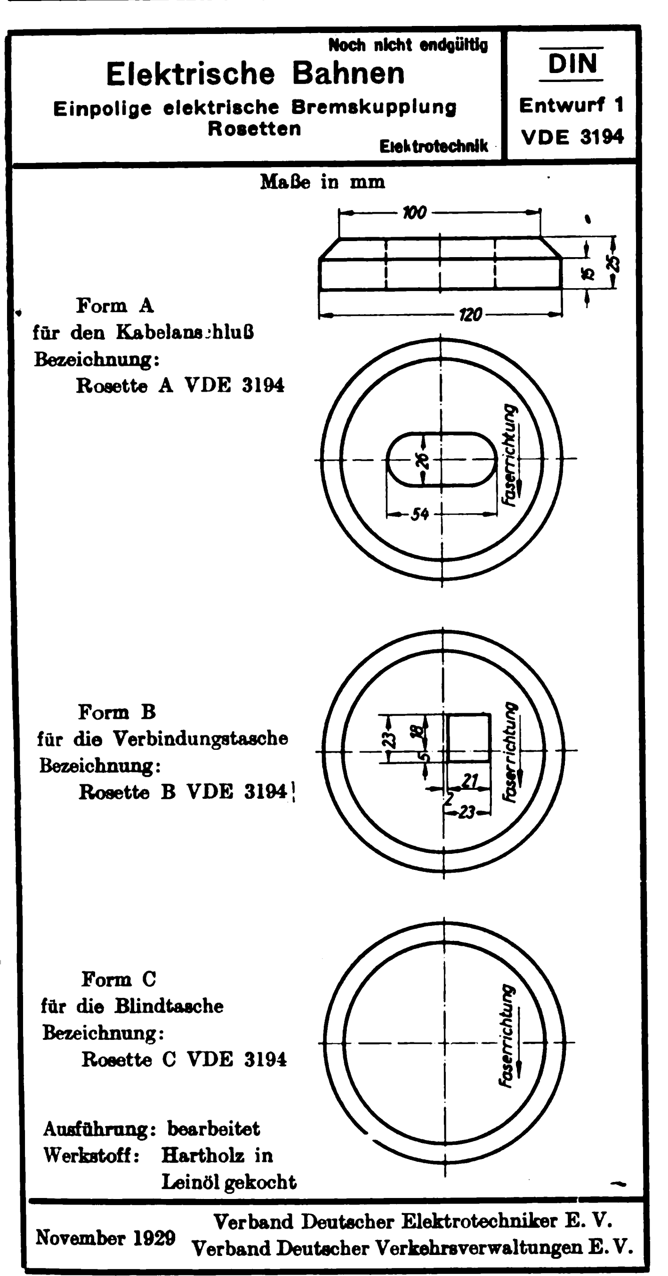
DIN Entwurf 1 VDE 3193

Maße in mm

Bezeichnung: Blindtasche VDE 3193 [1])

[1]) Werkstoff: (bei Bestellung anzugeben)
Ms 58 P
Ms 63 P
GMs 67 DIN 1709

November 1929 — Verband Deutscher Elektrotechniker E. V. Verband Deutscher Verkehrsverwaltungen E. V.


Noch nicht endgültig

Elektrische Bahnen

Einpolige elektrische Bremskupplung
Rosetten

Elektrotechnik

DIN
Entwurf 1
VDE 3194

Maße in mm

Form A
für den Kabelanschluß
Bezeichnung:
Rosette A VDE 3194

Form B
für die Verbindungstasche
Bezeichnung:
Rosette B VDE 3194

Form C
für die Blindtasche
Bezeichnung:
Rosette C VDE 3194

Ausführung: bearbeitet
Werkstoff: Hartholz in Leinöl gekocht

November 1929 Verband Deutscher Elektrotechniker E. V.
Verband Deutscher Verkehrsverwaltungen E. V.

DIN VDE 3190, Elektrische Bahnen, einpolige elektrische Bremskupplung, Klaue.
DIN VDE 3191, Elektrische Bahnen, einpolige elektrische Bremskupplung, Kabelanschluß.
DIN VDE 3192, Elektrische Bahnen, einpolige elektrische Bremskupplung, Verbindungstasche.
DIN VDE 3193, Elektrische Bahnen, einpolige elektrische Bremskupplung, Blindtasche.
DIN VDE 3194, Elektrische Bahnen, einpolige elektrische Bremskupplung, Rosetten.

Einsprüche gegen diese Entwürfe sind in doppelter Ausfertigung bis zum 30. Dezember 1929 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 26. XI. 1929, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Lichtbildervortrag Dipl.-Ing. Blänsdorf „Zunahme der Leistungen, Drücke, Temperaturen und Spannungen der Dampfturbosätze".

Elektrotechn. Verein Leipzig. 26. XI. 1929, abds. 8 h, Hotel Sachsenhof: Lichtbildervortrag Dir. Gruber, „Das Problem der Energieaufspeicherung in der Elektrizitätswirtschaft."

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 22. XI. 1929, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Vortrag Dir. Probst, „Die Schalteinrichtungen des 600 000 kW-Großkraftwerks Buenos-Aires im Vergleich mit den Großkraftwerken Deutschlands, Englands ,-Frankreichs und Nordamerikas".

Württ. Elektrotechn. Verein, Stuttgart. 24. XI. 1929, vorm. 11 h, Stuttgarter Planetarium: Sonderveranstaltung, u. a. Vorführung des Foucaultschen Pendelversuchs.

Röntgen-Vereinigung und Ärztlicher Verein für Strahlenkunde, Berlin. 28. XI. 1929, abds. 8 h, Hörsaal des Inst. f. Strahlenforschung, Berlin, Luisenplatz 7: a) Vortrag Schneider, „Die biologische u. physikal. Dosierung in ihrer prakt. Bedeut. für die Röntgentherapie". b) Vortrag Peus, „Demonstration von Thoraxbildern bei Lymphogranulomatose". c) Vortrag H. Behnken, „Dosimetrische Untersuch. über Röntgenstrahlenschutz u. Strahlenschutzröhren".

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 22. XI. 1929, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. Universität, Reichstagsufer 7—8: a) Vortrag P. Pringsheim, „Über den Einfluß von Fremdgasen auf die Absorption der Resonanzlinie in Quecksilberdampf". b) Vortrag F. Simon, „Beschreibung einer Anlage zur Erzeugung sehr tiefer Temperaturen. Die spezifischen Wärmen der Wasserstoffmodifikationen im festen Zustande von 2 ° abs. aufwärts."

Hannoversche Hochschulgemeinschaft. 29. u. 30. XI. 1929: 11. Hannoverscher Hochschultag. U. a. 30. XI. 1929, nachm. 4 h, Hörsaal 151 der T. H.: Vortragsfolge: „Die deutsche Elektrowirtschaft". a) Prof. G. Dettmar, „Die Elektrizitätsversorgung Deutschlands". b) Generaldir. M. Krone, „Die Elektrizitätsverteilung". c) Generaldir. A. Bannwarth, „Bau neuzeitl. Großkraftwerke".

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Ein neuer Weg zur Begrenzung hoher Kurzschlußströme.

Die Darlegungen von Dr.-Ing. KÜPPERS (ETZ 1929, S. 674) über die Begrenzung von Kurzschlußströmen durch Wirkwiderstände, die ihren Widerstandswert stark mit der Temperatur steigern, kommen zu dem Ergebnis, daß derartige Widerstände gegenüber Drosselspulen nur den einzigen, im allgemeinen aber vollständig bedeutungslosen Nachteil etwas höherer Verluste bei Nennbetrieb hätten. Diese Behauptung scheint mir einen wichtigen Gesichtspunkt zu übersehen.

Die Drosselspule gestattet, für einen durch die zulässige Kurzschlußstromstärke gegebenen Widerstandswert die zulässige Einschaltdauer in weiten Grenzen durch Änderung des Kupferquerschnitts willkürlich zu wählen. Bei dem temperaturabhängigen Widerstand besteht diese Freiheit nicht, die zulässige Kurzschlußstromstärke bedingt vielmehr die zulässige Einschaltdauer. Dies begrenzt die Verwendbarkeit solcher Widerstände in gewissem Umfange.

Will man z. B. in einem größeren Verteilungsnetz die Kurzschlußstromstärken in üblicher Weise durch Einbau solcher Widerstände in die Speiseleitungen begrenzen, so muß man damit rechnen, daß die Ölschalter etwa bei den Anschlüssen der Stromabnehmer mit unverzögerter Auslösung versehen sind, daß aber von dort aus bis zum Speiseleitungschalter unter Umständen mehrere Ölschalter hintereinanderliegen, deren Auslösezeiten zur Erzielung selektiver Abschaltung gestaffelt sind. Es ergibt sich dann ohne weiteres für den Speiseleitungschalter eine Auslöseverzögerung, die zehnmal so groß, wenn nicht größer sein kann als bei dem unverzögert auslösenden Schalter. Der Widerstand muß nun so bemessen werden, daß er in der Eigenzeit von beispielsweise 0,3 s des unverzögert auslösenden Schalters eine Temperatur erreicht, die den Kurzschlußstrom auf den für diesen Schalter zulässigen Wert herabsetzt. Nach den Mitteilungen von Dr.-Ing. KÜPPERS kommt dafür eine Temperatur in der Gegend von 800 ° in Betracht. Tritt nun ein Kurzschluß in der Speiseleitung auf, deren Ölschalter mit einer Verzögerung von beispielsweise 3 s ausgelöst wird, so würde der Widerstand diese Belastung von zehnfacher Dauer zweifellos nicht vertragen und schmelzen.

Ähnliche Schwierigkeiten ergeben sich, wenn man mit der Möglichkeit rechnen muß, daß mehrmals kurz hintereinander auf einen Kurzschluß geschaltet wird.

Diese enge Verknüpfung von zulässiger Kurzschlußstromstärke und Einschaltdauer, die nur einen geringen Spielraum gewährt, muß bei der Anwendung des neuen

Schutzmittels, das im übrigen zweifellos sehr wertvoll und vielseitig anwendbar sein dürfte, stets im Auge behalten werden.

Mannheim, 10. V. 1929. Dipl.-Ing. A. Groß.

Erwiderung.

Die Behauptung des Herrn Dipl.-Ing. GROSS, daß bei dem temperaturabhängigen Widerstand die zulässige Kurzschlußstromstärke die zulässige Einschaltdauer bedinge, ist in dieser Form nicht ganz zutreffend. Auch der temperaturabhängige Widerstand gestattet durch Änderung des Querschnittes eine sehr weitgehende Beeinflussung der zulässigen Einschaltdauer. Allerdings steht letztere in einem bestimmten Verhältnis zu der für die Erreichung der Schutzwirkung erforderlichen Mindestzeit, die ihrerseits wieder durch die Auslösezeit der zu schützenden Schalter bedingt ist.

Auf S. 677 habe ich schon nachgewiesen, daß die Schutzwirkung ohne weiteres innerhalb einer Zeit erreichbar ist, die nur etwa den zehnten Teil derjenigen ausmacht, die dem Widerstand ohne Gefahr des Durchbrennens zugemutet werden kann. Das entspricht also schon den Erfordernissen des von Herrn GROSS angeführten Beispieles. Darüber hinaus besteht aber noch die Möglichkeit, durch Änderung des normalen Spannungsabfalls das Verhältnis zwischen Schutzwirkungszeit und zulässiger Einschaltdauer sehr weitgehend zu verbessern. Es macht keine Schwierigkeit, innerhalb wirtschaftlicher Grenzen dieses Verhältnis auf 1 : 20 bis 1 : 25 zu steigern.

Es fragt sich nur, ob eine derartige Verlängerung der Einschaltdauer praktisch notwendig ist. Man soll das zur Begrenzung des Kurzschlußstromes dienende Schutzmittel (Drosselspule oder Widerstand) nach Möglichkeit immer dahin legen, wo es für die geringstmögliche Durchgangsleistung bemessen werden kann, denn da hat es die größte Schutzwirkung. Der Schutzwiderstand gehört also in dem von Herrn GROSS betrachteten Beispiel nicht in die mehrere Unterverteilungen beliefernde Hauptspeiseleitung, sondern er gehört vor oder hinter den letzten Abzweigschalter, der die eigentlich zu schützenden Schalter mit Strom versorgt. Für diese Einbauweise lassen sich aber Wirkungszeit und Einschaltdauer mit Leichtigkeit auf die erforderlichen Werte bringen.

Daß die neuen Begrenzungswiderstände bei ihrer Billigkeit gerade ihren Einbau in Abzweige kleiner Leistung gestatten, ist m. E. ein großer Vorteil. Daß ihr Anwendungsgebiet nicht allumfassend sondern in gewisser Weise beschränkt ist, habe ich in meiner Arbeit selbst bereits erwähnt. Diese Beschränkung habe ich allerdings nicht, wie Herr Dipl.-Ing. GROSS wünscht, als besonderen Nachteil gekennzeichnet.

Die von Herrn GROSS ferner befürchteten Schwierigkeiten bei einem mehrmals kurz hintereinander erfolgenden Einschalten auf Kurzschluß sind m. E. praktisch ohne erhebliche Bedeutung. Es ist doch wohl allgemein üblich, daß nach einem selbsttätigen Auslösen eines Schalters bis zum Wiedereinschalten stets eine gewisse Zeit (meistens einige Minuten) gewartet wird. Diese Zeit genügt für die Begrenzungswiderstände vollauf zur ausreichenden Abkühlung, da sie ja ohnehin schon eine sehr geringe Masse bei großer Abkühlungsoberfläche besitzen. Demgegenüber bedarf eine Drosselspule einer viel längeren Abkühlungszeit. Sie würde also, wenn wirklich mehrmals kurz hintereinander auf einen Kurzschluß geschaltet wird, die für sie gefährliche Temperaturgrenze u. U. sogar leichter erreichen können, als der Eisenwiderstand. Dabei sei aber nochmals daran erinnert, daß bei einer vorkommenden Zerstörung einer Drosselspule stets ein viel größerer Wert verloren geht, als wenn die billigen und leicht ersetzbaren Eisenbänder des Begrenzungswiderstandes durchbrennen.

Selbstverständlich will ich nicht behauptet haben, daß die Eisenwiderstände überall und in jeder Beziehung der Drosselspule überlegen seien. Die Drosselspule wird ihr Feld für große Durchgangsleistungen, hohe Spannungen und besonders lange Einschaltzeiten stets behaupten. In vielen Fällen kann es auch durchaus zweckmäßig sein, beide Schutzmittel gleichzeitig anzuwenden. Das hängt stets von den jeweiligen Betriebsverhältnissen ab. Immerhin ergibt sich aber für das neue Schutzmittel ein sehr umfangreiches Anwendungsgebiet, innerhalb dessen es gegenüber der Drosselspule wesentliche Vorteile für sich beanspruchen kann.

Kassel-Wilhelmshöhe, 28. VI. 1929.

Dr.-Ing. K. Küppers.

Die Stromversorgungsanlagen der Deutschen Reichspost.

Die auf S. 1254 der ETZ d. J. erwähnten Argonal-Gleichrichter sind von unserer Firma ausgeführt und geliefert worden.

Berlin, 29. X. 1929.

Deutsche Telephonwerke u. Kabelindustrie Aktiengesellschaft.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die Bildtelegraphie. Von Dipl.-Ing. G. Fuchs. 2. erw. Aufl. Mit 37 Abb., 2 Taf. u. 144 S. in gr. 8°. Verlag von Georg Siemens, Berlin 1928. Preis geh. 6 RM; geb. 7,50 RM.

Gegenüber der ersten, im Jahre 1926 erschienenen Auflage, welche auf S. 38 der ETZ d. J. besprochen wurde, weist die vorliegende zweite Auflage, entsprechend den bedeutenden Fortschritten der Bildtelegraphie in den letzten Jahren, Erweiterungen auf, die auf diese Fortschritte Rücksicht nehmen. Der Abschnitt über die lichtelektrischen Zellen und die auf der Verwendung von lichtelektrischen Zellen beruhenden Sendemethoden ist einer durchgreifenden Umarbeitung unterzogen worden, die Abtastung im diffus reflektierten Lichte ist neu hinzugekommen. Die Fortschritte in der Synchronisierung werden in dem neu hinzugekommenen Abschnitte VI: Die jüngste Entwicklung der Bildtelegraphie (1925 ... 1928) S. 139 ... 141 in sehr prägnanter Weise charakterisiert. Es ist erfreulich, daß der Verfasser die Zukunftsaufgaben der Bildtelegraphie, im besonderen das elektrische Fernsehen, mit der kritischen Lupe des Fachmannes, nicht mit dem vielen Journalisten eigenen Optimismus betrachtet. Wenn auch ein Fernsehen grober Bilder schon jetzt mit Hilfe verhältnismäßig einfacher Mittel möglich ist, sind wir von einem wirtschaftlichen Fernsehen noch sehr weit entfernt: für ein solches Fernsehen müssen noch Probleme der Telegraphentechnik gelöst werden, die mit der eigentlichen Bildtelegraphie zunächst gar nichts zu tun haben. Es ist daher durchaus zu verurteilen, wenn heute schon von manchen Zeitungsschreibern der Stand der Bildtelegraphie so hingestellt wird, als ob wir bald im eigenen Heim Theatervorstellungen mit dem Auge folgen könnten. Es ist viel besser, daß, wie in dem vorliegenden Buche, auf die noch zu überwindenden Schwierigkeiten aufmerksam gemacht und der Leser vor übertriebenen Hoffnungen gewarnt wird. Das Buch kann als ein Werk, das von einem mit der Materie wohl vertrauten Fachmanne geschrieben ist, aufs beste empfohlen werden. A. Korn.

Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Herausg. v. Prof. Dr. F. Auerbach u. Prof. Dr. W. Hort. Bd. 1, Lief. 2. Mit 303 Abb. im Text, VIII u. 388 S. in gr. 8°. Verlag von J. A. Barth, Leipzig 1928. Preis geh. 37,50 M.

Das Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik ist durch einen weiteren Band, und zwar Lief. 2 des Bandes I, ergänzt worden. — M. Winkelmann leitet diesen Band mit einer Besprechung der Prinzipien der Mechanik ein. Ausgehend von grundsätzlichen Erwägungen mit historischen Ergänzungen werden die elementaren Grundsätze der Mechanik erörtert, woran sich die allgemeinen Sätze der Systemmechanik und die Differentialprinzipe anschließen. Neben den bekannten Sätzen von Boltzmann, d'Alembert, Lagrange usw., die in ausgezeichneter Klarheit dargestellt werden, wird auf die moderne Auffassung der Systemmechanik, wie sie durch Hamel in seinem klassischen Lehrbuch, ausgehend vom Volumenelement, aufgebaut wird, eingegangen. Abgeschlossen wird dieses erste Kapitel durch die Integral- und Minimumprinzipe, die unter Verwendung vektorieller Darstellung sehr anschaulich wirken. Nachdem hiermit ein Überblick über das gesamte Gebiet der Mechanik gegeben ist, folgt eine Behandlung der Geometrie der Massen durch R. Skutsch, wobei allgemeine Betrachtungen über Schwerpunkte, Momente 1. und 2. Grades durch Beispiele sehr instruktiv ergänzt werden. Es schließt sich an die geometrische Bewegungslehre von R. Beyer, der für die ebene und räumliche Bewegung die bekannten Sätze der freien und gebundenen Bewegung, der Schiebung, Drehung, der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse sowie der Relativbewegung mit zahlreichen Beispielen behandelt. In der Kinematik der Schwingungen und Wellen wird von F. Auerbach

alles Grundlegende der Theorie der Wellenbewegungen, wie Fourierschwingungen, Lissajousschwingungen, Koppelschwingungen, Schwebungen, Reflexion, Brechung, Interferenz usw. eingehend erörtert. Die Zwanglaufmechanik von R. Beyer ist aufgebaut auf grundsätzliche Bemerkungen über die Elementenpaare, um dann einzelne Getriebearten sowie rechnerische und graphische Methoden zur Getriebesynthese zu besprechen. In einem weiteren Abschnitt, Allgemeine und graphische Statik, geht H. Reißner von prinzipiellen Betrachtungen über Kraftbegriff und Kraftarten aus und behandelt dann Kraftsysteme am starren Körper unter den verschiedensten Gesichtspunkten. Abgerundet wird dieser Abschnitt durch Ausführungen über das Gleichgewicht unter Heranziehung des Prinzips der virtuellen Verrückungen. Den Abschluß dieser Lieferung bildet ein Kapitel über Statik und Kinematik der einfachen Maschinen von P. Stephan, der zunächst ganz einfache Dinge, wie schiefe Ebene, Keil usw., betrachtet und dann diese Fragen ergänzt durch Besprechung verschiedener Hebel, Zahnräder und komplizierter Getriebe.

Die Durchsicht dieses neuen Bandes des großen Gesamtwerkes erweckt den Eindruck, daß hier in bezug auf grundlegende mechanische Betrachtungen etwas sehr Wertvolles geschaffen worden ist, was nicht nur im Rahmen des Handbuches, sondern auch allgemeine Bedeutung hat. Eine reichliche Figurenbeilage, vielfache fruchtbare Verwendung der Vektorenrechnung, ausführliche Literaturverzeichnisse tragen dazu bei, dem Leser eine gute Einführung und Einarbeitung in die Probleme zu vermitteln. Es ist zu wünschen, daß der praktische Ingenieur, dem wegen seiner beschränkten Zeit einerseits Spezialwerke durch ihre große Ausführlichkeit zu unbequem sind, und dem anderseits die Taschenbücher zu wenig geben, zu diesem Handbuch greifen wird; er wird nicht enttäuscht sein. V. Blaeß.

Wirtschaftlich Konstruieren. Von C. Gensel. Mit 43 Abb., VIII u. 100 S. in 8°. Verlag Friedr. Vieweg & Sohn A.-G., Braunschweig 1929. Preis geb. 3,50 RM, geb. 4,75 RM.

Das Buch wendet sich in erster Linie an die Konstrukteure, die heute mehr denn je wirtschaftlich denken und konstruieren müssen, damit man ihr Werk leicht und billig fertigen kann, sodann aber auch an die Abnehmer, die sich gut und billig versorgen wollen.

Das Buch hat 3 Hauptabschnitte. Abschnitt I „Allgemeines" bringt die Begriffe der Wirtschaftlichkeit von Konstruktionen und weist auf die Vorteile guter praktischer Erfahrungen der Konstrukteure hin, die sich im Einzelbau, in der Reihen- und Fließfertigung auswirken. In ihm sind ferner Ersparnisse aufgeführt, die sich durch den Einkauf geeigneter Werkstoffe und die Verwendung vorhandener Modelle erzielen lassen. Er gliedert die Wirtschaftlichkeit in a) eine Wirtschaftlichkeit vom Standpunkte des Erzeugers und b) in eine solche vom Standpunkte des Abnehmers, denen beiden der Konstrukteur gerecht werden muß. Abschnitt II beleuchtet unter Wirtschaftlichkeit vom Standpunkte des Erzeugers die wirtschaftliche Formgebung von Guß-, Stahlguß-, Schmiede- und Preßteilen, ferner die Werkstoff- und Bearbeitungskosten, den Zusammenbau, den Werkzeug- und Vorrichtungsbau, die Werks- und DINormen und schließlich die Wirtschaftlichkeit, die sich durch schnelle Lieferung erzielen läßt. Abschnitt III behandelt unter Wirtschaftlichkeit vom Standpunkte des Abnehmers die Betriebskosten und hier u. a. Kraftersparnis, Wirkungsgrad, Bedienung, Instandsetzung, Zuverlässigkeit, Zusammenbau, ferner unter Lebensdauer einer Konstruktion statische und dynamische Kräfte, Abnutzung, richtige Bemessung usw. und schließlich die Lieferzeit sowie die den Käufer stark angehende Erhöhung der Fabrikationsgeschwindigkeit durch die Neukonstruktion.

Das Buch bringt in gedrängter Form, mit vielen Beispielen belegt, eine Fülle von Anregungen für den Konstrukteur; aber auch für den Abnehmer, sei er Ingenieur oder Kaufmann, enthält es wertvolle Fingerzeige und wird die Abnehmer abhalten, übertriebene Forderungen zu stellen, die dem Konstrukteur häufig größere Schwierigkeiten machen als die Vorteile, durch das Bestehen auf dem eigenen Willen, ausmachen. Jeder Konstrukteur und jeder Einkäufer sollte das Buch lesen.

Wilhelm Probst.

Kraftwerksbauten. Herausg. v. d. Siemens-Schuckertwerke AG. Mit zahlr. Abb. VI u. 101 S. in 4°. VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geb. 5 RM.

Unter diesem Titel hat die Abteilung Zentralstationen der Siemens-Schuckertwerke eine Sammlung neuerer Kraft- und Umspannwerke herausgegeben, wohl vornehmlich um die Architektur zu zeigen, da Schnitt- und Dispositionszeichnungen, durch die das Werk auch dem projektierenden Ingenieur Nutzen brächte, fast gänzlich fehlen und die wenigen, die wiedergegeben worden sind, zu klein sind. Deshalb ist es bedauerlich, daß der Name der Architekten nirgends mitgeteilt worden ist. Das Buch zeigt sehr deutlich, daß es schlechterdings unmöglich ist, bei der Lösung architektonischer Aufgaben die künstlerische Seite unberücksichtigt zu lassen, durch irgendein Hintertürchen schleicht sich die Kunst doch ein, wie z. B. der Blick auf den Zwischenhof des Kraftwerks Leverkusen (S. 18) beweist, dessen Stützpfeilerreihen in zweifellos ungewollter aber durchaus erfreulicher Weise an die Stützpfeiler gotischer Kirchen erinnern, oder die Ansicht des Schornsteinsockels auf S. 41. Man sollte dann aber die künstlerischen Probleme bewußt als solche anfassen. Die Ausstattung und Wiedergabe der Abbildungen ist mustergültig. Hamm.

Die Elektrizitätswirtschaft der Freien Stadt Danzig. Vortrag gehalten von Prof. Dr. W. Windel in der Aula d. T. H. Danzig am 4. XII. 1928. Mit 28 Abb., 7 Tab. u. 47 S. in 8°. Bezug durch das Städtische Betriebsamt Danzig.

Schon seit langer Zeit ist ein heftiger Streit darüber entbrannt, ob es technisch und vor allem wirtschaftlich richtig war, die Wasserkräfte der Radaune zum Zweck der Elektrizitätsgewinnung durch die Freie Stadt Danzig auszubauen. Der Verfasser nimmt in der vorliegenden Schrift, die im wesentlichen eine Wiedergabe seines auf Veranlassung des Städtischen Betriebsamtes Danzig am 4. XII. 1928 gehaltenen Vortrages in der T. H. Danzig darstellt, zu dieser Frage Stellung. Er stützt sich dabei auf die Geschäftsberichte des Betriebsamtes vom 1. IV. 1924 bis 31. III. 1928 und kommt auf Grund einer längeren Kostenanalyse zu dem Ergebnis, daß trotz der hohen Anlagekosten für die beiden Wasserkraftwerke Bölkau und Lappin der Wasserkraftstrom im Jahre 1927 wesentlich billiger als der Strom vom alten Dampfkraftwerk erzeugt werden konnte. Zu diesem günstigen Ergebnis kommt der Verfasser dadurch, daß er sowohl über die Verteilung der Unkosten auf die Dampf- und Wasserkraft als auch über die Höhe der Zins- und Abschreibungsätze Annahmen macht, die für die speziellen Verhältnisse in Danzig vielleicht zutreffen mögen, die aber im allgemeinen, wie er auch hervorhebt, unzulässig sind. Außerdem ergibt der Rechnungsgang, daß das günstige Ergebnis für die Wasserkraft durch die höhere Benutzungsdauer der Wassergrundkraft im Gegensatz zu der niedrigeren der Dampfspitzenkraft erzielt wird. Eine Kostenuntersuchung für ein Dampfkraftwerk bei gleicher Benutzungsdauer wie das Wasserkraftwerk würde besseren Aufschluß über die wirtschaftliche Berechtigung des Ausbaues der Radaune-Wasserkräfte gegeben haben. Von dieser Untersuchung hat der Verfasser jedoch Abstand genommen, da er sich, wie er ausdrücklich betont, nur auf den Boden der gegebenen Tatsachen stellen und den Nachweis erbringen wollte, daß Danzig mit den nun einmal vorhandenen Anlagen ein zufriedenstellendes, wirtschaftliches Ergebnis erzielen kann.

An Hand von ausführlichem Zahlenmaterial untersucht der Verfasser ferner, unter welchen Bedingungen bei Zunahme der Belastung der Strombezug vom Ostpreußenwerk für Danzig zu empfehlen ist, warum der gegenwärtig nur für größere Abnehmer eingeführte Grundgebührentarif auch auf die kleinen Abnehmer auszudehnen ist, welche Vorteile von dieser Maßnahme zu erwarten sind und wie die Einschränkung des Kohlenverbrauchs durch stärkste Heranziehung der Wasserkraft den Freistaat Danzig vom Ausland unabhängig macht. Gerade das in den Tabellen gegebene Zahlenmaterial macht diese Abhandlung lesenswert für alle diejenigen, die sich für den Ausbau der Wasserkräfte im norddeutschen Tiefland im allgemeinen und im besonderen für die Verhältnisse in Danzig interessieren.

Die Abhandlung kann außerdem als Musterbeispiel dafür empfohlen werden, wie Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für kleine oder mittlere Elektrizitätsunternehmen rasch und zweckmäßig durchzuführen sind.

Dr. E. Krohne.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Maßnahmen zur Verringerung des Kupferverbrauchs in der russischen Elektroindustrie. — Das Bestreben der Industrie in Sowjetrußland, mit heimischen Rohstoffen auszukommen und möglichst wenig aus dem Ausland zu beziehen, hat auch die elektrotechnische Industrie veranlaßt, Mittel und Wege zu suchen, um den Kupferverbrauch zu verringern und das rote Metall durch Aluminium, Eisen u. dgl. zu ersetzen. Im Jahr 1927/28 betrug der Kupferverbrauch in Rußland 50 370 t, wovon auf die elektrotechnische Industrie 24 500 t oder 49 % entfielen; im laufenden Jahr dürfte dieser Bedarf 27 400 t ausmachen. Für Luft- und innere Leitungen dienen davon 72 %, für die übrigen elektrotechnischen Zwecke 28 %. Außerdem wird die Herstellung von Messing und sonstigen Legierungen in diesem Jahr 3800 t erfordern.

Um nun an Kupfer zu sparen, will man die bis jetzt höchste Niederspannung von 220 V durch 380 V ersetzen, für Fernleitungen statt 2 ... 3 kV Netze mit 6 kV und statt 35 kV, wo es nur angeht, 60 kV verwenden. Diese Maßnahme allein läßt im Betriebsjahr 1928/29 eine Ersparnis an Kupfer von 20 ... 25 % erwarten. Leitungen mit schwacher Belastung, deren Querschnitt aus Festigkeitsrücksichten 6 ... 10 mm² nicht unterschreitet, sollen durch eiserne Leitungen ersetzt werden, was eine Ersparnis von rd. 100 t elektrolytischen Kupfers im Jahr ergibt. Da die tatsächliche Leitungsfähigkeit der Kupferleitungen und Kabel um 2 ... 3 % höher ist als die nominelle, können ihre geometrischen Abmessungen um diesen Betrag vermindert werden. Dies ergibt eine Ersparnis von 400 ... 600 t im Jahr. Durch die Zulassung der Erzeugung von Leitungen nicht standardisierter Querschnitte aus demselben Halbfabrikat, wenn z. B. nach der Berechnung 60 mm² statt des standardisierten Querschnitts von 70 mm² genügen, könnten wieder 5 ... 10 % Kupfer erspart werden. Wo es nur möglich ist, soll ein um 10 % größerer Spannungsabfall im Netz gegenüber dem berechneten gestattet werden, was einer Kupferersparnis von 10 % gleichkommt. Nach vorgenommener Berechnung beträgt der Wert des Energieverlustes kaum 10 % der Kosten des ersparten Kupfers. Ferner ist der Ersatz des Kupfers durch Aluminium, zunächst für Fernleitungen mit großen Querschnitten, vorgesehen, ein bereits gelöstes, für Rußland jedoch sehr wichtiges Problem, da es dadurch 50 % an ausländischer Valuta und etwa 20 ... 25 % der Kosten für Leitungen ersparen kann. Von der Fabrik „Dynamo" in Moskau werden bereits Mannlochdeckel, Deckel für Ölschalter, Bürstenhalter, Ventilatoren usw., die bis jetzt aus Aluminium, Kupfer, Bronze und Messing hergestellt wurden, aus Eisen und Stahl gefertigt, und die Fabrik „Elektroapparat" erzeugt die schweren, aus Messing gegossenen Deckel für Ölschalter nunmehr aus Gußeisen.

Auf dem Gebiet des Installationsmaterials wird in vielen Fällen Messingblech durch verzinktes Eisenblech ersetzt. Auch bei der Herstellung von geschlossenen Marineapparaten verzichtet man auf Messing, was eine Ersparnis von 50 ... 60 t Kupfer im Jahr bringen soll. Große Ersparnisse lassen sich in der Fertigung von Beleuchtungsarmaturen erzielen, die Verwendung von verkupfertem oder oxydiertem Eisen hat im laufenden Jahr auf diesem Gebiet eine Einsparung von 48 t Messing ermöglicht. Bei der Erzeugung der Isolierrohre verringert man einerseits die Wandstärke der Messingrohre, wodurch 1928/29 schon 33 t an Gewicht erspart wurden, anderseits fabriziert man sie aus verzinktem Eisen. Auf diese Weise kann der Verbrauch an Messing auf 25 % des gegenwärtigen Bedarfs herabgedrückt und der Gebrauch von Messingrohr nur für Fälle zugelassen werden, wo eiserne ganz ausgeschlossen erscheinen. Schwieriger ist der Ersatz des Messings für Schwachstromapparate, da die Fabrikationseinrichtungen zu dem Zweck eine gründliche Umgestaltung verlangen, und doch wurde auf diesem Gebiet bereits eine Kupferersparnis von 350 t im Jahr errechnet. Viele Zweige der elektrotechnischen Industrie erfordern allerdings zur Durchführung der geplanten Maßnahmen gründliche Überlegung; die Schwierigkeiten dürften jedoch nicht unüberwindlich sein. (Ing. D. P. Friedmann, Elektritschestwo 1929, Nr. 11/12.) Dipl.-Ing. A. Brauner.

Der elektrotechnische Außenhandel Schwedens[1]. — Wie die Zahlentafel, in der nach der amtlichen Statistik die wichtigsten Erzeugnisse (ohne Beleuchtungskörper) zusammengestellt sind, zeigt, ist im Jahr 1928 die Einfuhr mengenmäßig um 870 t (7 %) und wertlich um 4,22 Mill Kr (14 %) größer gewesen als 1927 (11 858 t bzw. 30,722 Mill Kr). Deutschland war daran mit 8896 t (8389 i. V.) im Wert von 22,763 Mill Kr (20,471 i. V.), also mit rd. 65 % beteiligt, ein Prozentsatz, der jedoch bei Kabeln und Leitungen, Isolierrohren, Sicherungen, Zählern usw. wesentlich höher, dagegen bei anderen Artikeln, wie galvanischen Elementen, Glühlampen, elektrotechnischen Kohlen, erheblich niedriger lag. Das läßt auf die Konkurrenz Dänemarks, Hollands bzw. der V. S. Amerika und Englands schließen. Die Ausfuhr übertraf die des Vorjahres (15 761 t bzw. 57,599 Mill Kr) um 3426 t (22 %) und 15,237 Mill Kr (26 %). Ihren Hauptgegenstand bildeten wieder elektrische Maschinen und Transformatoren, d. h. die Erzeugnisse der Großfirmen ASEA, Luth & Rosén, Elektrolux usw. Die Staubsauger, das Hauptprodukt der letztgenannten Firma, waren wertlich mit nicht weniger als 40 % vertreten. Da die AB. Elektrolux ihre Fabrikationsstätten im Ausland erweitert hat, dürfte die Bedeutung des Staubsaugers für den schwedischen Export sinken. An zweiter Stelle stehen die Fernsprech- und Telegraphenapparate, im wesentlichen Erzeugnisse der Telephon AB. L. M. Ericsson. Große Posten von Kabeln und Leitungen sowie Akkumulatoren (der alkalischen Type) und elektrotechnische Spezialapparate (darunter überwiegend Radiogeräte) waren die weiteren Hauptartikel der Ausfuhr. Als wichtigste Bestimmungsländer sind für Maschinen Rußland, Finnland, England, Belgien, Kanada, für Kabel Mexiko, Argentinien, Polen und Rußland zu nennen. In der Handelsbilanz Schwedens entsprach der Elektroexport nur 4,64 % der Gesamtausfuhr. Am Gesamtimport war die elektrotechnische Einfuhr 1928 mit 2,65 % beteiligt; der Elektroimport aus Deutschland stellte sich auf 4,34 % der ganzen deutschen Einfuhr nach Schweden.

Erzeugnisse	Einfuhr		Ausfuhr	
	t	1000 Kr	t	1000 Kr
Generatoren, Motoren, Transformatoren	1 185	4 420	12 916*	42 944*
Maschinenanker und -gehäuse	80	590	208	1 095
Akkumulatoren	1 180	1 762	674	3 051
Galvanische Elemente	1 788	3 577	4	13
Apparate und Schalttafeln	50	139	187	551
Widerstände	127	351	406	1 204
Öl- und andere Schalter	358	1 396	432	1 192
Sicherungen	291	876	78	562
Meßinstrumente und Zähler	167	1 827	3	81
Bogenlampen	6	314	—	1
Glühlampen	180	3 770	8	217
Fassungen und Sockel	196	555	1	10
Elektrische Härteöfen, Heizgerät für Haushaltungen	79	192	60	144
Kochgeräte	5	41	2	20
Porzellanisolatoren	421	643	69	235
Isolierrohre	558	550	2	4
Kabel und Drähte	2 809	3 081	2 337	4 304
Elektrische Lokomotiven	14	26	—	—
Elektrotechnische Kohlen	2 426	1 477	627	386
Telegraphen- und Fernsprechapparate	4	59	902	13 785
Spezialapparate	804	9 296	271	3 037
	12 728	34 942	19 187	72 836

* Einschl. 1190 t bezw. 16,9 Mill Kr Staubsauger. *Hldn.*

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 372.

Berichtigung.

Zu der Arbeit „Die neue Entwicklung des Glimmerkondensators" (ETZ 1929, S. 1156) teilt uns die Firma C. Lorenz AG. mit, daß bei der Entwicklung des Glimmerkondensators durch die genannte Firma zwar schon vor dem Jahre 1909 Kupferbleche als Belegungen verwendet wurden, die Entwicklung der in Abb. 1, S. 1157, dargestellten Form aber erst im Jahre 1910 ihren Abschluß fand. In der Bezeichnung der Abb. 1 müßte es also anstatt „aus dem Jahre 1907" richtiger heißen „aus dem Jahre 1910". Herr Dr. Burstyn, der zu dieser Zeit ebenfalls an der Entwicklung von Glimmerkondensatoren gearbeitet hatte, sowie Herr Scheller, als früherer Mitarbeiter der Firma, der auf die Entwicklung der Type der Abb. 1 maßgebenden Einfluß gehabt hatte, machten auf diese Tatsache aufmerksam.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 328: Welche Firma liefert Drehschalter für Unterputzverlegung zur Schaltung von zwei Lampengruppen, einzeln oder zusammen brennend, von zwei oder drei Stellen aus (Kombinierte Serien-Wechselschaltung). Auf der Vorderseite des Porzellansockels dieses Fabrikates steht: Helbus D.R.P.

Abschluß des Heftes: 16. November 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W9
17–1756)
28. NOVEMBER 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang **Berlin, 28. November 1929** **Heft 48**

Neuartige Kenngrößen für elektrische Zugförderung, insbesondere Straßen- und Stadtschnellbahnen.

Von Dr.-Ing. **Hans Voigtländer**, Berlin.

Übersicht. An Hand eines in einem früheren Aufsatz beschriebenen Verfahrens werden die Beziehungen zwischen Stundendrehmoment und -drehzahl sowie Übersetzungsverhältnis eines Bahnmotors einerseits und Zuggewicht, Stationsentfernung, Fahrzeit, Wh/tkm und Motorbeanspruchung anderseits in neuartiger Weise untersucht und daraus zwei Faktoren entwickelt, der Beschleunigungsfaktor ψ und die Prozent-Stationsentfernung $S_{\%}$, durch deren Bemessung man Fahrzeit, Wh/tkm und Motorbeanspruchung in ziemlich weiten Grenzen beeinflussen kann. Sodann wird der Einfluß einer Maximalbeanspruchung und des Zeitrückhaltes betrachtet. Die Ausführungen bezwecken, den Projekteuren den für zweckmäßige Arbeit erforderlichen Ein- und Überblick sowie ein Mittel an die Hand zu geben, um die mitunter umfangreichen und zeitraubenden Berechnungen übersichtlich und rasch erledigen zu können. Auch für Studienzwecke mag das angegebene Verfahren manche Vorteile bieten.

In einer früheren Arbeit[1] wurde ein Verfahren beschrieben, das die rasche Ermittlung der im Bahnbetrieb wichtigen Größen Fahrzeit, Wattstundenverbrauch, Effektivstrom usw. mit Hilfe einiger allgemeingültiger Umrechnungsformeln und Kurvenblätter ermöglicht. Das Verfahren beruht auf der Verwendung einer Prozentcharakteristik, d. h. der Charakteristik eines Gleichstrom-Bahnmotors mit den Stundenleistungsdaten „1" für Drehmoment, Drehzahl und Strom, sowie der Einführung der Begriffe Prozent-Anfahrbeschleunigung, Prozent-Fahrwiderstand und Prozent-Bremsverzögerung, die proportional ihren effektiven Werten und umgekehrt proportional einem Beschleunigungsfaktor waren, der die Zugkraftkonstante, das Motor-Stundendrehmoment und die Zugmasse je Motor enthielt. Die Ermittlung der Größen Prozentfahrzeit, Prozent-Amperesekunden und Prozent-Amperequadrat-Sekunden aus den Fahr-, Auslauf- und Bremskurventafeln erforderte die Kenntnis zweier Faktoren, des Beschleunigungsfaktors ψ und der Prozent-Stationsentfernung $S_{\%}$, die durch folgende Gleichungen definiert waren:

$$\psi = \frac{K\,M_{d_{st}}}{\varrho\,G_M} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$S_{\%} = \frac{\psi\,S}{(k\,n_{st})^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Hierin bedeuteten: $K = \frac{2\,\eta_z\,\ddot{u}}{D}$ die Zugkraftkonstante (enthaltend das Verhältnis $\ddot{u}$ von Zähnezahl des großen Zahnrades zu der des Ritzels, Treibraddurchmesser D in m und den Getriebewirkungsgrad η_z), $M_{d_{st}}$ das Motor-Stundendrehmoment, ϱ den Massenfaktor zur Umrechnung des Zuggewichtes (in t je Motor), G_M die Masse, S die effektive Stationsentfernung in m, $k = \frac{D\,\pi}{60\,\ddot{u}}$ die Geschwindigkeitskonstante und n_{st} die Motor-Stundendrehzahl. Mit Hilfe von ψ mußten dann die Größe von Prozent-Fahrwiderstand $\mathfrak{W}$, Prozent-Bremsverzögerung $p_{b_{\%}}$ und Prozent-Anfahrstrom je Motor $J_{M\%}$ wie folgt ermittelt werden:

$$\mathfrak{W} = \frac{w}{\varrho\,\psi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$$p_{b_{\%}} = \frac{p_b}{\psi} \quad \text{und} \quad p_{\%} = \frac{p}{\psi} \quad \ldots\ldots (4)$$

$$M_{d_{\%}} = p_{\%} + \mathfrak{W} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

$$J_{M\%} = f(M_{d_{\%}}) \text{ (Prozentcharakteristik)}. \quad \ldots (6)$$

Es bedeutete: w den Fahrwiderstand in kg/t, p_b bzw. p die effektive Bremsverzögerung bzw. Anfahrbeschleunigung in m/s² und $M_{d_{\%}}$ das Prozent-Anfahrdrehmoment je Motor, das gleich der Summe aus Prozent-Anfahrbeschleunigung $p_{\%}$ und Prozent-Fahrwiderstand $\mathfrak{W}$ war. Der erforderliche Prozent-Anfahrstrom $J_{M\%}$ wurde aus der Prozentcharakteristik bestimmt. Die heutigen Ausführungen haben nun den Zweck, die Vielseitigkeit und Klarheit des Rechnens mit Prozentwerten tiefergehend aufzuzeigen und dadurch dem Benutzer des Verfahrens die Übersicht zu geben, die er zur zweckmäßigen Anwendung braucht, um so mehr, als es sich ja nicht nur darum handelt, für gegebene Motoren die gesuchten Zugförderungsgrößen zu finden, sondern auch darum, die unbekannte Motorleistung zu ermitteln, die Verhältnisse so abzustimmen, daß der Motor ausgenutzt wird, bestehende Bahnanlagen in irgendeiner Hinsicht zu verbessern, z. B. die Fahrzeit zu kürzen usw.

Für die folgenden Untersuchungen soll angenommen werden, daß die effektive Anfahrbeschleunigung $p = 0{,}7$ m/s², die Bremsverzögerung $p_b = 1{,}0$ m/s² und der Fahrwiderstand $w = 6$ kg/t beträgt; um nun die bereits beschriebenen Fahrkurven (wie Abb. 2 des früheren Aufsatzes) verwenden zu können, möge ψ so gewählt werden, daß $\mathfrak{W}$ nacheinander die Werte 0,08, 0,1, 0,15 annimmt. Dann ergibt sich ψ zu $\frac{w}{\varrho\,\mathfrak{W}}$ und $p_{\%}$ bzw. $p_{b_{\%}}$ zu $\frac{p}{\psi} = \frac{0{,}7}{\psi}$ bzw. $\frac{p_b}{\psi} = \frac{1{,}0}{\psi}$. Zu $M_{d_{\%}} = p_{\%} + \mathfrak{W}$ wird dann das erforderliche $J_{M\%}$ aus der Prozentcharakteristik (Abb. 1 des früheren Aufsatzes) entnommen. In Zahlentafel 1 sind die einzelnen Werte zusammengestellt.

Zahlentafel 1.

$w = 6$ kg/t		$p = 0{,}7$ m/s²		$p = 1{,}0$ m/s²	
$\mathfrak{W}$	ψ	$p_{\%}$	$M_{d_{\%}}$	$J_{M\%}$	$p_{b_{\%}}$
0,08	0,695	1,01	1,09	rd. 1,07	1,44
0,1	0,556	1,26	1,36	„ 1,28	1,8
0,15	0,371	1,88	2,03	„ 1,81	2,7

Wir sehen also, daß $J_{M\%}$ (d. h. der tatsächliche Anfahrstrom im Verhältnis zum Stundenstrom) und die Prozent-Bremsverzögerung $p_{b\%}$ mit abnehmendem ψ steigen. Es sind nun für vier verschiedene Prozent-Stationsentfernungen $S_{\%}$ sowie $p_{b_{\%}}$ entsprechend Zahlentafel 1 die Größen $v_{\mathrm{mtl.\%}}$, $V_{\%}$ und B ermittelt und in Abb. 1 in Abhängigkeit von $J_{M\%}$ aufgetragen, u. zw. zunächst ohne Berücksichtigung eines stromlosen Auslaufes; die erhaltenen Werte entsprechen somit der jeweilig kürzesten Fahrzeit. Wir finden, daß B und $V_{\%}$ mit abnehmendem $S_{\%}$ steigen, $v_{\mathrm{mtl.\%}}$ dagegen abnimmt; ferner daß B und $v_{\mathrm{mtl.\%}}$ mit steigendem $J_{M\%}$ zunehmen, während $V_{\%}$ fast konstant bleibt; Verkleinerung von ψ endlich wirkt erhöhend auf B und $V_{\%}$, während sich bei $v_{\mathrm{mtl.\%}}$ dieser Einfluß bei größeren Werten von $S_{\%}$ (7,5 und mehr) etwas verwischt.

Die Kurven der Abb. 1 sollen nun dazu benutzt werden, die Zusammenhänge zwischen mittlerer Fahrgeschwin

[1] ETZ 1929, S. 561.

digkeit, Wh/tkm und B in Verbindung mit den in Zahlentafel 1 gefundenen Prozent-Anfahrströmen $J_{M\%}$ zahlenmäßig zu untersuchen, denn es sollen ja Anfahrbeschleunigung, Bremsverzögerung und Fahrwiderstand sowie Stationsentfernung bei Annahme verschiedener Werte von $S_{\%}$ und ψ konstant bleiben. In Zahlentafel 2 sind die Er-

Zahlentafel 2. Prozent-Anfahrstrom $J_{M\%}$ entsprechend ψ aus Zahlentafel 1; $v_{mtl.\%}$, $V_{\%}$ und B aus Abb. 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$S_{\%}$	ψ	$v_{mtl.\%}$	$V_{\%}$	B	$\frac{v_{mtl.\%}}{\sqrt{S_{\%}}}$	$v_{mtl.} = \frac{v_{mtl.\%}\sqrt{\psi}}{\sqrt{S_{\%}}}$	Wh/tkm $= V_{\%}\,\psi$	$L_{st} = \frac{\psi\sqrt{\psi}}{\sqrt{S_{\%}}}$	$k\,n_{st} = \frac{\sqrt{\psi}}{\sqrt{S_{\%}}}$	$v_{mtl.}$ rd. %	Wh/tkm rd. %	B rd. %	L_{st} rd. %	$k\,n_{st}$ rd. %	B rd. %
2,5	0,371	0,99	1,25	0,92	0,626	0,382	0,464	0,143	0,385	102	104	142	77	116	131
,,	0,556	0,893	1,18	0,78	0,565	0,421	0,656	0,2 2	0,472	112	148	120	141	141	111
,,	0,695	0,83	1,135	0,7	0,524	0,436	0,788	0,366	0,527	116	177	108	198	158	100
5	0,371	1,19	0,87	0,745	0,532	0,324	0,323	0,101	0,272	86	73	115	55	82	106
,, (Normalfall)	0,556	1,125	0,8	0,65	0,503	0,375	0,445	0,185	0,333	100	100	100	100	100	93
,,	0,695	1,07	0,775	0,595	0,478	0,399	0,539	0,259	0,373	106	121	92	140	112	85
10	0,371	1,375	0,62	0,6	0,434	0,265	0,23	0,072	0,193	71	52	92	39	58	86
,,	0,556	1,365	0,565	0,54	0,432	0,322	0,314	0,131	0,236	86	71	83	71	71	77
,,	0,695	1,325	0,535	0,51	0,418	0,349	0,372	0,183	0,264	93	83	78	99	79	73

gebnisse dieser Auswertung niedergelegt, wobei die folgenden Beziehungen Verwendung fanden:

$$M_{d_{st}} = \frac{\psi\,\varrho\,G_M}{K} \equiv \frac{\psi}{K} \equiv \psi\,k \quad \ldots\ldots (7)$$

$$n_{st} = \frac{\sqrt{\psi}\,\sqrt{S}}{k\sqrt{S_{\%}}} \equiv \frac{\sqrt{\psi}}{k\sqrt{S_{\%}}} \quad \ldots\ldots (8)$$

$$L_{st} = \frac{M_{d_{st}}\,n_{st}}{973} \equiv \frac{\psi\sqrt{\psi}}{\sqrt{S_{\%}}} \quad \ldots\ldots (9)$$

$$v_{mtl.} = v_{mtl.\%}\,k\,n_{st} = \frac{v_{mtl.\%}\sqrt{\psi}\sqrt{S}}{\sqrt{S_{\%}}} \equiv \frac{v_{mtl.\%}\sqrt{\psi}}{\sqrt{S_{\%}}} \quad (10)$$

$$\text{Wh/tkm} = V_{\%}\frac{0{,}143\,M_{d_{st}}}{\eta_M\,G_M\,k} = V_{\%}\frac{0{,}143\,\psi\,\varrho}{\eta_M\,K\,k} \equiv V_{\%}\,\psi. \quad (11)$$

In den Sp. 3 ... 5 sind die sich entsprechend Sp. 1 und 2 aus Abb. 1 und Zahlentafel 1 ergebenden Werte eingetragen und in den Sp. 7 ... 10 die sich nach den Gleichungen (8) ... (11) ergebenden Werte, die in den Sp. 11 ... 15 auf ihre Größe bei $S_{\%} = 5$ und $\psi = 0{,}556$ bezogen und in Prozenten dieser Werte ausgedrückt sind. Diese Verhältniswerte sind auch in den Abb. 2 und 3 zur Darstellung gebracht. Daraus schließen wir folgendes:

Die effektive mittlere Fahrgeschwindigkeit $v_{mtl.}$ steigt mit zunehmendem ψ und abnehmendem $S_{\%}$, ebenso, jedoch in stärkerem Maße, die Wh/tkm und noch mehr die Stundenleistung L_{st} der zu verwendenden Motoren; die Motorbeanspruchung B jedoch steigt nur mit abnehmendem $S_{\%}$, mit zunehmendem ψ dagegen sinkt sie. Um also z. B. möglichst kurze Fahrzeiten zu bekommen, muß man $S_{\%}$ möglichst klein und ψ möglichst groß zu halten bestrebt sein, um so höher jedoch liegen der Wattstundenverbrauch und die Motorstundenleistung. Die in Sp. 15 eingetragenen Werte für $k\,n_{st}$ sollen einen Anhalt bieten, wie sich die in Sp. 14 angegebene Stundenleistung aus Stundendrehmoment und Stundendrehzahl zusammensetzen kann; nach Gl. (7) war ja $M_{d_{st}} \equiv \psi k$. Will man $M_{d_{st}}$ konstant halten oder verringern, so muß k entsprechende Werte annehmen, mit denen man dann aus Sp. 15 die Stundendrehzahl n_{st} finden kann; ist anderseits ein Höchstwert für n_{st} gegeben, so ergibt sich k aus Sp. 15 und damit auch das Stundendrehmoment $M_{d_{st}} \equiv \psi k$.

In Zahlentafel 2 sind in Sp. 16 noch Verhältniswerte für B eingetragen, die sich auf $B = 0{,}7 = 100\,\%$ beziehen. Da der Dauerstrom von selbstgelüfteten Bahnmotoren etwa 70 % des Stundenstromes beträgt, kann die im Dauerbetrieb höchstzulässige Motorbeanspruchung (Effektivstrom) zu 0,7 angesetzt werden, wobei es unerörtert bleibe, ob die Beurteilung der Motorerwärmung nach dem Effektivstrom in allen Fällen angängig ist. Bei den Werten für B in Zahlentafel 2 ist die Haltezeit nicht berücksichtigt, doch wäre das durch Einsetzung einer entsprechenden Prozentzeit leicht möglich; aus naheliegenden Gründen ist in dieser Untersuchung darauf verzichtet. Man sieht aus Zahlentafel 2, Sp. 5 bzw. 16, daß bei kleinem $S_{\%}$ und kleinem ψ die als zulässig angenommene Grenzbeanspruchung $B_{max} = 0{,}7$ überschritten wird, daß also ein solches Fahrdiagramm im Dauerbetrieb unter den gewählten Verhältnissen nicht gefahren werden darf; im Hinblick auf die bisherigen Ergebnisse wäre also zu sagen, daß die kleinstzulässigen Werte von $S_{\%}$ und ψ durch die Höhe der Beanspruchung B gegeben werden.

Es soll nun untersucht werden, wie sich die Einführung einer Grenzbeanspruchung auf die Kurven Abb. 1 auswirkt. Ein bekanntes Mittel zur Herabsetzung der Motorbeanspruchung ist der stromlose Auslauf, dessen graphische Berücksichtigung im früheren Aufsatz bereits beschrieben war. Bestimmt man für beliebig gewählte Prozent-Stationsentfernungen $S_{\%}$ bei steigendem $J_{M\%}$ die mittlere Prozent-Fahrgeschwindigkeit $v_{mtl.\%}$ und das zugehörige $V_{\%}$ so, daß nach Erreichung von $B = 0{,}7$ (ohne stromlosen Auslauf) dieser Wert konstant bleibt, so muß

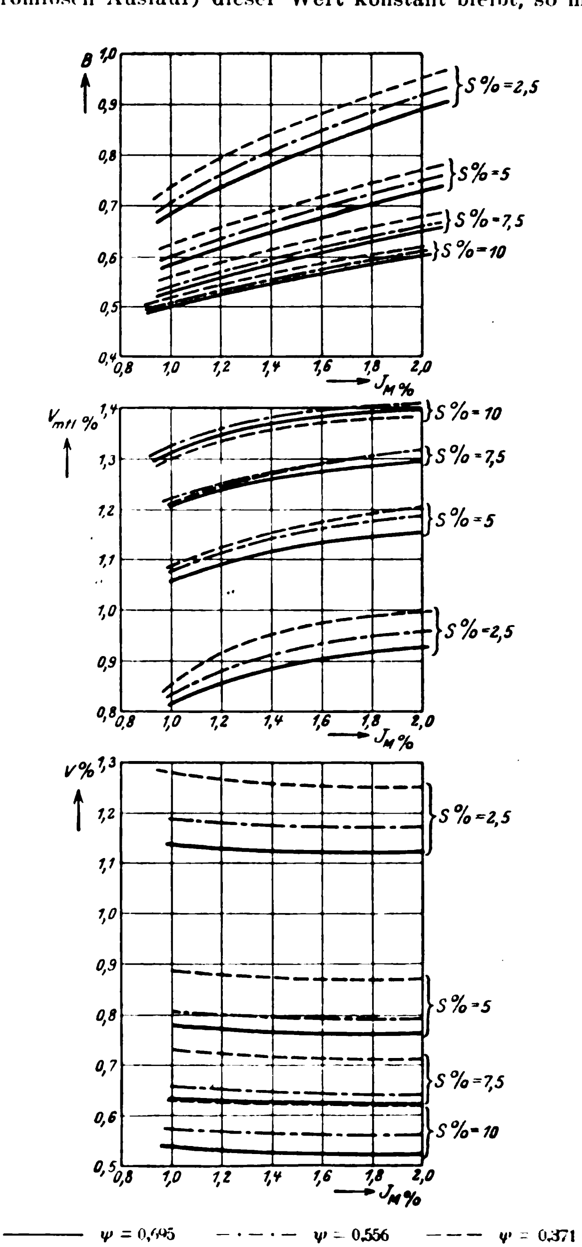
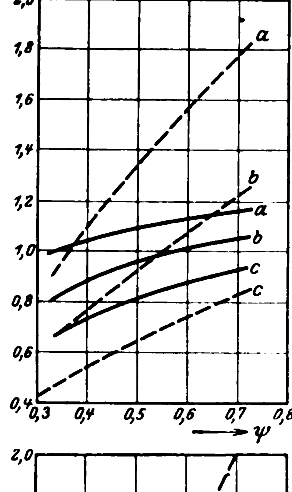


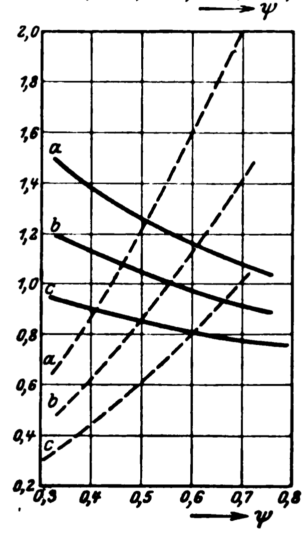


Abb. 1. Motorbeanspruchung B, mittlere Prozent-Fahrgeschwindigkeit $v_{mtl.\%}$ und Wattstundenfaktor $V_{\%}$ in Abhängigkeit vom Prozent-Anfahrstrom je Motor $J_{M\%}$.

ein stetig zunehmender stromloser Auslauf in das Fahrdiagramm eingefügt werden, wodurch $v_{mtl.\%}$ und $V_{\%}$ sinken. Die Kurven der Abb. 1 nehmen dann die in Abb. 4 gezeigte Form an; da sie die obere Grenze für $v_{mtl.\%}$ bzw. $V_{\%}$ darstellen, sollen sie Grenzkurven genannt werden. Aus der Abb. 4 ziehen wir den wichtigen Schluß, daß der Einfluß der Grenzbeanspruchung mit steigender Prozent-Stationsentfernung $S_{\%}$ abnimmt, nicht nur in seiner Größenordnung sondern auch hinsichtlich der Größe des Prozentstromes $J_{M\%}$, bei dem ein Abnehmen der mittleren Prozent-Fahrgeschwindigkeit $v_{mtl.\%}$ und des Wattstundenfaktors $V_{\%}$ eintritt. Erinnert man sich der Feststellung, daß zur Kürzung der Fahrzeit eine Verkleinerung von $S_{\%}$ und eine Vergrößerung von ψ erforderlich war, so mag man die Richtigkeit dieses Schlusses bei Betrachtung der Abb. 4 in Zweifel ziehen, da er einen Verlauf der $v_{mtl.\%}$-Kurven voraussetzte, der mit Rücksicht auf die Motorbeanspruchung als nicht oder nur bedingt zutreffend anzusehen ist.



Effektive mittlere Fahrgeschwindigkeit $v_{mtl.}$ (———) und Wh/tkm (— — —) in Abhängigkeit von ψ



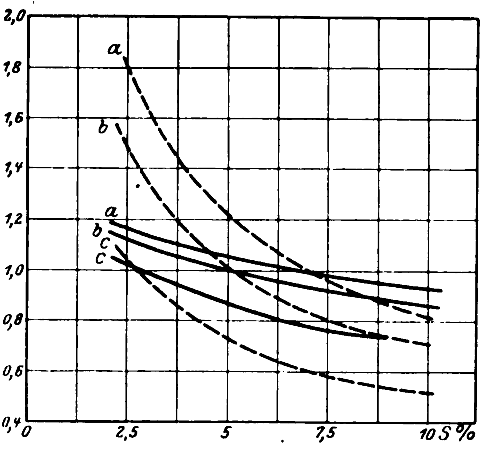
Motorbeanspruchung B (———) und Stundenleistung L_{st} (— — —) in Abhängigkeit von ψ

a für $S_{\%}$ = 2,5
b „ „ = 5,0
c „ „ = 10,0

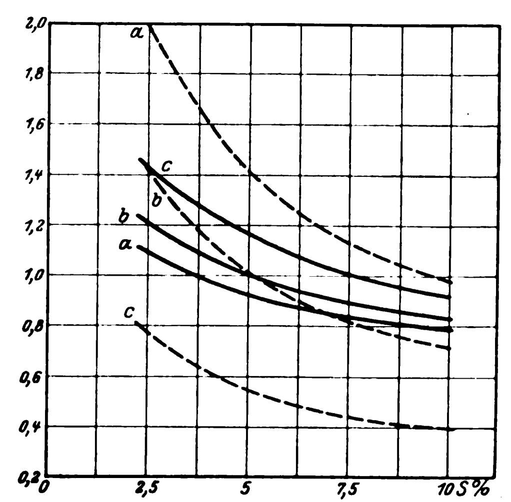
Abb. 2 (zu Zahlentafel 2).

Durch den charakteristischen Verlauf der Grenzkurven werden nun $v_{mtl.\%}$ und Wh/tkm zum Teil andere Werte als in Zahlentafel 2 und den Abb. 2 und 3 angegeben annehmen müssen, u. zw. für die folgenden Fälle: $S_{\%} = 2{,}5$, $\psi = 0{,}371$ und $0{,}556$ sowie $S_{\%} = 5$, $\psi = 0{,}371$. Um aber den Einfluß der Grenzbeanspruchung allgemeiner erfassen zu können als in dem für die Abb. 2 und 3 gewählten Beispiel, sollen jetzt $v_{mtl.}$ und Wh/tkm aus Abb. 4 für die Prozentströme $J_{M\%} = 1{,}0$, $1{,}5$, $2{,}0$ bestimmt werden; die Ergebnisse sind in den Abb. 5 ... 7 aufgezeichnet, u. zw. als Funktion von p, $J_{M\%}$ und ψ.

Aus Abb. 5 geht hervor, daß bei konstantem ψ eine Steigerung der effektiven Anfahrbeschleunigung durch Erhöhung von $J_{M\%}$ nur dann eine Kürzung der Fahrzeit zur Folge hat, wenn die Prozent-Stationsentfernung $S_{\%}$ etwa gleich 5,0 ist und wenn die Größe von ψ so gewählt wird, daß man sich jeweilig auf dem aufsteigenden Kurvenast bewegt; diese Größe von ψ richtet sich also nach der Höhe der verlangten Anfahrbeschleunigung derart, daß ψ um so größer sein muß, je größer die Anfahrbeschleunigung ist. Bei kleinen Werten von $S_{\%}$ (um 2,5) würde eine derartige Steigerung der Anfahrbeschleunigung entweder keine nennenswerte Fahrzeitkürzung oder sogar eine Fahrzeitverlängerung zur Folge haben, je nach der Größe von ψ. Das Optimum an Fahrzeit liegt bei $p = 0{,}4 \dots 1{,}2\ \mathrm{m/s^2}$ auch jetzt wieder bei kleinem $S_{\%}$ und großem ψ. Steigert man dagegen die Anfahrbeschleunigung bei konstantem Prozentstrom $J_{M\%}$ durch Vergrößerung von ψ (Abb. 6 und 7) so ergibt sich stets eine Fahrzeitkürzung, ganz gleich, wie groß $S_{\%}$ ist. Will man bei einer solchen Maßnahme stets die günstigste Fahrzeit erhalten, so richtet sich die Größe von $S_{\%}$ danach, welche $v_{mtl.}$-Kurve für ein bestimmtes ψ höher liegt, die für kleines



Effektive mittlere Fahrgeschwindigkeit $v_{mtl.}$ (———) und Wh/tkm (— — —) in Abhängigkeit von $S_{\%}$



Motorbeanspruchung B (———) und Stundenleistung L_{st} (— — —) in Abhängigkeit von $S_{\%}$

a für ψ = 0,695 *b* für ψ = 0,556
c für ψ = 0,371

Abb. 3 (zu Zahlentafel 2).

$S_{\%}$ oder die für größere Werte; überträgt man daher z. B. in Abb. 6 die Schnittpunkte der $v_{mtl.}$-Kurven für $S_{\%} = 2{,}5$ und 5 für gleiches ψ auf die Geraden $p = f(J_{M\%})$, so erhält man eine Linie, die für die Wahl von $S_{\%}$ entscheidend wäre; oberhalb dieser Linie ist $S_{\%} = 2{,}5$ günstiger, unterhalb $S_{\%} = 5$. Die gleichen Schlüsse kann man sinngemäß auch aus Abb. 5 ziehen.

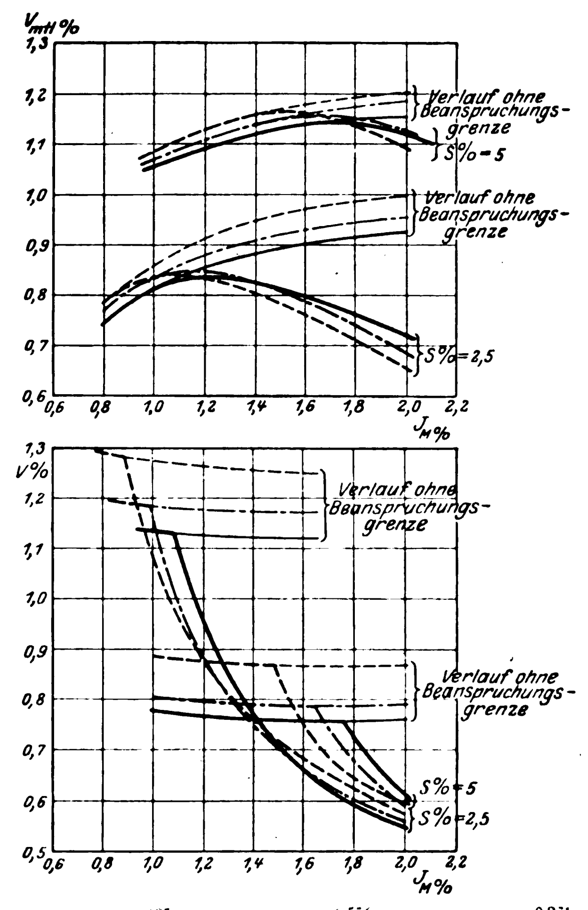
Für die Wh/tkm findet man, daß sie mit steigendem ψ bei konstantem p bzw. $J_{M\%}$ ebenfalls zunehmen und mit steigendem p bzw. $J_{M\%}$ bei konstantem ψ sinken. Durch die charakteristische Form der $V_{\%}$-Grenzkurven ergibt sich für mittleres $S_{\%}$ (etwa 5,0) zunächst ein fast horizontaler Verlauf, weil dabei $B = 0{,}7$ noch nicht erreicht ist und das Fahrdiagramm gemäß Voraussetzung noch keinen stromlosen Auslauf enthält.

Es liegt nun nahe, die Abb. 5 ... 7 daraufhin zu vergleichen, wie man bei konstanter mittlerer Fahrgeschwindigkeit den Wattstundenverbrauch durch zweckmäßige Wahl von $S_{\%}$ und ψ günstig beeinflussen kann. Ermittelt man aus Abb. 5 z. B. für die Werte von p, bei denen $v_{mtl.}$ für $S_{\%} = 2{,}5$ und 5 gleichgroß ist (also für die Schnitt-

punkte der $v_{mtl.}$-Kurven), die Wh/tkm, so erhält man folgende Zahlen:

$\psi =$	0,371	0,556	0 695
$p =$	0,48	0,85	1,16
Wh/tkm =	0,29	0,39	0,46 bei $S\% = 2,5$
	0,32	0,435	0 52 „ $S\% = 5,0$.

Man sieht also, daß hinsichtlich des Wattstundenverbrauches das größere $S\%$ ungünstiger ist; der Motor ist hierbei auch noch nicht voll beansprucht, da die Punkte auf dem nahezu horizontalen Teil der Kurven liegen. Ähnliches gilt für die Abb. 6 und 7.



———— $\psi = 0,695$ —·—·— $\psi = 0,556$ — — — — $\psi = 0,371$

Abb. 4. Mittlere Prozent-Fahrgeschwindigkeit $v_{mtl.\%}$ und Wattstundenfaktor $V\%$ in Abhängigkeit vom Prozent-Anfahrstrom je Motor $J_{M\%}$ bei Einführung der Grenzbeanspruchung $P_{max} = 0,7$ (vgl. Abb. 1).

Noch eine weitere Feststellung ist interessant; überträgt man die Schnittpunkte der Wh/tkm-Kurven Abb. 5 auf die $v_{mtl.}$-Kurven, so sieht man, daß bei gleichem Wattstundenverbrauch je tkm die effektive mittlere Fahrgeschwindigkeit $v_{mtl.}$ bei $S_{\%} = 2,5$ höher liegt als bei $S_{\%} = 5,0$; es gibt also für jedes ψ einen allerdings kleinen Bereich für die Anfahrbeschleunigung p, in dem mit $S_{\%} = 2,5$ gegenüber $S_{\%} = 5,0$ größeres bzw. gleiches $v_{mtl.}$ mit gleichen bzw. weniger Wh/tkm erreicht werden kann, wenn auch die Unterschiede sich in kleinen Grenzen bewegen. Bei jeweils kleineren (größeren) Werten von p liegen $v_{mtl.}$ und Wh/tkm bei $S_{\%} = 2,5$ (5,0) höher. Mit weiter steigendem p nähern sich die $V\%$-Kurven wieder, während die $v_{mtl.}$-Kurven auseinandergehen; es gibt also auch größere Werte von p, bei denen man mit gleichen oder nur wenig mehr Wh/tkm bei $S_{\%} = 5$ größeres $v_{mtl.}$ erreicht als mit $S_{\%} = 2,5$.

Bisher ist rein theoretisch untersucht, wie man die Fahrzeit durch zweckmäßige Wahl der Größen ψ und $S\%$ beeinflussen kann und wie sich dabei Motorbeanspruchung und Wattstundenverbrauch ändern können. Sehen wir von einigen durch die Einführung der Grenzbeanspruchung geschaffenen Sonderbedingungen ab, so bleibt als Ergebnis, daß großes ψ und kleines $S\%$ sich fahrtzeitkürzend auswirken; wir haben uns daher damit zu befassen, wie man ψ und $S\%$ im angedeuteten Sinn beeinflussen kann.

Geht man auf die eingangs genannten Formeln (1) und (2) zurück, betrachtet die Größen G_M, S und ϱ zunächst wieder als gegeben und unveränderlich und bedenkt, daß $K \equiv \frac{ü}{D} \equiv \frac{1}{k}$ ist, wobei man auch D als gegeben und konstant ansehen kann, so erhält man

$$\psi \equiv ü\, M_{d_{st}} \qquad (12)$$

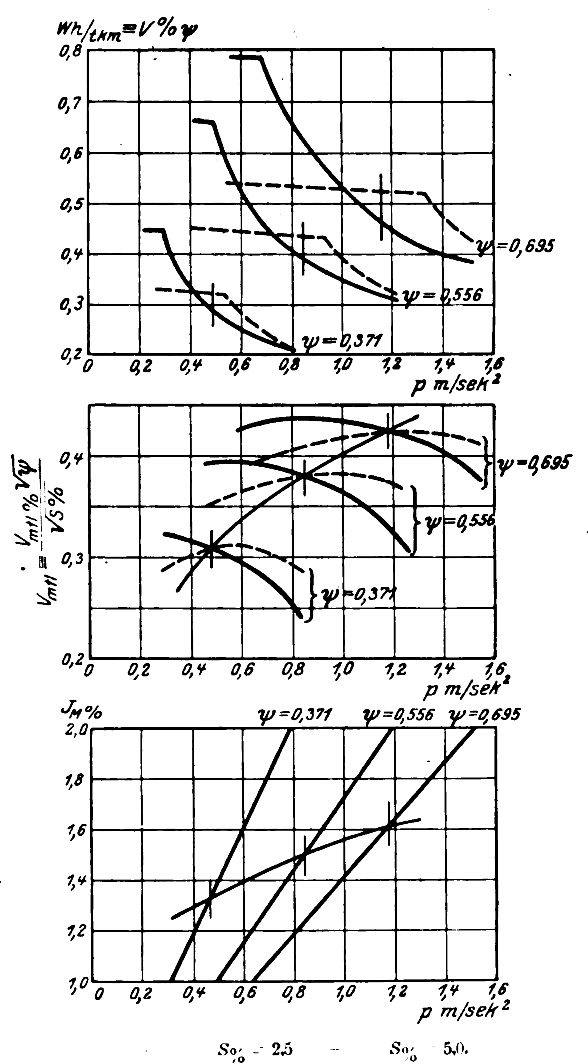
$$S_{\%} \equiv \frac{ü^3\, M_{d_{st}}}{n^2_{st}} \qquad (13)$$

Diesen Gleichungen zufolge wird eine Verkleinerung von $ü$ die Prozent-Stationsentfernung $S\%$ erheblich stärker beeinflussen als ψ, u. zw. mit der dritten Potenz; somit wird ein kleines Verhältnis $ü$ der Zähnezahl des großen Zahnrades zu der des Ritzels auf $S\%$ im gewünschten Sinn wirken. Um nun ψ zu vergrößern, muß $M_{d_{st}}$ stärker als umgekehrt proportional $ü$ steigen; der damit verbundene ungünstige Einfluß auf $S\%$ kann evtl. durch die Wahl von n_{st} wieder ausgeglichen werden; oft wird damit auch noch eine weitere Herabsetzung von $S\%$ möglich sein. Die Erreichung möglichst kurzer Fahrzeiten bedingt also kleines Übersetzungsverhältnis $ü$, großes Stundendrehmoment $M_{d_{st}}$ und große Stundendrehzahl n_{st}, also auch große Stundenleistung L_{st}; letzteres ging ja auch schon aus den Kurven Abb. 2 und 3 hervor. Ob ein Motor der so gefundenen Leistung in den vorhandenen Raum eingebaut werden kann, ebenso ob mit ihm die zugelassenen Abstände von Schienenoberkante einzuhalten sind, ist eine hier nicht zu untersuchende Frage. Die Nichterfüllung solcher Forderungen würde aber nichts anderes bedeuten als eine konstruktive Grenze, die der Kürzung der Fahrzeit gesetzt ist.

Aus den Gleichungen (1) und (2) geht auch hervor, daß auf die Größe von ψ und $S\%$ auch die soeben als konstant angesehenen Werte G_M, S und D Einfluß haben. Bei der mittleren Stationsentfernung S und dem Treibraddurchmesser D wird man wohl fast stets mit gegebenen Zahlen zu rechnen haben, doch sieht man, daß eine Vergrößerung von D auf ψ und $S\%$ genau so wirkt wie eine Verkleinerung von $ü$ und daß eine Vergrößerung der mittleren Stationsentfernung S direkt proportional die Prozent-Stationsentfernung $S\%$ beeinflußt. Diese Erkenntnis ließe vielleicht den Schluß zu, daß große Stationsentfernung ungünstig auf die Fahrzeit wirkt, weil dadurch $S\%$ heraufgesetzt wird und deshalb nach früheren Überlegungen kleinere Werte für die mittlere Fahrgeschwindigkeit resultieren. Das trifft natürlich nicht zu, wovon man sich leicht überzeugen kann; bleiben nämlich für zwei verschieden große Stationsentfernungen S die Größen $M_{d_{st}}$, n_{st}, D, $ü$ und G_M, also auch K, k, ψ, kn_{st} und $\frac{(k\, n_{st})^2}{\psi}$ konstant, so ist $S\%$ zwar proportional S, aber es steigt ja $v_{mtl.\%}$ mit wachsendem $S\%$ (Abb. 1), also auch $v_{mtl.} = v_{mtl.\%}\, k\, n_{st}$ mit wachsendem S; ebenso nimmt unter diesen Verhältnissen Wh/tkm mit steigendem S ab, da $V\%$ mit steigendem $S\%$ sinkt; es ändert sich auch die Motorbeanspruchung, u. zw. hängt es von der Größe von ψ und $J_{M\%}$ ab, ob der Motor bei der kleineren Stationsentfernung vielleicht schon überbeansprucht, bei der größeren dagegen nicht ausgenutzt ist.

Das Zuggewicht G_M je Motor als Beeinflussungsfaktor für ψ und $S\%$ ist noch besonders zu erwähnen. Es war schon angedeutet, daß der Möglichkeit des Einbaues großer Motorleistungen konstruktive Grenzen gezogen sein können; wenn wir auch in der Herabsetzung des Zuggewichts G_M je Motor durch Leichtbau der Wagen eine Möglichkeit haben, entweder $\psi = \frac{K\, M_{d_{st}}}{\varrho\, G_M}$ zu vergrößern oder das Stundendrehmoment und damit die Motorgröße herabzusetzen oder die Zugkraftkonstante $K \equiv ü$ und damit das Übersetzungsverhältnis $ü$ zu verringern (größere Abstände des Zahnrad-Schutzkastens von S.-O.!), so sind auch hier konstruktive Grenzen gegeben. Oft dagegen wird es aber möglich sein, das Zuggewicht je Motor G_M dadurch, u. zw. meistens in weit stärkerem Maße als durch Leichtbau herabzusetzen, daß man die Motorzahl im Triebwagen erhöht oder die Beiwagen ganz oder zum Teil durch Triebwagen ersetzt. Der Vorteil dieser bisweilen in der Praxis schon angewendeten Maßnahme prägt sich in unseren Gleichungen und Untersuchungen sehr deutlich aus, besonders dann, wenn man den Einfluß des sinkenden G_M sich nicht nur in einer Vergrößerung von ψ und damit auch von $S\%$, sondern auch in einer Verringerung von K bzw. $ü$ und damit einer

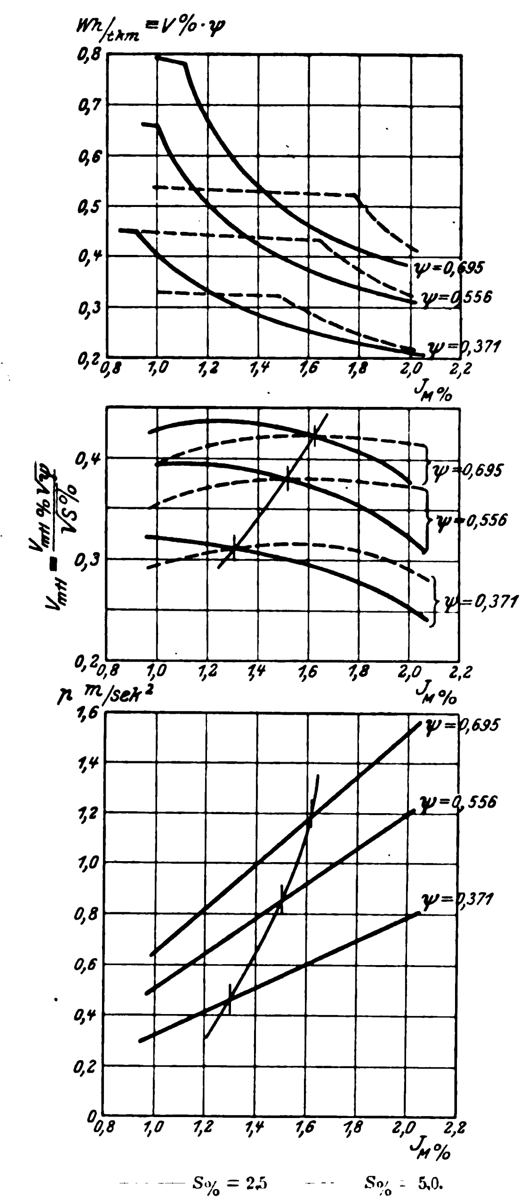
Herabsetzung von $S\%$ in der dritten Potenz von $ü$ oder aber in einer Verkleinerung des Stundendrehmomentes und somit der Stundenleistung auswirken läßt. In Grenzfällen, wo der Einbau größerer Motoren aus Raumgründen unmöglich ist, wird die Vergrößerung der Motorzahl im Zuge das einzig wirksame Mittel zu weiterer Fahrzeitkürzung, wenn die üblichen Maßnahmen, wie Erhöhung von Anfahrbeschleunigung und Bremsverzögerung, Kürzung der Aufenthaltszeiten usw. bereits erschöpft sind. Daß in der Beurteilung aller solcher Fragen hier die Wirtschaftlichkeit vollkommen außer acht gelassen ist, ändert nichts an rein technischen Tatsachen; daß aber bei einer Nutzanwendung unserer Erkenntnisse auch die wirtschaftliche Seite eingehend zu studieren ist, bedarf kaum der Erwähnung.



$S\%$ = 2,5 — $S\%$ = 5,0.

Abb. 5. Einfluß der Grenzbeanspruchung B_{max} = 0,7 auf Wh/tkm und v_{mtl}.

und ψ ist aus den Kurven *1* und *2* deutlich zu sehen, ebenfalls aus den Kurven *4* und *6* der Einfluß auf den Wattstundenverbrauch auf 1 tkm und die Stundenleistung (bei konstanter Stundendrehzahl zugleich Stundendrehmoment). Aus der Kurve *3* sieht man, daß der Prozent-Anfahrstrom je Motor $J_M\%$ mit steigender Motorleistung und sinkender Fahrzeit ebenfalls abnimmt und daher der Motor bei der Anfahrt weniger überlastet wird (Kommutierung!), aus



$S\%$ = 2,5 — $S\%$ = 5,0.

Abb. 6. Einfluß der Grenzbeanspruchung B_{max} = 0,7 auf Wh/tkm und v_{mtl}.

Um nun einen Überblick zu geben, wie die zweckentsprechende Anwendung unserer Feststellungen sich auf die Form der Fahrdiagramme auswirkt, ist die Abb. 8 beigegeben, in der für eine bestimmte Stationsentfernung Diagramme für acht verschiedene Motorleistungen aufgezeichnet sind. Bei Diagramm *1* ist die Motorleistung so gewählt, daß die geradlinige Anfahrbeschleunigung bis zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit durchgehalten und der Strom bei Erreichung dieser Geschwindigkeit abgeschaltet wird; mit sinkender Motorleistung hört die geradlinige Anfahrbeschleunigung bei immer kleineren Geschwindigkeiten auf, ebenso bleibt auch die erreichte höchste Fahrgeschwindigkeit immer mehr unter der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit.

In Abb. 9 endlich sind die Werte von $ü$, $S\%$, ψ, $J_M\%$, Wh/tkm, $J_M\%$ J_{st} und L_{st} (bzw. Md_{st} bei konstanter Stundendrehzahl), bezogen auf ihre Größe bei Diagramm *8* der Abb. 8, als Funktion der reinen Fahrzeit, ebenfalls bezogen auf die bei Diagramm *8* erreichte Fahrzeit, aufgetragen. Das zur Erreichung kürzerer Fahrzeiten als günstig und erforderlich erkannte Verhalten von $ü$, $S\%$ Kurve *5* jedoch, daß der effektive Anfahrstrom $J_M\%$ J_{st} zunimmt, die Spitzenbelastung der Stromlieferungsanlage also wächst. Die Diagramme sind so bestimmt, daß der Motor jeweils möglichst voll beansprucht ist ($B \approx 0,7$). Man sieht aus Abb. 9, daß eine Fahrzeit von 82,5 % schon eine Motorleistung von etwa 225 % benötigt und die Wh/tkm auf rd. 170 % steigen läßt, während die Anfahr-Stromspitze auf etwa 160 % anwächst; eine derart beabsichtigte Fahrzeitkürzung bedeutet also nicht nur die Anschaffung stärkerer Motoren und entsprechender Steuerungsteile sowie festere mechanische Konstruktion der Wagen, sondern auch entsprechende Verstärkung der Stromlieferungsanlage; sie bedeutet aber auf der anderen Seite Ersparnisse an Zugzahl und -personal, Erhöhung der Jahres-Kilometerleistung und daher bessere Ausnutzung des Materials, erhöhtes Platzangebot usw., von einer größeren Werbekraft auf das Publikum abgesehen; die Wirtschaftlichkeitsberechnung hätte solche Fragen also zu berücksichtigen.

Es sollen nun noch kurz die Auswirkungen eines Zeitrückhaltes besprochen werden. Die in Abb. 1 gezeigten

$v_{\text{mtl.}\%}$-Kurven entsprachen der kürzesten Fahrzeit; die in Abb. 4 dargestellten Grenzkurven für $v_{\text{mtl.}\%}$ begannen ebenfalls ohne stromlosen Auslauf, während bei steigendem $J_M\%$ mit Rücksicht auf B ein zunehmender stromloser Auslauf erforderlich war. Solange nun ein stromloser Auslauf vorhanden ist, enthält das Fahrdiagramm wünschter Höhe einschließen, müssen Kurven ermittelt werden, die um diesen (prozentualen) Zeitrückhalt unter den Kurven für $v_{\text{mtl.}\%_{\max}}$ liegen. Dadurch nimmt die Motorbeanspruchung ab, so daß also auch mit Rücksicht auf gute Motorausnutzung große Werte von $S\%$ ungünstiger sind als kleine, da bei ihnen nach Abb. 1 die Beanspruchung sowieso schon unter der Grenze liegt. Bei kleinen Beträgen von $S\%$ ist die $v_{\text{mtl.}\%}$-Kurve mit Zeitrückhalt (für normale Fahrzeit) um die Größe dieses Zeitrückhaltes unter der Grenzkurve einzutragen; damit bleibt aber die Motorbeanspruchung bei normaler Fahrzeit ebenfalls unter $B_{\max} = 0,7$, wenn auch um weniger als bei großem $S\%$. Wie bereits an anderer Stelle[2] ausgeführt, kann in solchen Fällen, wo der Zeitrückhalt verhältnismäßig wenig in Anspruch genommen wird, die Beanspruchungsgrenze für kürzeste Fahrzeit gegebenenfalls höher gewählt werden als die für normale Fahrzeit, doch ist darauf zu achten, daß die Geschwindigkeitskurve für Normalbetrieb, die um den Zeitrückhalt unter der Grenzkurve für kürzeste Fahrzeit liegt, die Grenzkurve für Normalbetrieb nicht übersteigt.

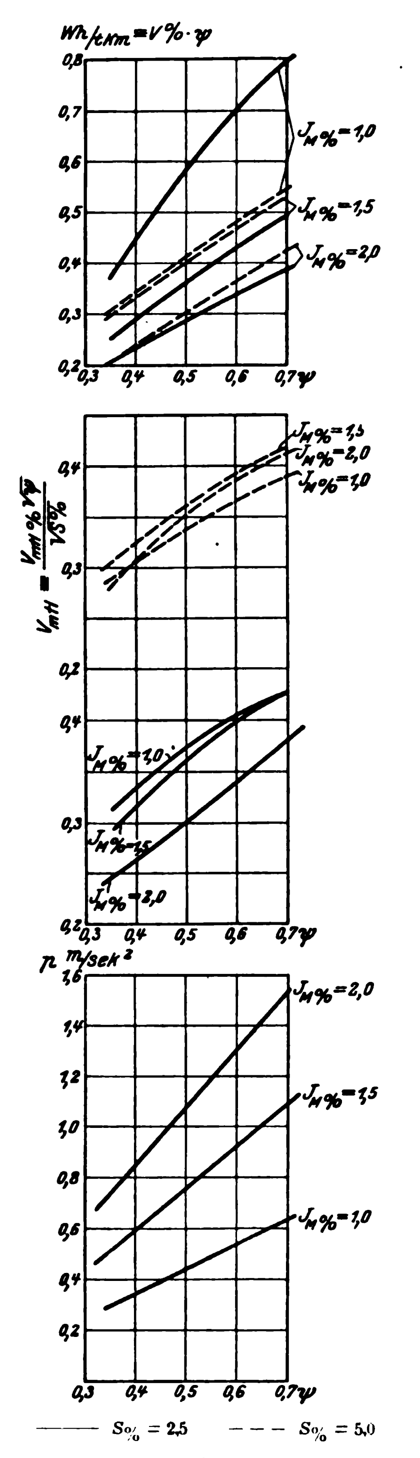


Abb. 7. Einfluß der Grenzbeanspruchung $B_{\max} = 0,7$ auf Wh/tkm und $v_{\text{mtl.}}$

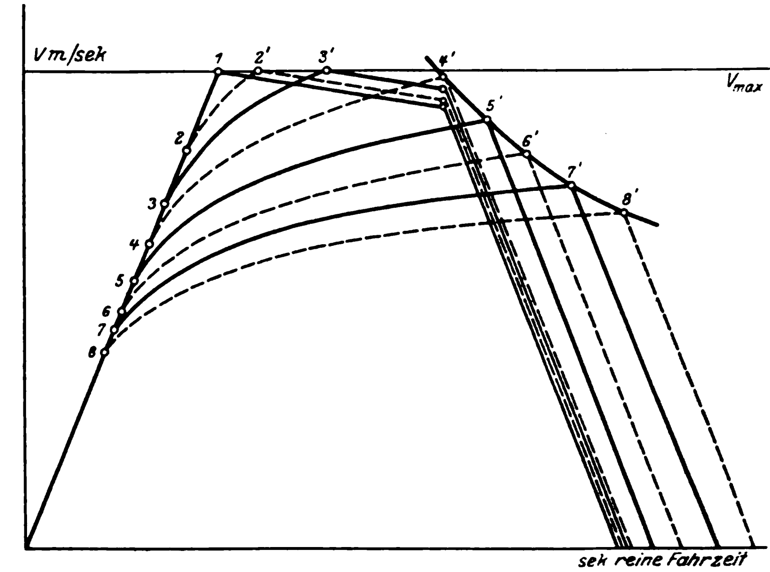
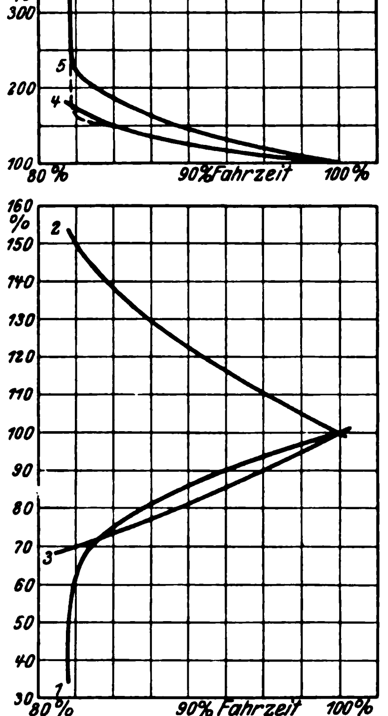


Abb. 8. Kürzere Fahrzeit durch höhere Motorleistung (vgl. hierzu Abb. 9).



1 $\ddot{u}$ und $S\%$
2 ψ
3 $J_M\%$
4 Wh/tkm
5 Amp. Anfahrstrom = $J_M\% \cdot J_{st}$
6 Stundenleistung, zugleich Stundendrehmoment bei konstanter Stundendrehzahl

Abb. 9. Charakteristische Grundlagen und Ergebnisse der Abb. 8 in Abhängigkeit von der Fahrzeit; sämtliche Größen in Prozent ihrer Werte bei Diagramm 8

zwar einen Zeitrückhalt, gegeben durch den Abstand der Grenzkurve von der Kurve für absolut größtes $v_{\text{mtl.}\%}$, aber bei einer Inanspruchnahme dieses Rückhaltes übersteigt B den als Grenze angenommenen Wert; außerdem müßte auch $J_M\%$ eine solche von $S\%$ abhängige Größe annehmen, damit der Zeitrückhalt wirklich die gewünschte Größe erreicht. Um also überhaupt erst einmal die Werte von $v_{\text{mtl.}\%}$ zu kennen, die einen Zeitrückhalt von ge-

[2] Wiss. Veröff. Siem.-Konz. Bd. 7, S. 169.



Über die neuesten Fortschritte auf dem Gebiet der Wolframdrahtlampen.

Von H. Alterthum, Berlin.

Übersicht. Der Aufsatz gibt eine historische Darstellung der Entwicklung besonders formbeständiger Drähte für die Leuchtkörper von Wolframglühlampen sowie die Beschreibung ihrer Eigenschaften und Anwendungen in der Glühlampentechnik.

Die bekannten grundlegenden Verfahren[1] der Glühlampentechnik, soweit sie das Leuchtkörpermaterial betreffen, sind das Ziehverfahren für Wolframdrähte (General Electric Co.) und das Pintschverfahren; das letztere besteht darin, einen gespritzten Faden aus gepastetem Wolframpulver durch fortlaufendes Erhitzen auf hohe Temperaturen in sog. Einkristalle zu verwandeln. Die Gründe, weshalb das Pintschverfahren heute nicht in gleichem Umfange wie das Drahtziehverfahren angewendet wird, liegen offenbar in der wirtschaftlichen Überlegenheit des Ziehverfahrens, zudem man heute in der Lage ist, mit dem Ziehverfahren ein Leuchtkörpermaterial herzustellen, das als sog. Langkristalldraht von den Zwangszuständen frei ist, die der gezogene Draht aufwies. Dieser Erfolg ist den jahrelangen Bemühungen der Betriebe und Laboratorien der Glühlampenfabriken fast der ganzen Welt zu verdanken. Ausgehend von dem bisherigen Verfahren kann heute gezogener Draht hergestellt werden, der auch bei den höchsten Temperaturen der Lampe ebenso formbeständig bleibt wie der Pintsch-Einkristallfaden; es ist einer der wesentlichsten Vorteile dieser Verfahren, daß die nach ihnen hergestellten Wendeln derartige Eigenschaften aufweisen, daß die günstige Anfangs-Lichtausbeute der Lampen während der ganzen Lebensdauer erhalten bleibt. Wie dieses Ziel erreicht wurde und welche Fortschritte damit auf dem Glühlampengebiet gemacht worden sind, sei hier zusammenfassend dargestellt.

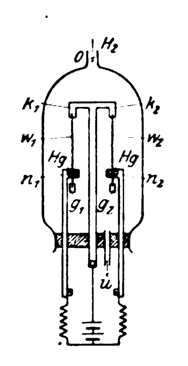


Abb. 1. Demonstration des Durchhangs verschieden kristallisierter Drähte.

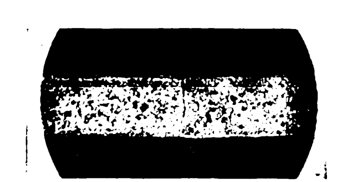
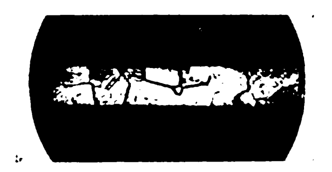
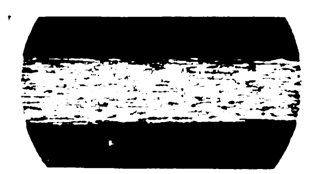

Abb. 2. Korngrenze zweier Kristalle im Pintschfaden.


Abb. 3. Korngrenze zweier Kristalle im Langkristalldraht.

Sehr sinnfällig hat bereits 1926 Koref[2] den Unterschied einer solchen neuen Wendel gegenüber einer alten durch folgenden Versuch (Abb. 1) gezeigt: Zwei Wolframdrahtwendeln w_1 und w_2 werden auf einem gemeinsamen Gestell an den gleichzeitig als Stromzuführungen dienenden Metallklemmen k_1 und k_2 senkrecht aufgehängt und durch die kleinen Gewichte g_1 und g_2 leicht elastisch gestrafft. Die Stromleitung erfolgt durch mit einem Schlitz versehene mit Quecksilber gefüllte Eisennäpfchen n_1 und n_2, durch welche die Wendeln an ihrem unteren Ende hindurchhängen. Über dieses Gestell ist ein Glaszylinder gestülpt, durch den Wasserstoff oder ein anderes Wolfram nicht angreifendes Gas bei o einströmt und bei u austritt. Erhitzt man jetzt beide Wendeln auf Glühlampentemperatur, so hängt sich die aus gewöhnlichem gezogenen Draht bestehende Wendel aus der Schraubenform fast bis zur Geraden durch, während die andere Wendel bei gleicher Belastung und Temperatur ihre Gestalt unverändert beibehält.

Durch die Arbeiten, die zu diesem Ergebnis geführt haben, wurde bekannt, daß es die besondere Kristallstruktur des Drahtes ist, die ihm diese Eigenschaften verleiht. Jacoby und Koref[3] sowie unabhängig davon Goucher[4] zeigten, daß es bei einem stabilen Draht nicht darauf ankommt, daß er in seiner ganzen Länge aus einem einzigen Kristall besteht, sondern daß es genügt, wenn er aus wenigen Kristallen besteht, vorausgesetzt, daß die Grenzflächen zweier sich berührenden Kristalle nicht senkrecht oder nahezu senkrecht zur Drahtachse stehen; sie müssen sich vielmehr auf einer weit größeren Fläche als der Querschnitt beträgt, gegenseitig berühren, d. h. auf einem längeren Drahtstück nebeneinander herlaufen. Abb. 2 zeigt eine Stoßstelle eines Pintschfadens, wie sie manchmal vorkommt; sie verläuft nahezu senkrecht zum Längsschnitt. Abb. 3 zeigt eine solche eines Drahtes, bei der zwei durch verschiedene Ätzung gekennzeichnete Kristalle sich in der soeben geschilderten Weise berühren. Die Verankerung der beiden Kristalle wird dadurch offenbar stark vergrößert und die Festigkeit ist dadurch praktisch dieselbe, als wenn die beiden Kristalle ein einziger wären. Die Kristalle eines solchen Drahtes sind übereinander gestapelt wie die sog. „Stapel" jedes Faserstoffes und man hat solche Kristalldrähte daher auch Stapelkristalldrähte genannt. Abb. 4 zeigt im Gegensatz dazu die Kristallstruktur eines gewöhnlichen gezogenen Drahtes, wie sie sich nach längerer Betriebsdauer ausbilden kann.


Abb. 4. Kristallstruktur eines gewöhnlichen gezogenen Drahtes nach längerer Brenndauer.


Abb. 5. Faserstruktur eines gezogenen Drahtes.

Eine derartige Stapelkristallstruktur wird gewöhnlich auf zwei voneinander prinzipiell verschiedenen Wegen erreicht. Der eine besteht darin, daß man den gezogenen Draht einer Reihe von thermischen Behandlungen unterwirft, die noch mit mechanischen Deformationen kombiniert sein können, der andere darin, daß man dem Ausgangsmaterial des Drahtes, also der Wolframsäure oder dem Metallpulver, einen Zusatz oder eine Reihe von Zusätzen einverleibt, die die nachherige Kristallisation des Drahtes im gewünschten Sinne beeinflussen, ohne daß eine besondere Nachbehandlung des fertig gezogenen Drahtes nötig wäre. Der Draht wird nach dem thermisch-mechanischen Verfahren, wie es der Kürze halber genannt sei, zunächst auf die Temperatur gebracht, bei der die Fasern des gezogenen Drahtes gerade zu zerfallen beginnen. Abb. 5 zeigt einen gewöhnlichen, Faserstruktur besitzenden Draht, Abb. 6 einen gerade bis zur Auflösung der Ziehstruktur geglühten Draht; die dazu erforderliche Temperatur und Zeit sollen so bemessen sein, daß der Draht gerade noch biegsam bleibt, was sich durch Ausprobieren leicht feststellen läßt. Nach dieser Vorbehandlung wird der Draht auf eine sehr hohe, nur durch den Schmelzpunkt und die Festigkeit des Materials sowie durch apparative Rücksichten nach oben begrenzte Temperatur erhitzt, wobei die aus der Faserstruktur entstandenen Zerfallprodukte sich zu neuen Kristallen vereinen, die sich über Längen von mehreren Drahtdurchmessern erstrecken und mit ihren Nachbarkristallen durch Überlappung eng verankert sind. Das Verfahren wird in seiner Wirksamkeit noch unterstützt, wenn die eine oder alle beide der beiden Temperaturbehandlungen wie beim Pintschverfahren am fortlaufenden Draht ausgeführt werden. Sehr wirksam ist es, den Draht zwischen den beiden thermischen Behandlungen einer mechanischen Deformation zu unterwerfen, z. B. ihn eine oder mehrere Stufen

[1] H. Alterthum, Wolfram. Braunschweig 1925.
[2] F. Koref, Metallbörse Bd. 17, S. 793.
[3] DRP. 371 623.
[4] DRP. 399 896.



herunterzuziehen und ihn dann erst auf die hohe Temperatur zu erhitzen, wodurch die Verzahnung der Stoßstellen noch weitgehend vergrößert wird.

Der zweite Weg, auf dem man dasselbe Ziel erreichen kann, ging ursprünglich davon aus, das bei der Herstellung verwandte Natriumwolframat ganz oder zum Teil durch die Wolframate anderer Alkalimetalle, z. B. Lithiumwolframat oder Kaliumwolframat zu ersetzen, und Pacz[5], der dieses Verfahren vorgeschlagen hat, hat eine besonders gute Wirkung durch Verwendung aller drei genannten Wolframate in einem genau ausgewählten Mengenverhältnis erzielt. Dieses Verfahren ist dann weiter ausgebaut worden[6], indem dem Draht von vornherein ein Zusatz innig einverleibt wurde, der Kieselsäure und ein Alkalimetall (z. B. Natrium oder Rubidium) enthält, wobei dieser Zusatz eine solche Verdampfungstemperatur hat, daß er bei oder unterhalb der Sintertemperatur des Wolframs verdampft, u. zw. hauptsächlich in dem Temperaturbereich, wo rasches Wachstum der Wolframkörner stattfindet. Dieser Zusatz kann entweder dem fertig reduzierten Metallpulver vor dem Stabpressen oder aber schon in einem früheren Stadium des Verfahrens der Wolframsäure oder einer anderen Verbindung, aus der das Metall hergestellt wird, einverleibt werden; seine Wirksamkeit stellt man sich so vor, daß er mit den im Metall enthaltenen Verunreinigungen eine Verbindung eingeht, die bei oder unterhalb der Sinterungstemperatur des Wolframs verflüchtigt wird; er übt also eine reinigende Wirkung aus, deren Einfluß auf die Kristallstruktur besonders von Smithells[7] eingehend untersucht worden ist.



Abb. 6. Aufgelöste Faserstruktur eines gezogenen Drahtes.

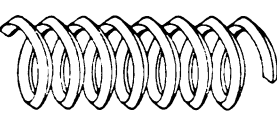


Abb. 8. Aufgewickelter Einkristalldraht, kantig geätzt (schematisch).

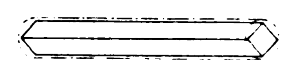


Abb. 7. Ursprünglich zylindrischer Einkristallkörper nach dem Anätzen (schematisch).

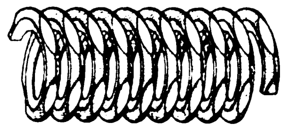


Abb. 9. Nach dem Aufwickeln kristallisierter Draht, kantig geätzt (schematisch).

Ein weiterer Fortschritt wurde erreicht, als man dazu überging, die endgültige Kristallbildung erst nach der Wicklung der Leuchtkörperwendel erfolgen zu lassen. Verschiebungen der Kristallelemente und Verbiegung des Kristallgitters werden so vermieden, da sich jetzt der endgültige Kristall aufbaut, ohne nachher noch einer Deformation unterworfen zu werden. Der Grund für dieses Verhalten liegt in der kristallographischen Struktur eines so hergestellten Drahtes, da in ihm die Verankerung der Stoßstellen unverändert bleibt, die Struktur der dazwischen liegenden Kristalle jedoch eine andere ist, als wenn ein fertig kristallisierter Draht in Schraubenform gewickelt wird. Ein solcher schraubenförmiger Leuchtkörper verhält sich nämlich praktisch so, als wäre er aus einem einzigen oder einer Anzahl aneinandergelagerter Kristalle herausgeschnitten worden. Dies kann durch Anätzen der Wendeln kenntlich gemacht werden. Es ist aus der Kristallographie bekannt und gilt entsprechend für die Metallkristallographie, daß zylindrische Einkristallkörper beim Anätzen allmählich eine prismatische Gestalt annehmen, wie schematisch in Abb. 7 dargestellt. Ätzt man einen schraubenförmigen Leuchtkörper, der durch Aufwickeln eines Einkristalldrahtes entstanden ist, so folgen die Ätzkanten den Schraubenwindungen, wie es Abb. 8 zeigt. Der Hüllkörper der Schraube bleibt also auch nach der Ätzung ein Zylinder. Erfolgt die Kristallisation jedoch erst nach der Formgebung zur Schraube, so folgen die Ätzkanten der Wendel nicht mehr den Schraubenwindungen. Es bilden sich vielmehr, wie dies Abb. 9 darstellt, an der Außenseite als Ätzerscheinungen facettenartige Abplattungen aus, die in ganz gesetzmäßiger Weise zur Schraubenachse, nicht aber wie in Abb. 8 zur Drahtachse angeordnet sind. Eine solche Wendel ist also so kristallisiert, als ob sie aus einem großen Kristall herausgeschnitten wäre; der Hüllkörper der geätzten Wendel ist kein Zylinder, sondern ein mit Abplattungen versehener, der prismatischen Form zustrebender Körper, wobei die Kanten der Abplattungen parallel zur Schraubenachse laufen. Die Stärke der Abplattungen und die Einzelheiten ihrer Ausbildungen hängen von der Dauer der Ätzung ab, ihre Lage von dem Winkel, den die Achsen des gedachten Kristalls mit der Schraubenachse bilden. Diese auch vom kristallographischen Standpunkt interessanten Verhältnisse haben Groß, Koref und Moers[8] näher untersucht und ausgewertet. Eine Silhouette einer Reihe vollständig kantig angeätzter Windungen einer solchen Wendel ist in Abb. 10 wiedergegeben. Eine Korngrenze eines solchen Drahtes mit sich überlappenden Kristallen zeigt Abb. 11.

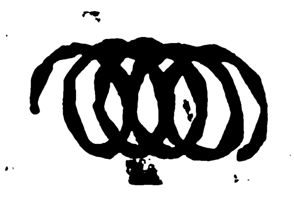


Abb. 10. Silhouette eines nach dem Aufwickeln kristallisierten Drahtes, der kantig geätzt ist.

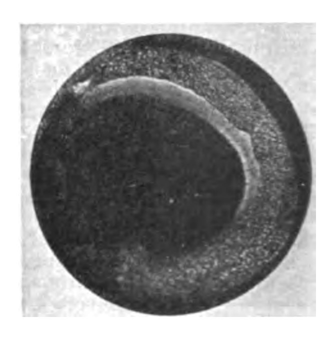


Abb. 11. Korngrenze eines Schraubenkristalldrahtes.

Die Herstellung solcher Spiralkristalle oder, wie man sie richtiger nennt, Schraubenkristalle ist verhältnismäßig einfach und geschieht, wie schon oben angedeutet, dadurch, daß man die Kristallstruktur nicht vor dem Wickeln zur Wendel erzeugt, sondern nach diesem, u. zw. entweder vor der Montierung auf dem Gestell oder auch ebensogut in der fertigen Lampe. Nur das Vorglühen zum Zerfall der Faserstruktur und gegebenenfalls eine mechanische Deformation des Drahtes durch Ziehen oder auf anderem Wege muß vor dem Wickeln erfolgen. Im Falle von Drähten mit Zusätzen ist eine solche thermisch-mechanische Vorbehandlung nicht immer notwendig, wodurch sich die Herstellung noch vereinfacht. Die Heiß-Formbeständigkeit von Leuchtkörpern aus solchen Kristallen ist derjenigen von kleinkristallinen Wendeln überlegen. Man kann also jetzt den Kerndurchmesser der Wendeln weit größer als früher wählen, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Lampe bei den gasgefüllten Typen beträchtlich gesteigert wird.

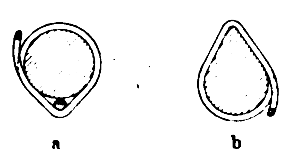


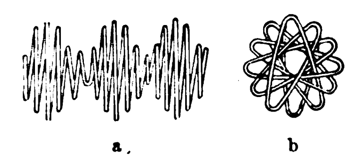
Abb. 12. Unrund profilierte Kerne für Wendeln.

Man kann aber den Kerndurchmesser noch größer wählen und die Wendel so weiter verkürzen, wenn der zur Herstellung der Schraube benutzte Draht in kurzen Abständen Deformationsstellen aufweist; solche Stellen wirken dann gewissermaßen als Keimstellen für die Kristallumwandlung, indem sie den Eintritt der Kristallumwandlung begünstigen, die sich von diesen Stellen aus in die benachbarten, nicht oder ungenügend deformierten Stellen fortpflanzt. Solche Deformationen können durch Schlag- oder Druckwirkung erzeugt werden; es genügt jedoch auch, wenn die Krümmung des Drahtes an diesen Stellen stärker ist als in seinem sonstigen Verlauf. Daraus ergibt sich als einfachste Ausführung das Wickeln der Wendeln auf einen Kern ungleichmäßigen Profiles oder einen, der aus mehreren aneinandergelegten zusammengesetzt ist, wie es in Abb. 12 a und b schematisch dargestellt ist. An den stärker gekrümmten Stellen erfährt der Draht eine stärkere Deformation — und damit eine Keimstelle — als an den Stellen des größeren Krüm-

5 Amer. Pat. 1 299 017.
6 Amer. Pat. 1 410 499.
7 C. J. Smithells, J. Inst. Metals Bd. 27, S. 107.


8 R. Groß, F. Koref u. K. Moers, Z. Phys. Bd. 22, S. 317.

mungsradius. Diese Art der Formgebung der Wendel ist, wie man leicht einsieht, zahlreicher Variationen fähig, außer der Kristallstruktur des Leuchtkörpers werden dadurch vor allem auch seine Länge und Form beeinflußt. Mit diesem Verfahren kann man bei gleichem Durchhang den Kerndurchmesser von Leuchtkörpern derart steigern, daß ihre Länge auf den dritten Teil der bisher üblichen und noch weiter herabgesetzt werden kann. Ein extremes Beispiel für einen derartigen Leuchtkörper bietet die nach diesem Verfahren[9] hergestellte sog. Sternwendel, die schematisch[10] in Abb. 13 in der Längs- und



a, b

Abb. 13. Sternwendel, Längs- und Seitenansicht.

Seitenansicht dargestellt ist. Die Sternwendel entsteht, wenn man als Kern nicht einen schwach profilierten Draht, sondern ein schmales Band verwendet. Dabei wird der Draht zum Teil elastisch, zum Teil überelastisch beansprucht. Nach Entfernung des Bandes gehen die elastischen Verformungen federnd zurück, die Wendel springt auf und vergrößert dadurch ihren Kerndurchmesser noch weiter, während die überelastischen Deformationen nicht zurückgehen.

Die Fortschritte, die die Glühlampentechnik mit Hilfe der in den vorangehenden Abschnitten beschriebenen Vervollkommnungen des Drahtmaterials gemacht hat, liegen in verschiedener Richtung. Der hauptsächliche Erfolg ist wohl der, daß die normalen g a s g e f ü l l t e n Lampen jetzt nicht mehr im Laufe ihres Brennens denjenigen Grad von Durchhang aufweisen, der früher für sie charakteristisch war und der dazu führte, daß nicht nur der Lichtstrom sondern auch die Lichtausbeute, d. h. die für 1 W ausgestrahlten Kerzen weit unter den beim Einschalten vorhandenen Wert sanken. Dadurch ist es auch gelungen, das Gasfüllungsprinzip bei Lampen kleinerer Wattzahl als bisher zu verwenden. So liegt[11] die Grenze zwischen luftleerer und gasgefüllter Lampe heute im allgemeinen bei 25 ... 30 W. Bei V a k u u m l a m p e n selbst ist man ebenfalls fast allgemein von der Langdrahtform des Leuchtkörpers zur Wendelform übergegangen; dadurch wurde der Leuchtkörper mehr zusammengedrängt, die Lampe kleiner und handlicher, die Zahl der Halter ließ sich vermindern, wodurch die Montierung erleichtert wurde. Die Zahl der Typen konnte infolge der Konstruktions-Vereinheitlichung vermindert werden.

Eine grundlegende Änderung schuf der neue Draht jedoch auf dem Gebiet der P r o j e k t i o n s l a m p e n. Man wußte schon lange, daß die besonderen Vorteile der gasgefüllten Metalldrahtlampe, nämlich der Fortfall der Wartung, des Ersatzes abgebrannter Kohlen sowie der Reparaturbedürfnisse des Regelwerkes, das ruhige, gleichmäßige Brennen und die Feuersicherheit diese Lampen zum Ersatz von Bogenlampen in der Projektionstechnik geradezu prädestinierten. Ihrer Verwendung stand lediglich entgegen die auch bei den normalen Nitralampen noch zu große Ausdehnung des Leuchtkörpers, der für Projektionszwecke in möglichster Annäherung punktförmig sein, jedenfalls aber eine möglichst große Leuchtdichte (HK/mm²) ergeben soll. Die dazu erforderliche gedrungene Form des Leuchtkörpers ließ sich mit dem alten gezogenen Draht nur unvollständig erreichen und gestattete keinesfalls, die Temperatur des Leuchtkörpers auf das gewünschte Maß zu steigern, weil dann Berührungen der einzelnen Windungen eintraten, die ganze Leuchtkörperteile kurzschlossen, vom Durchhang und seinen oben beschriebenen Nachteilen ganz zu schweigen. Durch Verwendung des Stapel- bzw. Langkristalldrahtes sind alle diese Schwierigkeiten beseitigt worden und es ist gelungen, Lampen herzustellen, die den schärfsten Anforderungen der Projektionstechnik weitgehend genügen, ohne im Laufe ihres Lebens an Wirkung wesentlich nachzulassen. Eine Reihe neuer Lampentypen dieser Art ist von B o r n und R e e b[12] beschrieben worden; die Leuchtdichte einer röhrenförmigen Projektionslampe beträgt mehr als das Zehnfache einer normalen gasgefüllten Lampe; man kann ferner die Leuchtdichte durch Verwendung dicker Drähte, also niedriger Betriebspannung, noch um ein Mehrfaches erhöhen.

Einer der allerjüngsten Erfolge, der noch über die bisher geschilderten hinausgeht und dessen Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist, ist aber in der Verwendung von sog. D o p p e l s c h r a u b e n als Leuchtkörper zu erblicken. Bei einer Doppelschraube geht man von einer fortlaufend gewickelten Wendel aus und wickelt sie nochmals in Schraubenform auf, wie in Abb. 14 dargestellt[10]. Man wußte schon immer, daß durch eine solche Leuchtkörperform die Wirtschaftlichkeit einer gasgefüllten Lampe nach dem Prinzip von L a n g m u i r[13] noch weiter als durch Verwendung einer einfachen Schraube gesteigert werden kann. Solche Leuchtkörper konnten aber bisher keine praktische Verwendung finden, weil es nicht gelungen war, denselben die nötige Formbeständigkeit zu verleihen. Sie hingen vielmehr entweder sofort nach dem Einschalten des Stromes stark durch oder verzerrten sich beim Gebrauch, da die zwischen zwei Haltern hängenden Teile eines solchen Leuchtkörpers ja weit schwerer sind als bei Einfachwendeln. In logischer Fortführung des bei dem Schraubenkristall angewandten Verfahrens, einem Leuchtkörper erst nach dem Aufwickeln die endgültige Kristallstruktur zu verleihen, gelangt man auch zu einem stabilen, heißformbeständigen



Abb 14. Doppelschraube.

Leuchtkörper in Doppelschraubenform, wenn man einen Wolframdraht schraubenförmig aufwickelt, diese Schraube dann abermals schraubenförmig aufwindet und die zur Erzielung der endgültigen Kristallform erforderliche Hitzebehandlung erst nach dieser endgültigen Formgebung anwendet. Es werden dadurch wie bei der Einfachschraube nicht nur den gesamten Leuchtkörper erfüllende, sich überlappende, unverbogene Kristalle erzeugt, die auch



a b

Abb. 15. Leuchtgestelle von (a) Einfach- und (b) Doppelschrauben-Autosucherlampen.

später nicht mehr rekristallisieren, sondern es wird gleichzeitig auch der Doppelschraube die ihr innewohnende Federung genommen. Der so erzeugte Doppelschraubenkörper hat eine so überraschend weitgehende Formbeständigkeit, daß nicht nur Verzerrung sondern auch jeglicher nennenswerte Durchhang des Leuchtkörpers selbst nach sehr langer Brenndauer verhindert sind. Solche Leuchtkörper haben dann eine wesentlich kleinere Umhüllungslänge als entsprechend gebaute aus Einfachwendeln, wodurch es einmal gelingt, den Wirkungsgrad bei gasgefüllten Lampen noch weiter beträchtlich zu erhöhen, u. zw. bei einer Type für 30 W, 220 V um etwa 20 %. Die weitgehende Zusammendrängung des Leuchtkörpers bringt den weiteren, auch für Vakuumlampen nutzbar zu machenden Vorteil, daß die Halterung des Leuchtkörpers vereinfacht wird. Die ebenfalls erzielte Erhöhung der Leuchtdichte gibt ferner den Vorteil der unmittelbaren Verwendbarkeit für besondere Zwecke, z. B. als Projektionslampen für Scheinwerfer usw. Leuchtkörper dieser Art sind ebenfalls in der Patentliteratur mehrfach erwähnt; mit derartigen Leuchtkörpern ausgerüstete Lampen sind vor kurzem von B e r g m a n s und v a n L i e m p t[14] beschrieben worden. Abb. 15 a und b zeigen die Änderung

---

[9] DRP. 420 644.
[10] E. L a x u. M. P i r a n i in H. G e i g e r u. R. S c h e e l, Handbuch d. Physik Bd. 19, S. 370.
[11] E. L a x u. M. P i r a n i in H. G e i g e r u. R. S c h e e l, Handbuch d. Physik Bd. 19, S. 371.
[12] F. B o r n u. O. R e e b, Licht u. Lampe, im Erscheinen begriffen.
[13] J. L a n g m u i r u. O r a n g e, Proc. Am. Inst. El. Engs. Bd. 32, S. 1915.
[14] J. B e r g m a n s u. J. A. M. v a n L i e m p t Polytechn. Weekbl. vom 31. I. 1929, Nr. 5.



gegenüber einer Einfachwendel bei einer im Jahre 1926 von der Osram-Gesellschaft herausgebrachten Type dieser Art, einer Autosucherlampe. Ein wichtiger Schritt zu einer weiteren Verbesserung scheint damit getan zu sein.

Naturgemäß vollzieht sich die Einführung derartiger Neuerungen nicht so schnell, wie es Hersteller und Verbraucher gern sähen, da bei der Inbetriebsetzung einer neuen Lampentype stets eine bestimmte Lebensdauer gewährleistet und verlangt wird. Es steht nun mit der Prüfung der Lebensdauer heute nicht mehr so wie zu den Zeiten der Anfänge der Metalldrahtlampen, wo eine amtliche Bescheinigung über die Lebensdauer von vielleicht sechs Lampen eine mehr als ausreichende Gewähr für den Verbraucher bot. Die Lebensdauern von Glühlampen sind, wie die Arbeiten von Becker, Plaut und Runge[15] gelehrt haben, vielmehr nach den Regeln der mathematischen Statistik als Kollektivgegenstand zu behandeln. Dabei genügt es nicht, wenn man nur eine möglichst große Anzahl von Lampen einem Brenndauerversuch unterwirft, sondern ein solcher Versuch mit Hunderten oder Tausenden von Lampen muß wieder und wieder wiederholt werden; denn durch jede noch so kleine Veränderung in der Fertigung oder Ausführung kann sich nicht nur der mittlere Wert der Lebensdauer als solcher ändern, sondern auch die Streuungsmaße ändern sich; die Folge hiervon ist wiederum, daß die Wirkung der an den Netzen vorkommenden Spannungsschwankungen anders zu bewerten ist. Bedenkt man, daß zu einem Versuch von 1500 Brennstunden mit der für die Zwischenmessungen und die „Überlebenden" aufzuwendenden Zeit rund drei Monate erforderlich sind und daß während der ersten Zeit der Herstellung einer neuen Type an deren Fertigung stets noch weitere kleine Verbesserungen vorgenommen werden, so sieht man leicht ein, daß bis zur Einführung des endgültigen, alle Teile befriedigenden Erzeugnisses sehr erhebliche Zeit vergehen kann.

[15] R. Becker, H. Plaut u. J. Runge, Anwendungen der mathematischen Statistik auf Probleme der Massenfabrikation. Berlin 1927. — H. Plaut, Z. Techn. Phys. Bd. 6, S. 225; Bd. 10, S. 175.

Eine elektromechanische „Gleichungswaage".

Von Ing. **Georg Rosén**, Stockholm.

Übersicht. Es wird ein vom Verfasser vorgeschlagener elektromechanischer Apparat zur Auflösung von Gleichungen höheren Grades mit einer Unbekannten beschrieben.

Der Gedanke, das Waageprinzip zur Auflösung von Gleichungen zu benutzen, ist nicht neu, man kennt ähnliche Apparate, die z. B. hydrostatisch[1] oder unter Benutzung einer Brückenschaltung[2] arbeiten. Man muß indessen zugeben, daß die Elektrizität viel sauberer und bequemer in einem Apparat zu handhaben ist als eine Flüssigkeit. Außerdem ist bei dem hier beschriebenen elektrischen Apparat eine Genauigkeit erreichbar, die bei hydrostatischen Apparaten nicht denkbar ist.

Die aufzulösende Gleichung soll folgende Form haben:

$$a x + b x^2 + c x^3 + d x^4 + e x^5 + \quad . \; . \; . \; . + k = 0.$$

Der Hauptteil des Apparates besteht aus einem Waagebalken, auf welchen eine Anzahl von Drehmomenten wirken. Jedes Glied der linken Seite der Gleichung soll durch ein Drehmoment dargestellt werden. Wenn die Summe dieser Drehmomente gleich Null wird, d. h. wenn der Waagebalken im Gleichgewicht ist, ist die durch die Gleichung ausgedrückte Bedingung erfüllt. Jedes Drehmoment kann ja als Produkt aus einer Kraft und dem Hebelarm dieser Kraft ausgedrückt werden. Für jedes Glied, das die Unbekannte enthält, besteht die Kraft aus der Anziehung bzw. der Abstoßung zwischen stromdurchflossenen Spulen, von denen eine am Waagebalken hängt, die andere fest ist. Der Hebelarm ist durch den Abstand zwischen dem Aufhängepunkt der ersten Spule und dem Drehpunkt des Waagebalkens gegeben.

In jedem Glied, welches die Unbekannte enthält, wird nun der Hebelarm dem Koeffizienten und die zwischen den Spulen wirkende Kraft der Unbekannten proportional gemacht. Der nachstehend beschriebene Apparat genügt zur Auflösung von Gleichungen dritten Grades, indessen können nach demselben Prinzip Apparate für Gleichungen beliebigen Grades gebaut werden.

Beschreibung der Gleichungswaage.

In Abb. 1 bezeichnet *1* einen Waagebalken mit dem Drehpunkt *2*. *3* und *4* sind Waagschalen für lose Gewichte. Der hier dargestellte Apparat hat drei Paare von Spulen *5* ... *10*. Alle Spulen sind einander gleich; von jedem Paar hängt eine Spule am Waagebalken, die andere ruht auf der Bodenplatte des Apparates.

Es sei angenommen, daß man jede der hängenden Spulen auf jeden beliebigen Abstand beiderseits des Drehpunktes *2* bringen kann. Für diesen Zweck können z. B. mehrere parallele Waagebalken zu einem starren System zusammengesetzt sein, einer für jedes Spulenpaar. Die jeweils untere Spule soll immer gerade unter der zugehörigen oberen liegen. Mit + und — sei schließlich eine Stromquelle bezeichnet (Abb. 2). Von der Stromquelle geht ein Stromkreis aus, bestehend aus dem zweckentsprechend bemessenen Widerstand *12* und den festen Spulen *6*, *8* und *10*. Die Stromstärke in diesem Kreise wird als Einheitstrom bezeichnet und gleich Eins gesetzt. Ein anderer Stromkreis besteht aus Spule *5*, dem Strommesser *13* und einem Regelwiderstand *14* mit Gleitkontakt *15*. Ein dritter Stromkreis besteht aus Spule *7* und Regelwiderstand *16* mit Gleitkontakt *17*. Schließlich ist noch ein vierter Stromkreis mit der Spule *9*, dem Widerstand *18* und Gleitkontakt *19* vorhanden. Die Gleitkontakte *15*, *17* und *19* sind miteinander mechanisch verbunden, so daß sich ihre jeweiligen Stellungen entsprechen.

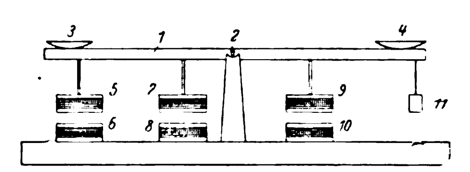


Abb. 1. Schematische Darstellung der Gleichungswaage.

Die Widerstände *14*, *16* und *18* sind im Verhältnis zueinander derart abgepaßt, daß die Stromstärke in der Spule *7* immer das Quadrat des Stromes durch Spule *5* beträgt. Weiterhin ist der Strom durch Spule *9* immer die dritte Potenz des Stromes in Spule *5*, u. zw. im Maß des Einheitstromes gemessen. Wenn der Strom durch die Spule *5* variabel gemacht und als x betrachtet wird, bekommt man also in den Spulen *7* und *9* die Stromstärken x^2 und x^3. Mit *11* wird schließlich ein Einheitsgewicht bezeichnet, d. h. ein Gewicht gleich der zwischen zwei Spulen wirkenden Kraft, wenn die Stromstärke in den Spulen gleich Eins ist. Das Gewicht *11* läßt sich wie die hängenden Spulen längs des Waagebalkens verschieben.

Arbeitsweise.

Die verschiedenen auf den Waagebalken wirkenden Drehmomente werden in folgender Weise erhalten.

Glied $a x$. — Dem Koeffizienten a soll der in das Drehmoment eingehende Hebelarm entsprechen. Das Spulenpaar *5*, *6* wird deshalb auf einen Abstand von dem Drehpunkt *2* eingestellt, der in einem gewählten Maßstab gleich a ist. Durch Spule *6* fließt ein Strom gleich Eins, durch Spule *5* der Strom x. Die zwischen zwei Spulen wirkende Kraft ist, ceteris paribus, dem Produkt der Stromstärken proportional, das Drehmoment ist also $a x$.

Glied $b x^2$. — Die Spulen *7* und *8* werden in den Abstand b vom Drehpunkt gebracht. Durch Spule *8* fließt die Stromstärke Eins, durch *7* die Stromstärke x^2. Das Drehmoment ist also gleich $b x^2$.

[1] Vgl. z. B. Encyklopädie d. mathemat. Wissensch. Bd. 1, S. 1072, Fußnote.

[2] ETZ 1910, S. 739. — Ein mechanisch arbeitender Apparat zur Lösung von Netzgleichungen wurde in der ETZ 1911, S. 973 u. 1006 beschrieben.



Glied $c\,x^3$. Auf dieselbe Weise erhält man mittels der Spulen *9, 10* ein Drehmoment $c\,x^3$.

Wenn der Apparat gebraucht werden soll, bringt man also zuerst die drei Spulen in die richtigen Abstände vom Drehpunkt, u. zw. auf die rechte oder linke Seite, je nachdem der betreffende Koeffizient positiv oder negativ ist.

Der elektrische Strom ist vorläufig noch ausgeschaltet. Zunächst wird die Waage durch Gewichte, die in die Waageschalen *3* und *4* gelegt werden, ins Gleichgewicht gebracht und ferner das Gewicht *11* im Abstande k vom Drehpunkt eingehängt. Jetzt wird der Strom eingeschaltet und das Kontaktkreuz *15, 17, 19* gedreht, wodurch die Stromstärken in den Spulen *5, 7* und *9* in beschriebener Weise geregelt werden, bis die Waage ins Gleichgewicht kommt. Die dann am Strommesser abgelesene Stromstärke entspricht einem Wert der Unbekannten, der eine Wurzel der Gleichung ist. Durch weitere Änderung der Stromstärke werden die übrigen Wurzeln gefunden. Um zuerst die positiven Wurzeln aufzusuchen, sind sämtliche Spulen derart zusammenzuschalten, daß zwischen allen Paaren Anziehung stattfindet. Um dann negative Wurzeln zu suchen, ist bei denjenigen Spulenpaaren, die ungeraden Potenzen von x entsprechen, der Strom in einer Spule zu wenden.

Für das Auflösen von Gleichungen vierten Grades sind noch ein Regelwiderstand und ein weiteres Paar Spulen erforderlich. Der neue Widerstand soll die Stromstärke durch die neue obere Spule auf dem Wert x^4 halten. Für jede neue Potenz der Unbekannten werden also ein neues Spulenpaar und der zugehörige Widerstand erforderlich.

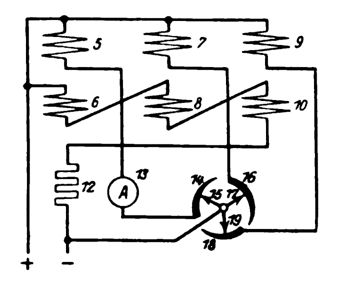


Abb. 2. Schaltbild.

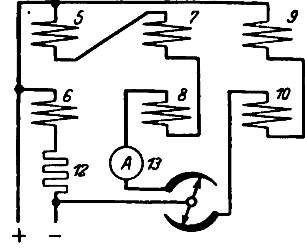


Abb. 3. Geänderte Schaltung.

In dem Schaltbild Abb. 3 wird eine von der vorgehend geschilderten etwas abweichende Vorrichtung dargestellt. Der Waagebalken und die Spulen sind dieselben wie vorher, der Einheitstrom wird aber nur durch eine der Spulen, u. zw. durch *6* geführt. Der Strom x fließt durch die Spulen *5, 7* und *8*. Durch *9* und *10* wird ein Strom geführt, dessen Größe, im Maße des Einheitstromes gemessen, $x^{3/2}$ beträgt.

Die Spulen *5, 6* erzeugen ein Drehmoment $a\,x$. Da der Strom x durch die beiden Spulen *7* und *8* fließt, entsteht zwischen letzteren eine Kraft proportional x^2. In derselben Weise entsteht zwischen *9* und *10* die Kraft $(x^{3/2})^2$, d. h. x^3 usw. Durch diese Anordnung werden folgende Vorteile erreicht: Man braucht einen Widerstand weniger als vorher, für eine Gleichung dritten Grades also zwei, für eine Gleichung vierten Grades drei Widerstände usw. Die Stromstärke sinkt in den Spulen, die Glieder höheren Grades bedeuten; statt x^3 erhält man $x^{3/2}$, aus x^4 wird x^2 usw.

Die Einzelheiten können in den angedeuteten Vorrichtungen offenbar in mehreren Richtungen geändert werden. Bei der Vorrichtung nach Abb. 2 könnte man z. B. den Einheitstrom durch die oberen Spulen anstatt durch die unteren senden. Dabei werden nur zwei Stromzuleitungen zum Waagebalken erforderlich. Statt Spulen, die den Einheitstrom führen, können auch Pole von permanenten Magneten gebraucht werden.

Würde man nach dem hier angegebenen Prinzip einen Apparat bauen, so würde man feststellen, daß der Anwendungsbereich für ein System von zusammengeschalteten veränderlichen Widerständen, insbesondere bei höheren Potenzen der Unbekannten, aus praktischen Gründen ziemlich beschränkt ist. Man könnte deshalb den Apparat mit mehreren austauschbaren Systemen versehen, wobei gleichzeitig der Widerstand *12* für den Einheitstrom und das Gewicht *11* austauschbar sein sollten.

Da es sich hier um eine Nullmethode handelt und da es gleichzeitig von Wichtigkeit ist, daß sich die Abstände zwischen den oberen und den unteren Spulen nicht ändern, soll die Bewegung des Waagebalkens auf ein Minimum beschränkt sein (z. B. nur ein Bruchteil eines Millimeters an den Enden). Um die „Bewegung" dennoch wahrzunehmen, kann man an den Enden des Balkens Kontaktvorrichtungen anordnen (von denen nur die eine auf einmal ihren Strom schließt), die in einem besonderen Stromkreis liegen und ein Signalsystem mit z. B. zwei Lampen, einem Stromrichtungsanzeiger oder dgl. betätigen. Statt die oberen Spulen aufzuhängen, kann man sie auch in Nuten führen oder z. B. auf zwei parallele Stangen schieben, die dann auch als Stromleiter dienen können. Die Stromzuleitung zu dem Waagebalken kann durch biegsame Bänder oder durch in Quecksilbernäpfe tauchende Spitzen bewirkt werden.

Beispiel.

Folgende Gleichung sei aufzulösen:

$$x^3 - 9\,x^2 + 23\,x - 15 = 0.$$

Die Funktionskurve dieser Gleichung zeigt Abb. 4. Die Gleichung hat drei Wurzeln, u. zw. + 1, + 3 und + 5. Die Waage hat drei Paare von Spulen. Jede Spule besitzt 500 Windungen 0,5 mm-Kupferdraht. Die Abmessungen der Spulen sind aus Abb. 5 ersichtlich. Der Einheitsstrom wird zu 0,5 A gewählt. Die Längeneinheit für die Koeffizientenskala sei 1 cm.

Die gegenseitige Kraft zwischen zwei Spulen wird dann annähernd

$$P = 57{,}8\,x \text{ Gramm.}$$

Man findet somit das resultierende Drehmoment M_x:

$$M_x = 1\,x^3 . 57{,}8 - 9\,x^2 . 57{,}8 + 23\,x . 57{,}8 - 15 . 57{,}8 \text{ [cmg]}$$

oder

$$M_x = y . 57{,}8 \text{ [cmg].}$$

$x = 2$ gibt $y = 3$ und somit $M = 3 \cdot 57{,}8 = 173$ cmg.

Hieraus findet man die Drehmomentskala, die in Abb. 4 eingezeichnet wurde.

Die hängenden Spulen wiegen zusammen annähernd 0,8 kg. Der Waagebalken soll deshalb für eine Last von einigen Kilogramm konstruiert sein. Eine solche Waage gibt einen sicheren Ausschlag für ein Drehmoment von 0,2 cmg. Setzt man versuchsweise $x = 1{,}001$ (eine Abweichung vom richtigen Wurzelwert um 0,1 %), so wird $y = 0{,}008$ und das entsprechende Drehmoment 0,46 cmg oder mehr als zweimal so groß, als für einen sicheren Ausschlag nötig ist.

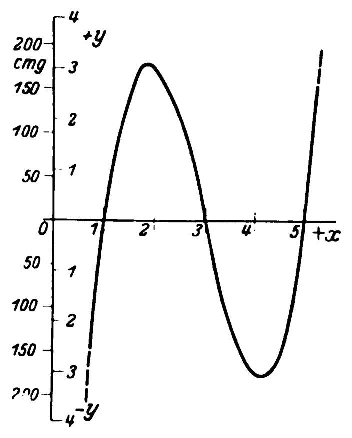


Abb. 4. Funktionskurve.

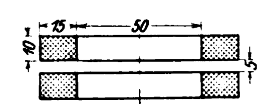


Abb. 5. Spulenmaße (in mm).

Die Methode selbst ermöglicht also einen beachtenswerten Grad von Genauigkeit, wenn nur die Widerstände und der Strommesser entsprechend genau sind. In jedem Apparat hat man ja mechanische Elemente, Hebelarme, Gewichte, Schrauben u. dgl., von deren Ausführung die Genauigkeit abhängt. Die in den beschriebenen Apparat eingehenden elektromechanischen Elemente sind in dieser Hinsicht anderen, rein mechanischen Konstruktionselementen nicht unterlegen.

Elektroakustische Übertragungssysteme mit besonderer Berücksichtigung der Telephonie auf weite Entfernungen und des Klangfilms*.

Von Dir. Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. F. **Lüschen**, Berlin.

(Schluß von S. 1695.)

Wir kommen nun zu der Amplituden-Charakteristik. Wir verstehen unter Amplituden-Charakteristik diejenige Charakteristik, die angibt, in welcher Weise Strom und Spannung in einem System voneinander abhängig sind, ob sie z. B. in einem linearen Verhältnis stehen. In Abb. 18 sehen wir eine solche Charakteristik. Man sieht, daß bei einer doppelten Amplitude auch ein doppelter Ausschlag vorhanden ist. Es besteht also Linearität in diesen Größen. Ist das nicht der Fall, dann treten Schwingungen auf, die ursprünglich gar nicht vorhanden waren. Man findet Nichtlinearitäten besonders häufig, wenn man zu größeren Amplituden kommt, und spricht dann von „Überschreien". Solche Überschrei-Effekte findet man z. B. bei sehr langen Kabeln. Sie sehen zwei Beispiele in Abb. 19 und 20, die von Grützmacher aufgenommen sind. Abb. 19 zeigt die Klangbilder am Ausgang einer 2400 km langen Pupinleitung mit Phasenausgleich. Außer dem Grundton sehen Sie noch den ersten und zweiten Oberton.

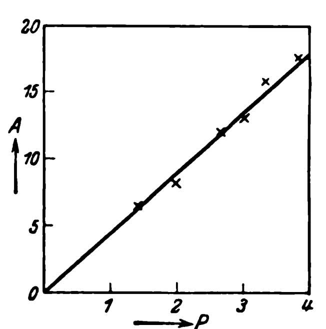


Abb. 18. Amplituden-Charakteristik.

Ganz schlimm wird eine solche nichtlineare Verzerrung, wenn man mehrere Frequenzen gleichzeitig übermittelt; wenn man z. B. zwei Töne auf das System gibt, dann treten nicht nur die Grundtöne p und q auf sondern auch noch die Obertöne $p + q$ und $p - q$ sowie andere Kombinationstöne, von denen besonders der Ton $2p - q$ hervortritt. Es ist einleuchtend, daß ein solches System u. U. zu schrecklichen Tonverzerrungen führen kann. In Abb. 20 sehen Sie deutlich, wie man das vermeiden kann. Zwei Töne sind mit 0,125 V auf den Anfang der Leitung gegeben. Wie die Photographie am Ende der Leitung zeigt, sind die beiden Töne am Ende der Leitung vorhanden, während die Obertöne nur andeutungsweise zu erkennen sind, da die Spulen nicht überlastet waren. Bei 0,25 V und noch mehr bei 0,5 V sieht man die Differenztöne schon deutlicher. Wir können feststellen, daß bei Erhöhung der Spannung am Eingang die Verzerrung zunimmt. Sie ist Ihnen aus dem Rundfunk bekannt. Ich werde sie mit einer Grammophonplatte vorführen, indem ich ein Rohr überschreie. (Versuch.) Der Grund für diese Überschreiung liegt meist nicht am Rundfunksender, sondern daran, daß man den Empfänger übersteuert hat. Es empfiehlt sich daher, erst bei sich die Ursache zu suchen, bevor man auf den Sender schilt, denn diese sind heute meist sehr gut. Ich möchte noch hinzufügen, daß diese Verzerrung nicht zu kompensieren ist. Man muß sie deshalb unter allen Umständen vermeiden.

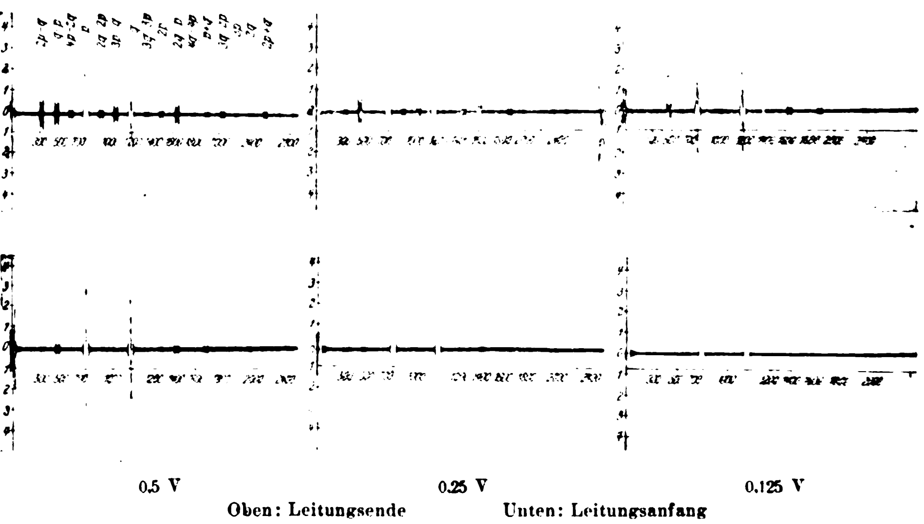


Abb. 20. Amplitudenabhängigkeit einer Pupinleitung.

Wie wirken sich nun diese Erkenntnisse in der Telephonie auf weite Entfernungen aus? Wir haben gesehen: Wir brauchen zunächst einen Frequenzbereich von 300 ... 2400 Hz. Wir lassen sodann höchstens einen Phasenlaufzeit-Unterschied von 30 ms zu und wünschen keine störenden nichtlinearen Verzerrungen.

Um nun festzustellen, wie ein Fernleitungsystem aussehen muß, das diesen Bedingungen genügt, muß ich Sie bitten, zunächst einmal die beiden in Betracht kommenden Schaltungen sich kurz ins Gedächtnis zurückzurufen. Die erste Schaltung ist die Zweidrahtschaltung, so genannt, weil sie über eine Doppelleitung arbeitet. Wir sehen sie in Abb. 21. Der Strom aus Leitung F_1 geht zunächst über den Übertrager und den oberen Verstärker, kommt an die beiden Verteilungspunkte, geht nach links und rechts: einmal in die wirkliche Leitung und einmal in die Nachbildung dieser Leitung. Stimmen wirkliche Leitung und Nachbildung im Scheinwiderstand überein, dann entsteht kein Rückstrom. In Wirklichkeit aber stimmt diese Nachbildung nicht für alle Frequenzen, so daß doch ein Rückstrom entsteht, der einerseits zum Sprecher zurückläuft, anderseits aber auch im Kreislauf wieder über den oberen Verstärker zurückkommt und den ur-

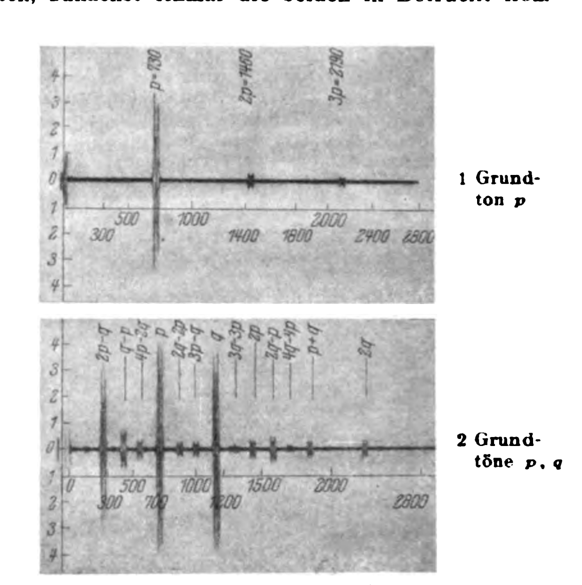


Abb. 19. Klangbilder, aufgenommen an einer 2400 km langen Pupinleitung.

* Vortrag, gehalten im Elektrotechnischen Verein am 30. IV. 1929.

sprünglichen Strom je nach der Phase verstärkt oder schwächt. Wenn die Nachbildung mit der wirklichen Leitung wenig gut übereinstimmt und die Verstärkung im Kreislauf größer ist als die Dämpfung, ist es möglich, daß das ganze System durch diese Rückkopplung zum Pfeifen kommt, auf alle Fälle tritt durch die Echos eine Verzerrung der Sprache ein. Bei Hintereinanderschaltung mehrerer solcher Verstärker summieren sich die Verzerrungen nach komplizierten Gesetzen mehr oder weniger. Dadurch ist das System in seiner Reichweite begrenzt.

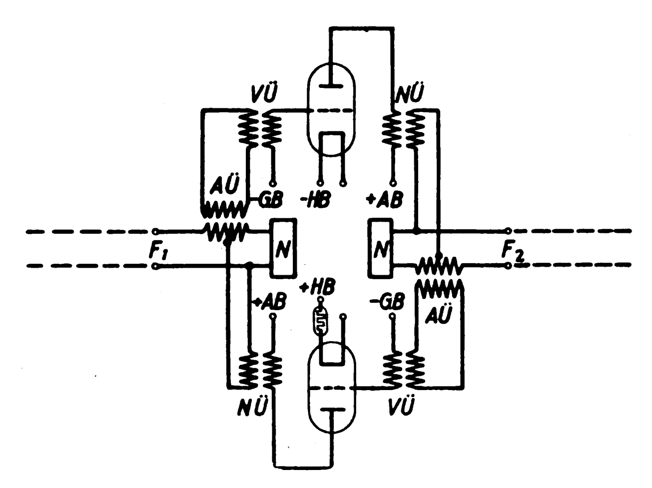


Abb. 21. Zweidrahtschaltung.

Bei größeren Längen muß man eine Vierdrahtleitung benutzen, so genannt, weil eine Doppelleitung zum Sprechen in der einen und eine andere Doppelleitung zum Sprechen in der anderen Richtung benutzt wird. Wir sehen in Abb. 22, daß eine Rückkopplung nur an den

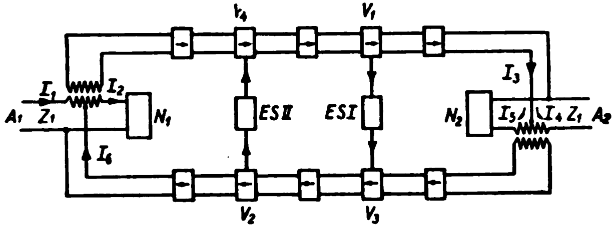


Abb. 22. Vierdrahtschaltung.

Enden auftritt. Das Echo kann aber hier glücklicherweise mit einer sogenannten Echosperre unterdrückt werden. Von der zu übertragenden Energie wird ein Teil in dem Verstärker *a* abgespalten und dazu benutzt, um einen in der entgegengesetzten Richtung wirkenden Verstärker außer Betrieb zu setzen, so daß das Echo nicht zurücklaufen kann. — Ich nehme an, daß nur wenige von Ihnen ein Echo bisher gehört haben, wie es sich in einer Fernsprechleitung auswirkt. Die Reichspostverwaltung hat mir freundlicherweise einige Leitungen zum Wernerwerk zur Verfügung gestellt. Wir haben dort ein Kunstkabel mit einer Laufzeit von einigen hundert Millisekunden. Ich werde das Echo am Lautsprecher vorführen, u. zw. wird jemand in dem Wernerwerk an das Mikrophon klopfen und dieses Klopfen werden wir hier mehrere Male hören, da erst nach mehreren Umläufen das Echo genügend gedämpft ist. (Versuch.) Ich schalte nun die Echosperre ein und wir hören das Zeichen nur ein einziges Mal. Das Echo ist vollkommen unterdrückt. (Versuch.)

Abb. 23 zeigt ein photographiertes Echo. Es wird immer kleiner, da die Dämpfung größer ist als die Verstärkung. Würde das nicht der Fall sein, so würde ein Pfeifen eintreten.

In der Tafel Abb. 24 sehen wir die Methoden, nach denen bisher die Übertragungssysteme für Telephonie auf große Entfernungen aufgebaut waren, u. zw. gab es zwei Systeme: 1 a und 1 b (das amerikanische und das deutsche System). Im allgemeinen haben sie den gleichen Aufbau. In Abständen von 1,83 km (Amerika) bzw. 2 km (Deutschland) sind Pupinspulen eingeschaltet. Eine prinzipielle Bedeutung hat dieser Unterschied in den Abständen nicht. Der Grund liegt darin, daß wir das metrische System haben, während die Amerikaner ihre Entfernungen noch nach Fuß berechnen (sie wählten hier 6000 Fuß). In beiden Fällen sind für die Vierdrahtleitungen 0,9 mm-Leiter benutzt. Für die Zweidrahtleitungen haben wir 1,4 mm-Leiter und die Amerikaner 1,3 mm-Leiter verwendet. Es ergeben sich dann z. B. für den Stromkreis die Grenzfrequenzen 2900 und 2750 Hz. Die 0,9 mm-Leiter werden bei einer Dämpfung von 3,25 bzw. 2,75 für ein Verstärkerfeld von 150 bzw. 140 km benutzt, um im Vierdrahtstromkreis ein Frequenzband von 300 ... 2200 Hz zu übermitteln. Dieses Ergebnis hatten beide Systeme, obwohl sie voneinander unabhängig entwickelt sind. In den Zweidrahtleitungen konnte man in beiden Systemen nur 300 ... 2000 Hz, also 400 Hz weniger übermitteln, als wir heute für richtig halten.

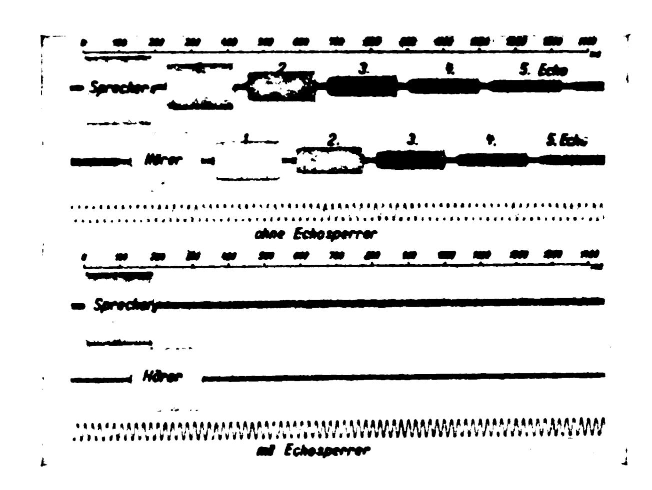


Abb. 23. Wirkung der Echosperrer.

1 Methode	2 Belastgs-art	3 Spulen-abstd. km	4 Leitungs-art	5 Leiter Ø	6 $\sqrt{\frac{L}{C}}$ Ω	7 Grenz-frequenz Hz	8 Verst.-abstd. km	9 Verst.-feld dämpf. Neper	10 Übertragungsbereich Hz
I a amerikanisch	mittel-stark	1,830	Stamm Phantom Stamm Phantom	0,9 1,3	1585 710 1585 710	2900 3600 2900 3600	150	3,25 3,40 1,80 1,85	Vierdrahtleitung 300÷2200 Zweidrahtleitung 300÷2000
	leicht	1,830	Stamm Phantom	0,9	760 445	5800 6000	75	2,95 2,45	Vierdrahtleitung 300÷2500
I b deutsch	mittel-stark	2,000	Stamm Phantom Stamm Phantom	0,9 1,4	1730 805 1640 885	2750 3670 2750 3520	140	2,75 2,85 1,35 1,40	wie Methode I a
	leicht	2,000	Stamm Phantom	0,9	865 430	5340 6840	70	2,15 2,45	
Neue deutsche Methode		1,700	Stamm Phantom Stamm Phantom	0,9 1,4	1570 780 1520 760	3450 4300 3400 4300	140	2,60 2,60 1,35 1,35	für alle Leitungen 300÷2400
Vergleichs-leitung		1,700	Stamm Phantom	0,9	570 360	7700 9300	70	2,45 2,45	300÷2400

Abb. 24. Pupinisierungsmethoden.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem amerikanischen und dem deutschen System besteht darin, daß die Amerikaner eine Dämpfung von 1,8 Neper und wir eine Dämpfung von 1,35 Neper in den Zweidrahtleitungen haben. Der Grund hierfür liegt darin, daß die Amerikaner die Zweidrahtleitung fast ausschließlich mit einem Verstärker und nur für den Nebenverkehr benutzt haben, während wir großen Wert darauf legten, die Zweidrahtleitungen auch auf größere Entfernungen zu benutzen, weil sie um mindestens 20 ... 25 % billiger sind als die Vierdrahtverbindungen. In beiden Systemen ist noch eine leicht belastete Leitung vorhanden, die mit wesentlich weniger Induktivität versehen ist und infolgedessen eine wesentlich höhere Grenzfrequenz hat. In diesen Leitungen ist die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der elektrischen Wellen wesentlich größer und die Unterschiede in den Laufzeiten der verschiedenen Frequenzen wesentlich geringer als in den vorher genannten. Wegen der Phasenverzerrung kann man nämlich die stärker belasteten Vierdrahtleitungen nur auf etwa 1500 bis höchstens 1800 km benutzen. Für größere Längen werden die Einschwingvorgänge zu lang und man mußte zu leicht be-

lasteten Leitungen übergehen. Wegen ihrer größeren Dämpfungen verlangen diese Leitungen aber die Einschaltung eines besonderen Verstärkers zwischen den anderen Verstärkern in Entfernungen von 75 bzw. 70 km. Also für eine verhältnismäßig geringe Anzahl der Leitungen für ganz große Entfernungen mußte man besondere Verstärkerämter einbauen mit besonderem Personal und besonderer Überwachung. Es war daher eine sehr bedeutende Erfindung Küpfmüllers[2], daß er den eingangs besprochenen Phasenausgleich für diese Leitungen erfand, wodurch es möglich wurde, stark belastete Leitungen auch für große Entfernungen zu benutzen.

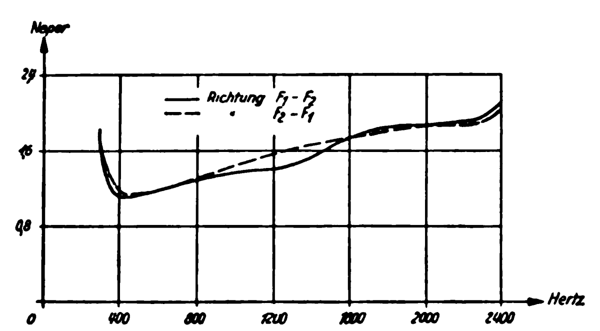


Abb. 25. Restdämpfungskurve einer 2980 km langen Zweidrahtleitung.

Wir haben nunmehr ein System aufgebaut, das ausschließlich Verstärker in Entfernungen von 140 km hat und für alle Leitungen gleichmäßig 300 ... 2400 Hz übermittelt und das ferner gestattet, die Zweidrahtleitungen zu wesentlich größeren Längen zusammenzuschalten, d. h. eine Nachbildung für diesen Bereich unter allen Umständen sicherzustellen.

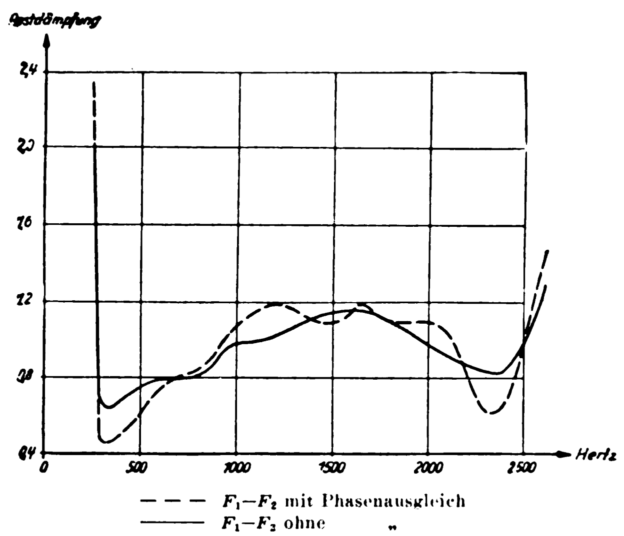


Abb. 26. Restdämpfungskurve einer 5480 km langen Vierdrahtleitung mit und ohne Phasenausgleich.

In diesem System (vgl. Abb. 24) werden die Spulen in 1,7 km Entfernung eingeschaltet; die Grenzfrequenz in den Stammleitungen beträgt 3450 statt 2750 Hz in den 0,9 mm-Leitungen und 3400 in den 1,4 mm-Leitungen. Die Reichspostverwaltung entschloß sich, das dritte Rheinlandkabel zwischen Hannover und Wiedenbrück nach diesem Verfahren zu bauen, um diese Methode auszuprobieren. Zum Vergleich wurden aber auch noch einige schwach pupinisierte Leitungen eingebaut mit Verstärkern in Abständen von 70 km.

Das Kabel gestattete nun, Leitungen verschiedenster Längen zusammenzuschalten, u. zw. eine Zweidrahtleitung von 1490 km und von 2980 km (Abb. 25 zeigt die Restdämpfungskurve, die von 300 ... 2400 Hz einen durchaus befriedigenden Verlauf hat) sowie Vierdrahtleitungen mit Phasenausgleich von 2720 und 5480 km (Abb. 26 zeigt die Restdämpfung dieser Leitung mit und ohne Phasenausgleich). Die Entzerrungsmittel, die zur Dämpfungs- und Phasenverzerrung gebraucht wurden, wurden in der Fabrik berechnet und in die Leitung eingeschaltet. Man könnte durch eine zusätzliche Entzerrung die Kurve verbessern. Das hat sich aber nicht als notwendig erwiesen, so daß man Leitungslängen von 2720 km und die doppelte Leitungslänge von 5440 km ohne diese besonderen Mittel verwenden konnte. Außerdem konnten wir noch 2720 und 5480 km leicht pupinisierte Leitung zusammenschalten (vgl. Abb. 27). Wir hatten also die Möglichkeit, über eine Zweidrahtleitung mit 10 und 20 Verstärkern über 2980 km, über Vierdrahtleitungen mit 40 Verstärkern über 5400 km mit Phasenausgleich und mit 80 Verstärkern über 5400 km ohne Phasenausgleich in der leicht pupinisierten Leitung zu sprechen.

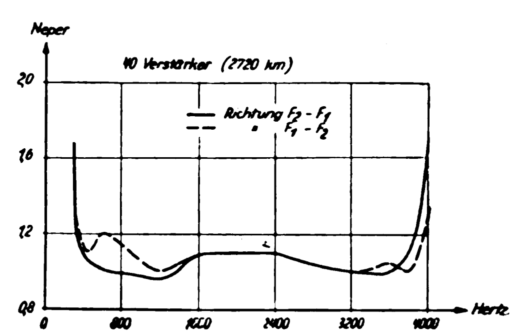


Abb. 27. Restdämpfungskurve eines 5480 km langen leicht pupinisierten Fernkabels.

Man kam zu dem Ergebnis, daß die längsten Leitungen mit Phasenausgleich ein besseres Resultat ergaben als die Leitungen mit schwacher Pupinisierung, da tatsächlich in der mit dem Phasenausgleich versehenen Leitung die Einschwingvorgänge beseitigt werden, während das in den schwach pupinisierten Leitungen nicht ganz der Fall ist. Auch war es möglich, über 10110 km mit 120 Verstärkern eine wirklich gute Verständigung zu erzielen. Die Leitung hatte dabei eine Dämpfung von 300 Neper. Im Wirkungsgrad-Verhältnis ausgedrückt bedeutet das eine Zahl mit 150 Nullen.

Wir kommen nun zum Tonfilm. Triergon, Küchenmeister, Tobis, Klangfilm, Movietone, Vitaphon, Photophon, Phototon, Mihály, Köhnemann und viele andere -phon und -ton —, das sind die verschiedenen Systeme, die im Tonfilm bestehen. Ich beabsichtige nicht, jedes einzelne System zu besprechen, da die verschiedenen Systeme sehr vieles gemeinsam haben, so daß man gewisse Klassen in diesen verschiedenen Systemen unterscheiden kann.

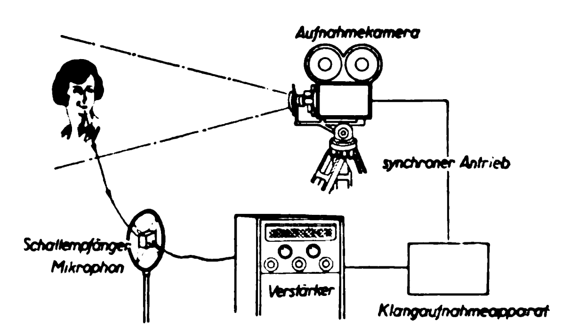


Abb. 28. Klangfilmaufnahme.

Ein Klangfilm entsteht (Abb. 28) in der Weise, daß gleichzeitig die Lichtwellen in der Kamera und die Tonwellen im Tonempfänger aufgenommen werden. Die Schallwellen werden von dem Schallempfänger, dem Mikrophon, in elektrische Wellen umgewandelt, diese werden einem Verstärker zugeführt und auf einen Klangaufnahme-Apparat geleitet, der mit der Kamera synchron angetrieben wird. Die verschiedenen Systeme unterscheiden sich grundsätzlich nur im Klangaufnahme-Apparat. Wir müssen uns dabei fragen, was das System leisten soll. Es soll also zunächst ein gewisses Frequenzband aufzeichnen können. Es soll ferner gewisse Intensitätsunterschiede zulassen, was bei der Musik sehr wichtig ist. Schließlich soll es keine nichtlinearen Verzerrungen haben. Das sind die drei Haupterfordernisse.

Als erstes System nenne ich das der Aufzeichnung auf eine Wachsplatte. Auf ein Mikrophon wird gesprochen, die Ströme werden verstärkt (Abb. 29) und einem Elektromagnetsystem zugeleitet, das den Schreibstift bewegt.

[2] Küpfmüller, El. Nachr. Techn. Bd. 3, S. 82.

Der Stift bewegt sich quer zur Richtung der laufenden Platte und schneidet eine Rille in die Wachsplatte ein. Bei der Wiedergabe ist es umgekehrt: In der Rille läuft eine Abnahmenadel, die einen Magnet in einem Magnetfeld bewegt und Ströme entstehen läßt, die dem Lautsprecher zugeleitet werden.

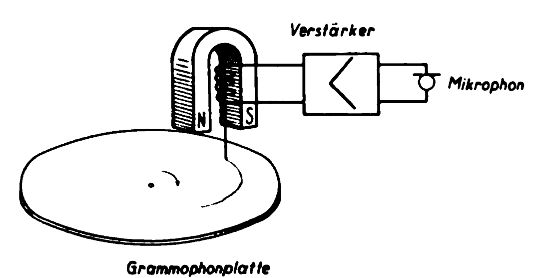
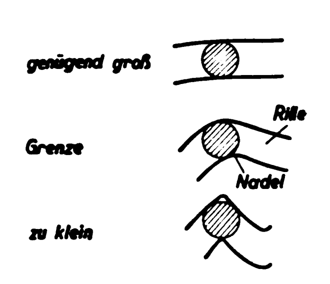


Abb. 29. Besprechung einer Wachsplatte.

Bei der Frage, welche Frequenzen man bei einer solchen Platte aufzeichnen kann, muß man sich über die Geschwindigkeit der Platte klar werden. Normalerweise läßt man sie mit 78 U/min laufen. Am inneren Rande der Platte hat man dann eine Geschwindigkeit von etwa 40 cm/s. Bei 7000 Hz kommen wir auf eine Länge der Halbwelle von 30 μ, bei 10 000 Hz von 21 μ. Es ist klar, daß die Ausschläge der Nadel noch kleiner werden müssen, wie man aus Abb. 30 sieht. Die Nadel hat einen Durch-



Rillenbreite 130 μ, Nadelradius 65 μ, Drehzahl der Platte 78 U/min, Radius des inneren Randes der Aufzeichnung 10 cm, Geschwindigkeit 42 cm/s

	7000 Hz	10 000 Hz
Frequenz	7000 Hz	10 000 Hz
Wellenlänge	$\frac{420}{7000}$ mm = 60 μ	$\frac{420}{10\,000}$ mm = 42 μ
Maximalamplitude	$A = 1{,}4\,\mu$	$A = 0{,}6\,\mu$

Abb. 30. Verwendung der Wachsplatte.

messer von 65 μ. Die Grenze ist gegeben, wenn der Krümmungsradius der äußeren Rillenkrümmung mit dem Krümmungsradius der Nadel zusammenfällt. Bei einer Rillenbreite von 130 μ, wie wir sie normal haben, und bei einem Nadelradius von 65 μ kann man berechnen, daß die Maximalamplitude bei der Geschwindigkeit von 42 cm/s nur 1,4 μ und bei 10 000 Hz sogar nur 0,6 μ betragen darf. Es ist klar, daß man bei diesen sehr kleinen Größen hart an der Grenze des Möglichen ist.

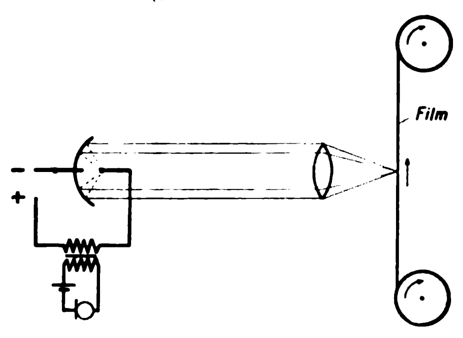


Abb. 31. Aufnahme nach dem Intensitätsverfahren.

Die Aufzeichnung der verschiedenen Frequenzen erfolgt folgendermaßen. Die Spannung, die bei der Abnahme entsteht, ist proportional der Geschwindigkeit der Nadel. Wir müssen nun die Aufzeichnungen der Amplitude so vornehmen, daß bei verschiedenen Frequenzen und bei gleicher Intensität die Geschwindigkeit der Nadel die gleiche ist, daß also Amplitude mal Frequenz gleich ist. Mit zunehmender Frequenz werden also die Amplituden immer kleiner, nach den tiefen Frequenzen hin werden sie größer. Bei den allertiefsten Frequenzen würde das dahin führen, daß die Rillen ineinander laufen. Infolgedessen verwendet man dieses Verfahren nur bis 250 Hz und zeichnet dann mit gleichen Amplituden für gleiche Intensitäten bei den verschiedenen Frequenzen auf. Durch die Verstärkerschaltung kann man diesen Abfall in der Energieaufzeichnung wieder kompensieren, wenn man nicht vorzieht, auf die tiefen Frequenzen bis zu einem gewissen Grade zu verzichten, um die Röhren nicht zu überlasten. Jedenfalls ist es sehr schwierig, bei den hohen Frequenzen große Intensitätsunterschiede aufzuzeichnen. Bei 5500 Hz fallen die Platten auch durchweg erheblich ab.

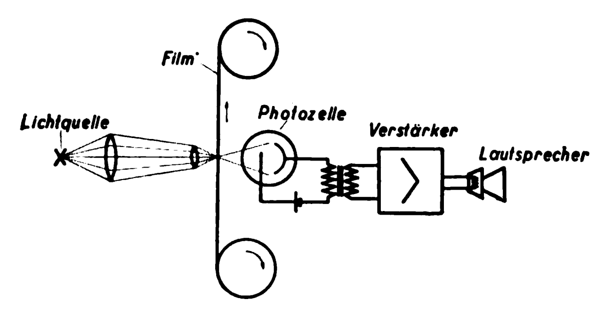


Abb. 32. Wiedergabe nach dem Intensitätsverfahren.

Das Plattenverfahren ist schon 1903/04 von O. M e s t e r[3] angewendet worden, als man noch keine elektrische Übertragung kannte. Selbstverständlich konnte es ihm angesichts der damaligen Mittel nicht beschieden sein, einen Dauererfolg zu haben. Immerhin hat er schon 500 bis 600 Tonfilme geschaffen. Für den Plattenwechsel hat er schon das jetzt von B r e u s i n g[4] angewendete Verfahren, nämlich zwei Plattenteller, verwendet. Durch einen Kontakt am Film konnte von einer Platte auf die andere Platte umgeschaltet werden. In Amerika haben Warner Brothers im Vitaphonverfahren gemeinsam mit der Western Electric Co. dieses System mit Hilfe der uns heute zur Verfügung stehenden elektrischen Hilfsmittel zu einem ersten großen Erfolg im Tonfilm geführt. Mit dem „Singing Fool" war der große Schlager erzielt, der alle Welt aufhorchen und die Stimmung erheblich zugunsten des Tonfilms umschlagen ließ.

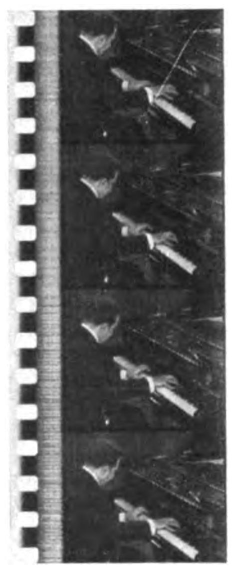


Abb. 33. Triergonfilm (Intensitätsverfahren).

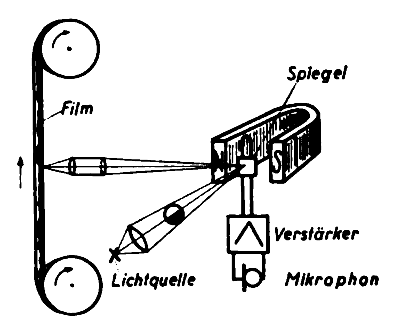


Abb. 34. Aufnahme nach dem Amplitudenverfahren.

Das Plattenschneideverfahren steht auch der Klangfilm-Gesellschaft zur Verfügung. Die Verfahren wurden von der AEG und von S & H entwickelt. Auch die Tobis verfügt durch die Arbeiten von Mester über ein solches Verfahren. Ferner verwendet die Lignose Hörfilm-Gesellschaft dieses Verfahren nach Breusing.

Ein anderes Verfahren besteht darin, die Klänge auf einem Stahldraht aufzuzeichnen. Der Stahldraht wird an einem Elektromagneten vorbeigeführt, dem die Ströme vom Mikrophon zugeführt werden, er wird dabei im Rhythmus der Schallschwingungen magnetisiert. An einem umgekehrten System vorbeigeführt, können über Verstärker die Ströme einem Lautsprecher zugeführt und wieder abgehört werden. Dieses Verfahren wurde von dem Dänen P o u l s e n[5] erfunden. Ich habe schon vor acht Jahren bei dem finnischen Ingenieur T i g e r s t ä d t in Kopenhagen sprechende Filme nach diesem Verfahren gehört. Nach den damaligen Verhältnissen kamen sie mir

[3] O. M e s t e r, Kinotechn. 1928, S. 400.
[4] Kinotechn. 1928, S. 400.
[5] P o u l s e n, Ann. Phys. 1900, S. 754. ETZ 1901, S. 57, 181, 246.

nicht einmal schlecht vor. Später haben sich Kiliani und Stille dieses Verfahrens angenommen[6]. Letzterer hat sich mit der Blattner-Gesellschaft zusammengetan.

Über die Leistungsfähigkeit dieses Systems ist folgendes zu sagen: Wenn man es mit der Aufnahme auf einen Film vergleicht, dann muß man die Spaltbreite, die man für einen Lichtspalt erreichen kann, mit der Spaltbreite vergleichen, die in einem Magnetfeld erreichbar ist. Beim Film kann man 20 µ Spaltbreite leicht erzielen. Ich weiß nicht, ob es schon gelungen ist, bei einem Magnetsystem eine Spaltbreite von 200 µ, also vom Zehnfachen, zu erreichen. Sollte das gelingen, dann würde das bedeuten, daß man den Stahldraht, wenn man mit ihm die gleiche Güte erreichen wollte, noch zehnmal so schnell laufen lassen müßte wie den entsprechenden Film. Wir werden vielleicht bald sehen, was aus diesem System wird, da ja schon Filmproduktionen mit ihm angekündigt sind.

Abb. 35. Aufzeichnungen nach dem Amplitudenverfahren.

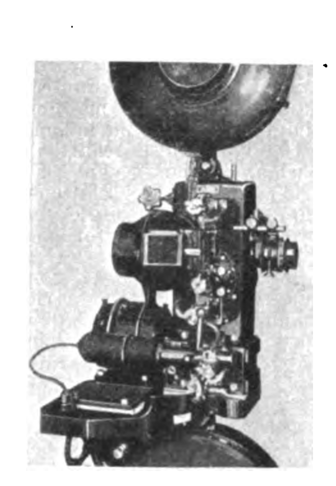


Abb. 37. Ton- und Bildwiedergabe-Apparat.

Wir kommen nun zu dem System der photographischen Aufzeichnung der Laute auf den Film. Wir müssen hierbei zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren unterscheiden: das Intensitäts- oder Schattierungsverfahren und das Schwarz-Weiß-Verfahren. Das Intensitätsverfahren besteht darin, daß man eine Lichtquelle — z. B. eine sprechende Bogenlampe — durch die Mikrophonströme so beeinflußt, daß die Lichtschwankungen proportional den Schwankungen des elektrischen Stromes sind.

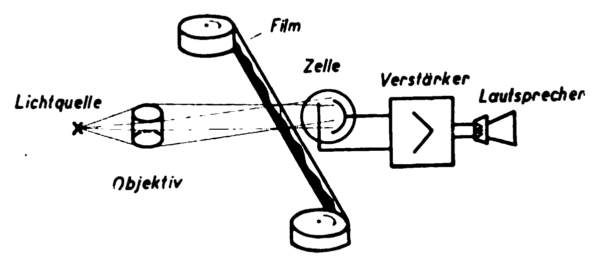


Abb. 36. Wiedergabe nach dem Amplitudenverfahren.

Durch ein Linsensystem wird ein Spalt auf dem Film abgebildet. Je nach der Beeinflussung der Lampe kommen dann größere oder geringere Schwärzungen zustande (Abb. 31). Zur Wiedergabe läßt man den Film an einem Lichtspalt vorbeilaufen, von dem aus durch den Film hindurch das Licht auf eine Photozelle fällt. Je nach der Schwärzung wird mehr oder weniger Licht auf die Zelle fallen, die diese Lichtschwankungen in elektrische Ströme zurückverwandelt und über einen Verstärker dem Lautsprecher zuführt (Abb. 32).

Dieses Verfahren ist zum ersten Male bei Triergon von den drei Erfindern Voigt, Engl und Massolle zu einem brauchbaren System entwickelt worden. In Abb. 33 sehen Sie einen Triergonfilm, bei dem auf dem normalen Film der Ton photographiert ist. Die Unterschiede in der Schwärzung bedeuten Lautstärkenunterschiede, die Unterschiede in der Dichte der Linien bedeuten Frequenzunterschiede.

			Grenzfrequenz mit 25 % Abfall		Abfall bei f = 10 000 Hertz	
v	s	τ	ω_0	f_0 Hz	δ %	Neper
46,6	10	$0{,}224 \cdot 10^{-4}$	140 000	22000	3	0,03
24 Bilder	20	0,45	70 000	11000	24	0,32
	40	0,9	35 000	5500	95	3,1
53,2	10	$0{,}187 \cdot 10^{-4}$	168 000	26800	1	0
28 Bilder	20	0,375	84 000	13400	12	0,11
	40	0,750	42 000	6700	43	[illegible]

v = Filmgeschwindigkeit in cm/s
s = Spaltbreite in µ
τ = Einschwingzeit in s

Abb. 38. Filmgeschwindigkeit und Frequenzgrenzen.

Die Klangfilm-Gesellschaft verwendet als Lichtrelais die von der AEG unter Leitung von Lichte nach Karolus entwickelte Kerrzelle[7], die auch die Aufzeichnung der höchsten Frequenzen gestattet.

Das zweite System, das man verwenden kann, ist das Amplitudensystem. Von einer Lichtquelle wird ein Lichtstrahl auf einen Spiegel eines Oszillographen geworfen, der reflektiert und über ein Linsensystem wieder auf dem vorbeilaufenden Film abgebildet wird (Abb. 34). Durch die Sprechströme wird der Spiegel bewegt und führt mehr oder weniger große Ausschläge aus. Man erhält Streifen, wie sie in Abb. 35 abgebildet sind, wobei die Amplitudengröße ein Bild von der Lautstärke und die Dichte der Linien Aufschluß über die Höhe der Frequenz gibt. Die Wiedergabe solcher Filme erfolgt in derselben Weise wie bei den anderen Filmen. Ein Spalt wird abgebildet (Abb. 36), der auf die Photozelle mehr oder weniger Licht fallen läßt.



Abb. 39. Filmstreifen von Tobis-Klangfilm oder Movieton.



Abb. 40. Filmstreifen der Radio Corp.

Ausgebildet wurde dieses System von Petersen und Poulsen sowie im Zentralloboratorium der Siemens & Halske AG. von Gerlach und Kemna. Es steht ebenfalls der Klangfilm-Gesellschaft zur Verfügung. Ich möchte noch hinzufügen, daß das Intensitätsverfahren auch von der Fox-Gesellschaft in Amerika verwendet wird und daß die Triergon-Gesellschaft, die jetzige Tobis, eine Glimmlampe als Lichtrelais verwendet.

Abb. 37 zeigt einen Tonwiedergabe- und Bildwiedergabe-Apparat. Man sieht die Filmführung, den Bildpro-

[6] Stille. Kinotechn. 1929, S. 322. — Ein Bericht über die erzielten Verbesserungen wird demnächst in der ETZ erscheinen.

[7] Vgl. ETZ 1929, S. 744.



jektor und den Projektor für den Ton. Der Ton ist natürlich nicht unmittelbar neben dem zugehörigen Bild, sondern in einer gewissen Entfernung — 38,5 cm sind heute schon normalisiert — angebracht. Diese Verschiebung ist notwendig, da sich der Film an der Bildstelle ruckweise bewegen muß, während er für den Klang mit gleichbleibender Geschwindigkeit bewegt werden muß, damit keine Tonschwankungen auftreten. Aus diesem Grunde wird auch auf der Rolle, die die Führung des Filmes besorgt, ein Schwungrad angebracht, das zum erstenmal von der Triergon-Gesellschaft mit Erfolg angewendet worden ist.

In Abb. 38 sehen Sie, welche Frequenzen man auf einen Film aufbringen kann. Heute nimmt man 24 Bilder in der Sekunde auf. Die Geschwindigkeit beträgt dann 46,6 cm/s. Man kann bei einem Spalt von 20 μ Frequenzen von 11 000 Hz abbilden, ohne daß ein Abfall von mehr als 25 % vorhanden wäre. Diese Möglichkeit, beliebig viele Frequenzen abzubilden, ist der größte Vorteil, den wir in der Aufzeichnung auf dem Film haben. Außerdem scheint es, als ob man auch beim Filmverfahren wesentlich weniger Geräusche hat als beim Plattenverfahren (Nadelgeräusche!).

Man bringt heute im allgemeinen Bild und Ton auf einen Film. Sicherlich kann man bei der Verwendung eines breiteren Filmes für den Ton in bezug auf Geräuschfreiheit, Intensitätsunterschiede usw. noch günstigere Resultate erzielen. Es ist auch noch nicht gesagt, welches Verfahren billiger ist, da die Kopierung auf einen Film, nachdem die Filme verschieden entwickelt worden sind, auch erhebliche Kosten verursacht. Es ist aber darüber, ob ein oder zwei Filme, noch nicht das letzte Wort gesprochen.

In Abb. 39 sehen Sie, wie das Bild im Tobis-Klangfilmverfahren und Movietoneverfahren verkleinert wird, um Platz für die Tonaufzeichnung zu gewinnen. Die Radio Corporation in Amerika, die das Amplitudenverfahren verwendet, verkleinert das Bild in beiden Richtungen und vergrößert den Bildstrich (vgl. Abb. 40). Für beide Verfahren lassen sich Vorteile und Nachteile angeben. Es würde aber zu weit führen, darauf noch einzugehen.

Meine Herren, nachdem Sie mir so lange freundlichst zugehört haben, werde ich nunmehr meinen Vortrag mit meinem Bilde im Sprechfilm beenden lassen, das allerdings im Laboratorium aufgenommen worden und infolgedessen filmisch nicht besonders gut ist. Fürchten Sie nicht, daß es ebenso lange sprechen wird, wie ich gesprochen habe. Im Anschluß an das Schlußwort, das mein Bild jetzt zu Ihnen sprechen wird, wird noch ein nach dem Amplitudenverfahren aufgenommener Klavierfilm ohne Bild gespielt werden, um Ihnen einen Begriff davon zu geben, welche Intensitätsunterschiede und welche Geräuschfreiheit man erreichen kann. (Vorführung der Filme.)

Die internationale Elektroindustrie in Zahlen.

Von A. **Friedrich**, Berlin.

Übersicht. Der Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie hat erstmalig den statistischen Anhang seiner Geschäftsberichte zu einem umfangreichen Nachschlagebuch „Statistischer Bericht 1929" ausgebaut. Er bringt für alle wichtigeren Länder der Erde Zahlen des Außenhandels sowie der Produktion und rundet dies Bild durch Angaben über die internationale Entwicklung elektrotechnischer Anwendungsgebiete ab. Hier folgt ein Auszug daraus.

Während für zahlreiche Industrien schon seit Jahrzehnten gute statistische Literatur zur Verfügung steht, gibt es bisher über die Entwicklung der Elektroindustrie und ihrer Anwendungsgebiete ziffernmäßiges Orientierungsmaterial in nur sehr bescheidenem Umfange. Die ersten interessanten Versuche, das internationale Kräfteverhältnis in Produktion und Außenhandel zu berechnen oder doch abzutasten, wurden vor rund drei Jahren für die Zwecke der Genfer Weltwirtschaftskonferenz gemacht, insbesondere im Memorandum des Zentralverbands der deutschen elektrotechnischen Industrie und in der Monographie der British Electrical and Allied Manufacturers' Association. Mängel der damaligen Arbeiten ergaben sich aus der Kürze der Vorbereitungszeit.

Wenn in diesem Jahr der Zentralverband den seinen Geschäftsbericht ergänzenden statistischen Anhang zu einem umfangreichen selbständigen Bericht über alle erfaßbaren Größen der Produktions-, Außenhandels- und Anwendungsgebiete der Elektrotechnik ausgebaut hat, so füllt diese gründliche Arbeit, der auch in der ausländischen Literatur ein ähnlich umfassendes Kompendium noch nirgends zur Seite steht, eine vielfach empfundene Lücke aus.

Der Bericht maßt sich nicht an, ein allseitiges internationales Nachschlagewerk zu sein, und macht auch keinen Versuch, die elektrotechnische Weltproduktion und den Anteil der einzelnen Länder an ihr auch nur annäherungsweise abzuschätzen, beschränkt sich vielmehr auf Wiedergabe und Verwertung der bisher zur Verfügung stehenden einwandfreien statistischen Unterlagen. Da insbesondere über die Produktion in einer Reihe wichtiger Länder, so in Deutschland, statistische Erhebungen überhaupt nicht vorhanden sind, da ferner die Wertziffern der einzelnen Länder infolge von Preisunterschieden nicht ohne weiteres vergleichbar sind, so konnte ein Weltbild nicht gezeichnet werden, und es wäre erwünscht, wenn auf allen beteiligten Seiten, auch in Deutschland, der Bericht des Zentralverbands als Anregung angesehen würde, hier bisher Versäumtes nachzuholen. Wenn z. B. in den V. S. Amerika für die Elektroindustrie wie für alle anderen Industriezweige alle zwei Jahre eine gründliche Erfassung der Produktionswerte, der Beschäftigtenziffern, der Lohnsummen usw. möglich und nützlich ist, und wenn z. B. das Department of Commerce mit den Quartals-Umsatzziffern der 81 wichtigsten Elektrofirmen der Vereinigten Staaten auch im Ausland eine günstige propagandistische Wirkung erzielt, so sollte vielleicht auch in Deutschland eine Form gefunden werden, diesem Beispiel zu folgen. Der Gesamtverbrauch elektrotechnischer Erzeugnisse kann nicht berechnet und eine genaue Marktanalyse nicht vorgenommen werden, solange nicht außer der Ein- und Ausfuhr auch die Erzeugung bekannt ist.

Einzelne Lücken ergeben sich im Bericht des Zentralverbands naturgemäß auch bei der ziffernmäßigen Darstellung der Anwendungsgebiete: hier fehlen z. B. — offenbar infolge der unzureichenden Beschaffenheit des zur Zeit vorhandenen internationalen Materials — Angaben über die in den wichtigsten Ländern arbeitenden Elektromotoren, über den Stromverbrauch der Elektrochemie und -metallurgie, über das Telegraphenwesen usw. Da aber, wie im Vorwort ausgeführt wird, der Bericht in der jetzigen umfassenden Gestalt jährlich herausgegeben und durch Erfassung noch weiterer Gebiete verbreitert werden soll, ist man wohl zu der Annahme berechtigt, daß diese Publikationen sich im Laufe der Zeit zu einem elektrotechnischen Standard-Jahrbuch entwickeln werden, das lückenlos über alle internationalen Erscheinungen dieser Industrie informiert.

Sämtliche Angaben über Produktion und Außenhandel werden in Wertziffern gemacht, die durchweg in Reichsmark umgerechnet worden sind. Diese einheitliche Umrechnung gibt erst die Möglichkeit, die einzelnen Ziffern miteinander in einen Vergleich zu setzen; man würde vielleicht in künftigen Neuausgaben eine Tabelle beifügen, die zeigt, nach welchen Kursen die Umrechnung vorgenommen wurde. Auch wäre zu erwägen, ob nicht für einige Einzeltabellen (Gesamtaußenhandel, Außenhandel nach Warengruppen, Glühlampenherstellung u. a.) ergänzend Mengen- oder Stückziffern veröffentlicht werden sollten. Daß den Darstellungen der Produktion und des Außenhandels als dritter Teil noch Zahlen über Elektrizitätserzeugung und elektrotechnische Anwendungsgebiete folgen, ist eine sehr begrüßenswerte Ergänzung, die es erlaubt, weitere Entwicklungsmöglichkeiten, beispielsweise Möglichkeiten der Warenausfuhr nach den einzelnen Märkten, einigermaßen abzuschätzen. Dies gilt in erster Linie für die meisten Zweige der Schwachstromtechnik. Ein großer Vorzug, den die gesamte Publikation in allen Teilen hat, ist die sehr übersichtliche Einteilung und Dar-



stellung, so daß das angesammelte gewaltige Zahlenmaterial ohne besondere Einarbeitung sofort benutzt werden kann.

I. Elektroaußenhandel.

Daß die Außenhandelsentwicklung im Statistischen Bericht am ausführlichsten behandelt ist und 229 Seiten von den insgesamt 291 Seiten einnimmt, entspricht wohl in erster Linie der Tatsache, daß hierfür Zahlenmaterial in größtem Umfang zur Verfügung steht. Die Bedeutung des Außenhandels, insbesondere des Exportanteils, gegenüber der Produktion (oder eigentlich dem Gesamtabsatz, der aber meist unbekannt ist) variiert in den Hauptländern sehr stark. Während beispielsweise der Ausfuhranteil an der Produktion in den V. S. Amerika nur etwa 8 % ausmacht, wird er für Deutschland und England schätzungsweise auf 20 % angegeben, und bei Holland übersteigt er sogar 35 %. Mit Recht unterstreicht der Bericht, daß man bei diesen Durchschnittsziffern nicht vergessen darf, daß die meisten am Export interessierten deutschen Firmen mehr als 30 % im Ausland absetzen, während die anderen Firmen viel geringfügiger oder gar nicht an der Ausfuhr beteiligt sind. Hieraus wird die Schlußfolgerung gezogen: „Die Ausfuhrabhängigkeit der deutschen elektrotechnischen Industrie wird sich zum besonderen Nachteil Deutschlands naturgemäß dann bemerkbar machen, wenn die protektionistische Welle, die in der Nachkriegszeit die Welt überflutet hat, anstatt abzuebben, in der zukünftigen Handelspolitik der Hauptabsatzländer eine noch größere Rolle spielen sollte als bisher. Die Schäden, die hieraus entstehen müßten, würden sich für Deutschland nicht auf die gesamte Industrie gleichmäßig verteilen, sondern mit besonderer Schärfe gerade diejenigen Firmen treffen, mit deren Leistungsfähigkeit die innerwirtschaftliche wie auch die weltwirtschaftliche Geltung der deutschen elektrotechnischen Industrie untrennbar verbunden ist" (S. 5).

Über die grundlegende internationale Verschiebung in der Ausfuhrentwicklung der wichtigsten Länder informiert die Zahlentafel 1 (nach S. 227 a), aus der hervorgeht, daß Deutschland auch 1928 unter den Exportländern an erster Stelle stand, daß aber gegenüber 1913 sein Ausfuhrzuwachs mit 60 % der niedrigste war, während er z. B. für die V. S. Amerika 300, für die Niederlande 780, für Schweden 480 % usw. betrug. Der internationale Durchschnittszuwachs liegt bei rd. 160 %.

1. Weltelektroausfuhr.

Länder	1913	1925	1928	Anteil an der Gesamtausfuhr % 1913	1925	1928	Ausfuhrzuwachs 1928 gegen 1913 1913 = 1
	Mill RM						
Deutschland[1]	330,6	366,5	536,1	46,4	25,8	28,8	1,6
V. S. Amerika	112,4	354,6	448,4	15,7	25,1	24,0	4,0
Großbritannien	157,4	356,5	377,6	22,0	25,2	20,2	2,4
Niederlande[2]	12,0[3]	53,7	105,8	1,7	3,8	5,6	8,8
Schweden	14,1	40,3	81,6	2,0	2,8	4,4	5,8
Frankreich	30,2	78,3	69,1	4,2	5,5	3,7	2,3
Österreich, Ungarn, Tschechoslowakei	10,4	53,8	67,0[4]	1,5	3,6	3,6	6,4
Schweiz	24,8	47,6	66,7	3,5	3,4	3,6	2,7
Belgien	10,0[5]	17,8	38,5	1,4	1,3	2,1	3,9
Kanada[6]	0,3	14,5[7]	20,2	0,0	0,9	1,1	67,3
Dänemark	1,7	12,2	18,9[8]	0,2	0,9	1,0	11,1
Japan	1,6	11,1	18,5	0,2	0,8	1,0	11,6
Italien	8,3	12,3	16,3	1,2	0,9	0,9	2,0
Summe..	713,8	1419,2	1864,7	100	100	100	2,6

[1] Einschl. Reparationslieferungen.
[2] Einschl. Durchfuhr.
[3] 1913 Wert geschätzt.
[4] Hierin enthaltener Wert für Österreich 1928 errechnet unter Zugrundelegung von Januar bis September 1928.
[5] Nach Schätzung Martel (Messager de Bruxelles 1917).
[6] Einschl. Wiederausfuhr.
[7] Fiskaljahr Ende 31. III. 1926.
[8] 1928 geschätzt mit 20% Zunahme gegenüber 1927.

Für die Verteilung der Welteinfuhr gibt der Bericht, wie für alle sonstigen Zahlenreihen der Außenhandelsentwicklung, die Angaben nur für die Zeit von 1925 bis 1928; wir verweisen hinsichtlich der Angaben für 1913 und 1924 auf den Geschäftsbericht des Zentralverbands für 1925/26, dessen Tabellen in der ETZ 1927, S. 391 ff. veröffentlicht wurden.

Die Entwicklung der Welteinfuhr ergibt für die 45 erfaßten Länder in der Zeit von 1925 bis 1928 eine Steigerung von 1249,2 auf 1711,1 Mill RM, die sich jedoch auf die einzelnen Gebiete ungleich verteilt. Wichtig ist z. B., wie der Bericht einleitend bemerkt, daß „bisher der europäische Markt trotz der handelspolitischen Hemmnisse, die den möglichen Güteraustausch zweifellos an seiner vollen Entfaltung gehindert haben, eine bemerkenswert stärkere Aufnahmefähigkeit gezeigt hat als vor dem Kriege" (S. 6). In dieser Periode stieg der Anteil der 24 europäischen Länder an der Welteinfuhr von 44,7 auf 53,5 %, während der Anteil der übrigen Erdteile durchweg etwas zurückgegangen ist, am meisten der Asiens. Die zweifellos später noch einmal sehr entwicklungsfähigen asiatischen Märkte nahmen 1928 nur 192,7 Mill RM auf gegenüber 184,1 Mill RM im Jahre 1925; diese sehr geringe Steigerung kommt einem relativen Rückgang von 14,8 auf 11,3 %, gemessen an der gesamten Welteinfuhr, gleich.

Bei dem später folgenden Vergleich deutscher Ausfuhrziffern der Vor- und Nachkriegszeit nach Gebiets- und Erdteilen ist allerdings zu beachten, daß infolge der neuen Grenzziehung ein Teil des gegenwärtigen deutschen Exports nach den europäischen Ländern vor dem Kriege Binnenhandel war; entsprechende Feststellungen gelten auch für andere Länder wie Österreich und Ungarn, so daß also die erwähnte stärkere Aufnahmefähigkeit des europäischen Kontinents teilweise künstlicher Natur ist.

Da in der deutschen Elektroausfuhr (Zahlentafel 2, Auszug aus S. 17) die Versorgung der europäischen, insbesondere mittel- und osteuropäischen Länder an weitaus erster Stelle steht — der Anteil der europäischen Märkte an der deutschen Gesamtausfuhr betrug 1928 fast vier Fünftel —, mußte der gesteigerte Elektrobedarf dieser Gebiete sich in der deutschen Exportentwicklung widerspiegeln. Dabei fallen einige Länder durch besonders große Zunahme deutscher Belieferung auf, so hat sich z. B. von 1925 bis 1928 die Ausfuhr nach Frankreich verfünffacht, nach Rußland fast vervierfacht, nach Finnland verdreifacht, nach Polen und Ungarn etwa verdoppelt. Unter den Überseemärkten Deutschlands zeigen besondere Steigerungen Argentinien, Australien, Niederländisch-Indien und Siam, während anderseits die Ausfuhr nach Japan und teilweise auch nach China erheblich gesunken ist. Es bleibt abzuwarten, ob und in welchem Umfang die deutsche Exportentwicklung auf einigen wichtigen Marktgebieten durch die großen Finanzierungsanstrengungen anderer Länder, in erster Linie der V. S. Amerika, beeinflußt werden wird. Der Bericht betont diese amerikanische Expansion ausdrücklich und meint wohl auch im Hinblick hierauf, daß eine Wiedererlangung der Vorkriegstellung auf dem Elektroweltmarkt für Deutschland nicht möglich sei. „Es müßte vielmehr als ein Erfolg der privaten Initiative und der staatlichen Exportförderungs- und Handelspolitik angesehen werden, wenn der heute wiedergewonnene Anteil am Weltelektrohandel von Deutschland auf die Dauer gehalten werden kann" (S. 4).

2. Deutsche Elektroausfuhr nach Gebietsgruppen.

Ländergruppen	1913	1925	1928	Anteil an der Gesamtausfuhr 1913	1925	1928
	1000 RM			%		
Großbritannien einschl. Irland u. Niederlande	51 694	69 549	87 717	15,6	19,0	16,4
Osteuropa[1]	35 618	38 035	84 649	10,8	10,4	15,7
Mitteleuropa und Balkan[2]	29 009	45 704	74 737	8,8	12,2	13,9
Nordeuropa[3]	35 841	50 144	69 006	10,9	13,6	12,8
Westeuropa[4]	56 465	29 599	54 039	17,1	8,3	10,1
Italien u. Schweiz	30 917	39 885	48 785	9,3	11,0	9,1
Sonstige europäische Länder	281	486	974	0,1	0,1	0,2
Europa...	239 825	273 402	419 907	72,6	74,6	78,2
Südamerika	39 184	36 193	49 564	11,9	9,8	9,3
Ostasien[5]	18 950	27 901	28 911	5,7	7,7	5,4
Britische Dominions[6]	10 373	10 523	15 494	3,0	2,8	2,9
Nord- und Mittelamerika	15 029	13 412	14 656	4,6	3,7	2,7
Sonstige außereuropäische Länder	7 200	5 066	7 552	2,2	1,4	1,5
Übersee..	90 736	93 095	116 177	27,4	25,4	21,8
Summe..	330 561	366 497	536 084	100	100	100

[1] Rußland, Polen, Danzig, Lettland, Litauen, Estland.
[2] Österreich, Ungarn, Tschechoslowakei, Südslawien, Bulgarien, Rumänien, Griechenland.
[3] Dänemark, Norwegen, Schweden, Finnland.
[4] Belgien, Luxemburg, Frankreich, Elsaß-Lothringen und Saargebiet.
[5] China, Japan, Niederländisch-Indien.
[6] Ägypten, Britisch-Afrika, Britisch-Indien, Palästina, Australischer Bund, Neuseeland.



Die deutsche Wareneinfuhr machte 1928 nur ein Zehntel des Ausfuhrwertes aus, immerhin hat der Prozentsatz in den letzten Jahren eine allmähliche Vergrößerung erfahren. Es kann dabei berücksichtigt werden, daß 1928 für 5,6 Mill RM Waren aus dem Saargebiet stammten. Das stärkste Anwachsen in der Belieferung Deutschlands zeigt Holland, dessen Ausfuhr hierher von 2,5 Mill RM in 1925 auf 10,8 Mill RM in 1928 gestiegen ist; an zweiter Stelle folgen die V. S. Amerika, deren Export nach Deutschland sich in dieser Zeit von 5,3 auf 8,4 Mill RM hob.

Der Bericht gibt übrigens sowohl für die Ausfuhr wie für die Einfuhr die Zahlenreihen der einzelnen Warengruppen nach Ländern geordnet wieder, ferner auch eine interessante Aufgliederung der Reparationssachlieferungen elektrotechnischer Erzeugnisse. Diese betrugen 1925: 10,18, 1926: 15,35, 1927: 13,85 und 1928: 22,23 Mill RM; Hauptabnehmer auf Reparationskonto waren 1928 Frankreich mit 48,2, Rumänien mit 15,2 und Südslawien mit 11,3 % (S. 51).

Von den übrigen Ländern wird die Außenhandelsentwicklung der V. S. Amerika und Großbritanniens mit Ausführlichkeit behandelt. Von der amerikanischen Gesamtausfuhr des Jahres 1928 (vgl. Zahlentafel 1) entfielen 19,1 % auf Generatoren, Motoren, Transformatoren usw., 10,4 % auf Schaltapparate und Installationsmaterial, 15,2 % auf Telegraphen- und Telephonmaterial mit und ohne Draht, 4,5 % auf isolierte Drähte und Kabel. Der Hauptteil des Exports der Vereinigten Staaten bleibt auf dem amerikanischen Kontinent: 1928 betrug er 57,6 %; Hauptkunde war Kanada mit 27,5 %. Besonders interessant ist das Eindringen amerikanischer Erzeugnisse in Gebiete des britischen Herrschaftsbereichs, so nach den afrikanischen Kolonien, nach der Südafrikanischen Union, nach Britisch-Indien. Die amerikanische Ausfuhr nach Japan zeigt (ebenso wie die deutsche) einen starken Rückgang von 43,7 auf 21,4 Mill RM in der Zeit von 1925 bis 1928, dagegen der China-Export — anders als bei Deutschland — eine bemerkenswerte Steigerung von 4,6 auf 8,4 Mill RM. Man erinnere sich in diesem Zusammenhang an das im Jahre 1929 erfolgte Eindringen amerikanischen Kapitals in die chinesische und britisch-indische Elektrizitätserzeugung, Transaktionen, die eine Verstärkung der erwähnten Tendenzen erwarten lassen. Wir beschränken uns im folgenden auf die dem Bericht auszugsweise entnommene Warenausfuhr der Vereinigten Staaten nach Erdteilen (Zahlentafel 3, Auszug aus S. 85).

3. Elektroausfuhr der V. S. Amerika nach den einzelnen Erdteilen.

Erdteile	1925	1926	1927	1928
	1000 RM			
Europa	67 482	58 146	74 774	83 354
Afrika	5 825	7 930	9 428	10 286
Asien	66 297	75 199	62 948	61 493
Nord- und Mittelamerika	128 001	130 022•	143 303	173 662
Südamerika	56 359	83 852	85 049	85 019
Australien	30 627	43 957	41 983	34 576
Summe	354 591	399 106	417 485	448 390

Die Einfuhr der V. S. Amerika ist mit 11,1 Mill RM (1928) sehr gering und hat auch in den letzten Jahren nur eine verhältnismäßig kleine Steigerung erfahren (1925: 9,1 Mill RM). An erster Stelle unter den Einfuhrländern steht Japan mit 3,98 Mill RM (vorwiegend Glühlampen), an zweiter und dritter Schweden und Deutschland mit 2,54 und 2,28 Mill RM.

Geht die deutsche Ausfuhr in der Hauptsache nach Ländern des europäischen Kontinents, die der Vereinigten Staaten zum größeren Teil nach Ländern des nord- und südamerikanischen Kontinents, so wird bei weitem der größte Teil der Ausfuhr Großbritanniens von dessen Dominien, Kolonien und Mandatsgebieten aufgenommen; nur ein restliches Drittel geht in die übrigen Teile der Welt. Die Ausfuhrentwicklung Großbritanniens stellt neben den anderen großen Produktions- und Ausfuhrländern insofern eine Ausnahme dar, als sein Export seit einigen Jahren stagniert, so daß dessen Anteil an der Weltausfuhr (vgl. Zahlentafel 1) zurückgegangen ist. Die gebietsmäßige Verteilung der britischen Ausfuhr nach wichtigen Warengruppen ergibt sich aus Zahlentafel 4 (zusammengestellt nach S. 125 ... 139).

Soweit die Ziffern auch bereits für das Jahr 1928 vorliegen, zeigen sie für elektrische Maschinen, Telegraphen- und Telephondrähte und -kabel sowie für Akkumulatoren einen Rückgang der Ausfuhr nach den Kolonien und Dominien.

4. Elektroausfuhr Großbritanniens.

Erzeugnisse	Ausfuhrwert in Mill RM		Davon nach britischen Gebieten in %	
	1925	1927	1925	1927
Generatoren, Motoren	54,83	58,26	69,0	71,0
Regel- u. Schaltvorrichtungen	27,60	32,81	62,7	76,5
Telegraphen-, Telephondrähte u. -kabel	14,32	19,53	65,6	62,9
Untersee-Telegraphen- u. -Telephonkabel	32,51	11,21	2,5	18,3
Drahtlose Telegraphie und Telephonie	22,46	20,47	36,9	39,3
Telegraphie u. Telephonie mit Draht	35,02	34,30	55,5	61,3
Akkumulatoren	9,85	10,99	76,6	82,9
Glühlampen	10,37	12,13	84,2	89,1
Elektr. Beleuchtungszubehör	13,28	13,31	74,7	76,0

An der britischen Einfuhr, die 1928 99,5 Mill RM betrug, waren Deutschland mit 31,5, die V. S. Amerika mit 24,1 und die Niederlande mit 10,0 % beteiligt.

Anschließend bringt der Bericht noch ausführliche Aus- und Einfuhrziffern (fast durchweg nach Warengruppen und Ländern gegliedert) für Belgien, Frankreich, Italien, die Niederlande, Österreich, Schweden, die Schweiz, die Tschechoslowakei, Ungarn und Japan, ferner die Einfuhrwerte, ebenso gegliedert, für weitere 19 europäische und außereuropäische Länder.

II. Elektroproduktion.

Infolge der nur teilweisen statistischen Erfassung der elektrotechnischen Produktionswerte werden in diesem Teil des Berichts lediglich diejenigen 11 Länder aufgeführt, für die amtliches Erhebungsmaterial vorgelegen hat. Die Erhebungen werden fast überall jährlich vorgenommen, mit Ausnahme der Vereinigten Staaten, wo der Census of Manufacturers des Department of Commerce seit 1920 alle zwei Jahre alle Unternehmungen erfaßt, deren Jahresproduktion 5000 $ übersteigt, und Großbritanniens, wo für sämtliche Firmen alle fünf Jahre durch den Census of Production Office (Board of Trade) eine umfassende Erhebung veranstaltet wird. Als zwölftes Land wird ferner noch Japan aufgeführt, dessen Produktionswertzahlen aber nicht amtlichen Charakters sind. Von wichtigen Produktionsländern fehlen außer Deutschland insbesondere Frankreich, Belgien, die Schweiz und Italien. Da für Deutschland im einleitenden Text (S. 5) der Ausfuhranteil mit etwa 20 % angenommen wird und da 1928 für 536,1 Mill RM Elektroprodukte ausgeführt worden sind, ergibt sich, daß man den Wert der deutschen Erzeugung auf rd. 2,6 bis 2,7 Mrd RM geschätzt hat. Wir erwähnen diese Ziffer, für die rechnerische Unterlagen nicht vorhanden sind, lediglich, um einen ganz ungefähren Anhaltspunkt für die Größenordnung Deutschlands zu geben.

Die folgenden Zahlentafeln 5 und 6 sind auf Grund des Statistischen Berichts (S. 233 ... 247) zusammengestellt; es ist zu berücksichtigen, daß infolge verschiedenen Preisstandes die Wertziffern nicht immer genau den Produktionsmengen entsprechen. Bei den Japan-Ziffern ist zu beachten, daß sich offenbar die Preise dem von 1923 auf 1924 gesunkenen Yenkurs nur langsam angepaßt haben; hier ist der Wertrückgang nicht mit einem Produktionsrückgang identisch. In Holland wird die Er-

5. Produktionswerte der elektrotechnischen Industrie in einigen Ländern.

Länder	1923	1924	1925	1926	1927
	Mill RM				
V. S. Amerika	5370,5	.	6505,9	.	(7100,0)[4]
Großbritannien	.	1093,6	.	.	.
Australien[1]	.	23,7	27,3	35,0	48,1
Kanada	215,7	249,9	252,7	293,0	329,9
Neuseeland	2,2	2,0	2,1	2,2	.
Südafrika[2]	.	4,7	6,0	.	.
Schweden	68,2	79,3	99,2	119,6	131,8
Finnland	7,0	5,7	6,8	9,5	.
Dänemark	.	.	.	44,3	43,7
Niederlande	.	.	86,1[5]	.	94,6[5]
UdSSR[3]	.	91,6	168,3	244,3	308,9
Japan	378,5	336,5	380,3	465,0	.

[1] 1924 = 1. VII. 1923/30. VI. 1924 usw.
[2] 1924 = 1. IV. 1924/31. III. 1925 usw.
[3] 1924 = 1. X. 1923/30. IX. 1924 usw.
[4] Der Bericht nennt für 1927 nur die Elektrofabrikation der elektrotechnischen Industrie, die 6517,6 Mill RM betrug. Die im Jahr 1925 mit 476,9 Mill RM angegebene Elektrofabrikation anderer Industrien dürfte sich 1927 auf 500...600 Mill RM erhöht haben.
[5] z. T. Schätzung, vgl. Text.



zeugung ohne Glühlampen, Radiomaterial, Akkumulatoren usw. erfaßt; für 1927 wurde deren Wert auf 65 Mill RM (Vorjahr: 64 Mill RM) geschätzt, d. h. auf mehr als zwei Drittel der Gesamtproduktion, da für die übrigen Warengruppen 1927 ein Wert von nur 29,6 Mill RM errechnet wurde. Dies erklärt auch die für Holland eingesetzte zu geringe Beschäftigtenziffer.

6. Beschäftigtenzahl der elektrotechnischen Industrie in einigen Ländern.

Länder	1923	1924	1925	1926	1927
V. S. Amerika[1]	309 113	.	.	.	.
Großbritannien	.	156 508	.	.	.
Australien[2]	.	2 641	2 962	3 646	4 436
Kanada	13 268	13 670	14 112	15 246	.
Neuseeland	207	215	197	185	.
Südafrika[3]	.	975	1 033	.	.
Schweden	7 625	7 970	10 329	11 890	12 354
Finnland	1 164	909	964	1 219	.
Dänemark[4]	.	.	.	(3 058)	(3 346)
Niederlande[5]	3 101	3 708	3 967	4 160	4 564
UdSSR[6]	.	.	.	23 880	24 178
Japan	29 788	36 607	.	40 827	.

[1] Zahl der Arbeiter betrug 1923: 234 892, 1925: 239 921, 1927: 246 565.
[2] 1924 = 1. VII. 1923/30. VI. 1924 usw.
[3] 1924 = 1. IV. 1924/31. III. 1925 usw.
[4] nur Arbeiter, unvollständig erfaßt.
[5] ohne Glühlampen- und Radioindustrie; Philips beschäftigte anfangs 1929 25 000 Arbeiter allein innerhalb der holländischen Grenzen.
[6] 1924 = 1. X. 1923/30. IX. 1924 usw.

III. Elektrizitätserzeugung und Anwendungsgebiete der Elektrotechnik.

Die Entwicklung der Elektrizitätserzeugung und insbesondere des Elektrizitätsverbrauchs ist natürlich ein charakteristisches Merkmal des jeweils erreichten Elektrisierungstandes und deutet die noch bestehenden Entwicklungs- und Versorgungsmöglichkeiten an. Da über die Elektrizitätsverteilung an die Verbrauchergruppen für die meisten Länder — die deutsche Erhebung von 1925 bildet in dieser Hinsicht eine nachahmenswerte Ausnahme — nur ungenaue Schätzungen vorhanden sind, beschränkt sich der Bericht darauf, im Textteil (S. 253) einige wichtige Tatsachen dieser Art zu erwähnen: so z. B. den 5,5 Mrd kWh betragenden Stromverbrauch der elektrochemischen und -metallurgischen Industrie Norwegens, den gegenwärtig etwa 1,5 Mrd kWh ausmachenden Elektrizitätsexport Kanadas, den hohen Stromverbrauch der kanadischen Zellstoff- und Papierindustrie usw. Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß der deutsche elektrochemische Stromverbrauch für 1927 auf 5 Mrd kWh geschätzt worden ist[1].

Über die Elektrizitätserzeugung wird für die Jahre 1925/26 im Bericht grundlegendes Material veröffentlicht, das die Ermittlung einer Weltziffer erlaubt: 184,044 Mrd kWh, eine Zahl, die sich jedoch bei Hinzurechnung einiger europäischer Länder (Spanien, Portugal usw.), einiger asiatischer Gebiete (China, Britisch- und Niederländisch-Indien, Russisch-Asien) usw. insgesamt um einige Milliarden erhöhen dürfte. Auf Grund der mit möglichster Genauigkeit errechneten Weltziffer für 1925 war es möglich, die Welterzeugung für die Jahre 1926 und 1927, für die das Material nicht mit solcher Vollständigkeit vorliegt, doch einigermaßen richtig abzuschätzen. In Zahlentafel 7 (Auszug aus S. 257) lassen wir die teilweise unvollständigen Angaben über die installierte Leistung sowie die zahlreichen Quellenangaben fort.

Ein interessantes Bild bietet der Elektrisierungsstand der Eisenbahnen in den wichtigsten Ländern. An der Spitze steht die Schweiz mit einem elektrisierten Anteil von 62,3 % am gesamten schweizerischen Bahnnetz (1. I. 1929), wie überhaupt die Zahlen erkennen

[1] Vortrag von Dir. Dr.-Ing. Joh. Hess, vgl. Die Chemische Industrie 1929, H. 1.

7. Elektrizitätserzeugung in verschiedenen Ländern.

Länder	1925	1926	1927
	Mill kWh		
Deutschland[2]	20 328	21 218	25 135
Australien[1]	1 730	1 988	—
Kanada[1]	10 110	12 093	14 231
Dänemark[2]	376	421	—
Finnland[1]	542	610	—
Frankreich[1]	10 207	11 268	11 875
Großbritannien[3]	8 123	8 366	9 928
Italien[1]	6 545	7 647	8 107
Japan[1]	8 172	9 313	10 559
Niederlande[1]	1 009	1 136	1 323
Polen[2]	1 800	etwa 2 000	etwa 2 400
Rumänien[2]	400	430	500
Rußland[2]	2 274	3 269	4 097
Schweden[2]	3 672	4 006	4 385
Schweiz[2]	3 665	4 170	4 400
V. S. Amerika[1]	65 870	73 791	80 205
Summe	144 823	161 726	177 145
Zunahme der Erzeugung gegenüber 1925 in %	—	11,7	24,5[4]
Annähernde Welt-Elektrizitätserzeugung rd.	184 000	206 000	230 000

[1] Nur Erzeugung der öffentlichen Werke.
[2] Erzeugung sämtlicher Kraftwerke.
[3] Die Zahlen für Großbritannien enthalten einen geringen Prozentsatz der Erzeugung gewerblicher Eigenanlagen sowie die Elektrizitätserzeugung der Bahnkraftwerke.
[4] errechnet unter Zugrundelegung der Erzeugung der gleichen Länder für 1925 (insgesamt 142 175 Mill kWh), also ausschl. Australien, Dänemark und Finnland, deren Elektrizitätserzeugung im Jahre 1927 noch nicht bekannt ist.

lassen, daß „die elektrische Zugförderung am weitesten in den kohlenarmen Ländern Schweiz, Österreich, Italien, Schweden und Norwegen fortgeschritten ist" (S. 261). Die Ziffern für Deutschland nach dem Stand vom 1. VI. 1929 lauten auf 1327 km elektrisierter Streckenlänge, d. h. 2,5 % des gesamten Bahnnetzes. In den V. S. Amerika betrug zwar bereits am 1. I. 1927 die elektrisierte Streckenlänge 2880 km, doch entsprach diese Länge nur 0,7 % des Bahnnetzes der Union.

In der Verteilung der Fernsprechstellen (S. 265 ... 271) stehen die V. S. Amerika mit 60,5 % bei weitem an der Spitze, es folgt der absoluten Ziffer nach Deutschland mit 9 % der Fernsprechstellen der Welt. Hinsichtlich der Fernsprechdichte — Anzahl der angeschlossenen Fernsprechstellen je 100 Einwohner — steht allerdings Deutschland mit 4,2 (V. S. Amerika 15,3) auch hinter Ländern wie Kanada, Neuseeland, Dänemark, Schweden, Australien, Norwegen und der Schweiz zurück. Das Übergewicht der amerikanischen Ziffern (Telephonnetze der American Telephone & Telegraph Co. sowie der International Telephone & Telegraph Corp.) zeigt sich auch darin, daß rd. 70 % aller Fernsprechanlagen der Erde von Privatgesellschaften und nur rd. 30 % vom Staat betrieben werden, obwohl letzterer auf diesem Gebiet u. a. in Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Belgien, Holland, Österreich, Polen, Japan, Australien, Neuseeland ausschließlicher Unternehmer ist.

Den Abschluß des dritten Teils des Berichts (S. 273 bis 291) bilden ausführliche Angaben über die Länge der europäischen Fernsprechkabel, der Unterseekabel der Welt, die Funkstellen (Küsten-, Land- und Bordfunkstellen) und den Rundfunk.

Gerade die Zahlentafeln über Elektrizitätserzeugung und elektrotechnische Anwendungsgebiete zeigen, welch gewaltige Elektrisierungsmöglichkeiten noch auf dem größten Teil der Erdoberfläche vorhanden sind. Für Deutschland ergibt sich aus diesen Ziffern auf den meisten Gebieten erst ein mittlerer Grad der Elektrisierung. Anderseits steht in den menschenreichen Teilen Osteuropas, Indiens und des Fernen Ostens die Elektrisierung in fast jeder Hinsicht noch in ihren ersten Entwicklungstadien.

RUNDSCHAU.

Leitungen.

Die Störungen der Wellenausbreitung durch Unregelmäßigkeiten im Aufbau pupinisierter Leitungen. — Die bekannten Gesetze der Wellenausbreitung längs pupinisierter Leitungen beruhen auf der Annahme vollkommener Homogenität der einzelnen Kettenglieder. Diese Voraussetzung ist in der Praxis nie erfüllt, weil zu den kleinen Inhomogenitäten der Leitung noch größere Unregelmäßigkeiten in Aufbau und Lage der Pupinspulen treten. Für die hohen Anforderungen hinsichtlich der Verzerrungsfreiheit der Zeichenübertragung, welche bei heutigen Leitungen namentlich bei Benutzung für Rundfunkzwecke gestellt werden müssen, bedeuten diese Unregelmäßigkeiten

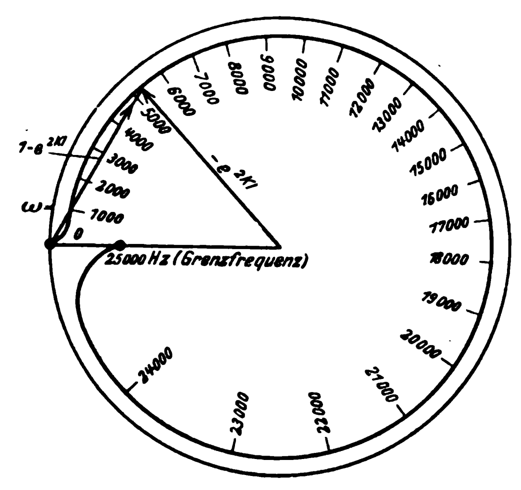


Abb. 1. Gesamt-Einflußfaktor der Unregelmäßigkeiten auf die Verzerrung.

des Leitungsaufbaues bereits eine fühlbare Störung: denn sie bewirken, daß Wellenwiderstand und Ausbreitungsziffer merklich frequenzabhängig werden, so daß die übertragenen Signale eine unerwünschte Verzerrung erleiden. Um diese Erscheinungen und die hiergegen zu treffenden Maßnahmen zu untersuchen, kann man sich in hinreichender Allgemeinheit auf Unregelmäßigkeiten der Spulenimpedanz beschränken. Man findet dann in erster Näherung eine relative Verzerrung der übertragenen Zeichen, welche diesen Unregelmäßigkeiten proportional ist. Für sehr niedrige Frequenz ist der Gesamteinfluß der Unregel-

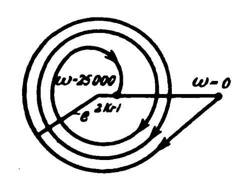


Abb. 2. Störungsvektor eines einzelnen unregelmäßigen Kettengliedes.

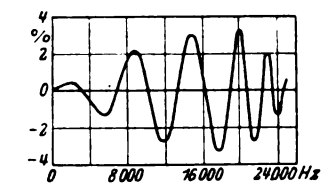


Abb. 3. Frequenzabhängigkeit der Verzerrung durch eine Unregelmäßigkeit nahe am Empfangsende.

mäßigkeiten sehr klein; er steigt dann mit wachsender Frequenz nach Abb. 1 rasch an, um nach Überschreitung eines Maximums bei Annäherung an die Grenzfrequenz der Leitung wieder stark zu sinken. Hinsichtlich der Verzerrung verhalten sich die im oberen Teil des übertragenen Frequenzbereiches liegenden Frequenzen am ungünstigsten. Anders wirkt sich der besondere Einfluß eines einzelnen vom Mittel abweichenden „Kettengliedes“ aus. Beispielsweise kann die relative Störung einer um r Glieder vom Ende entfernten Unregelmäßigkeit durch einen ihr proportionalen Vektor repräsentiert werden, welcher bei wachsender Frequenz bis zur Grenzfrequenz nach Abb. 2 alle vier Quadranten r-mal durchläuft. Der Betrag dieses Vektors und damit die Bedeutung der Unregelmäßigkeit vermindert sich exponentiell mit r außerordentlich rasch, so daß es für eine saubere Signalübertragung hinreicht, die in der Nähe des Empfängerendes befindlichen „Kettenglieder“ gegeneinander möglichst genau abzugleichen; wird die Leitung in beiden Richtungen benutzt, so gilt diese Forderung sinngemäß für beide Leitungsenden. Sind mehrere Glieder mit Unregelmäßigkeiten behaftet, so überlagern sich die von ihnen hervorgerufenen Verzerrungen, so daß die Untersuchung der Einzelwirkung einer Unregelmäßigkeit bereits ein hinreichendes Gesamtbild liefert. Bei der Beurteilung der Verzerrung kann man sich im allgemeinen auf die Untersuchung der Amplitudenverzerrung beschränken, während die Phasen-

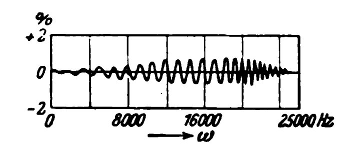


Abb. 4. Frequenzabhängigkeit der Verzerrung durch eine Unregelmäßigkeit fern vom Empfangsende.

verzerrung erst eine sekundäre Rolle spielt. Auf Grund der genannten Konstruktion der Verzerrung als Produkt aus einem Gesamt-Einflußfaktor nach Abb. 1 und dem Einfluß des Einzelgliedes nach Abb. 2 ergibt sich dann die in Abb. 3 u. 4 wiedergegebene Frequenzabhängigkeit der Verzerrung, welche die oben aufgeführten Gesichtspunkte zur Verminderung dieser Erscheinung zahlenmäßig bestätigt. (A. G. Warren, J. Inst. El. Engs., London, Bd. 66, S. 628.) *Oldff.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Hilfsmeßgerät für den Zählerkontrolleur. — Die fabrikneu angelieferten Zähler werden in der Regel im Eichraum der Elektrizitätswerke vor Abgabe zur Montage auf die Richtigkeit der Angaben geprüft. Außer dieser Eichraumprüfung werden die Zähler in bestimmten längeren Zeitabständen an ihrem Montageort kontrolliert, u. zw. insbesondere dann, wenn sich auf Grund der monatlichen Zählerablesungen Unstimmigkeiten in der Verbrauchsangabe bemerkbar machen. Während nun bei der Eichraumprüfung dem Eicher in bequemer Weise eine Reihe von Meßgeräten zur Ermittlung der Zählerfehlerquellen zur Verfügung stehen, muß sich der Zählerkontrolleur bei der Kontrolle des Zählers am Montageort auf möglichst wenig Apparate beschränken, um nicht zu großen Instrumentenballast mitschleppen zu müssen. Bei der Wahl der transportablen Meßinstrumente wird deshalb Wert darauf gelegt, daß diese ein möglichst geringes Gewicht haben und in ihren Abmessungen nicht zu sperrig sind.

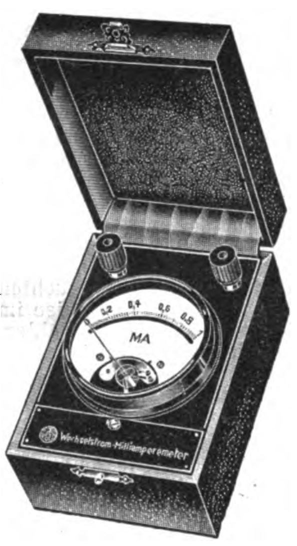


Abb. 5. Wechselstrom-Milliamperemeter.

Vor nicht allzu langer Zeit hat die Firma P. Gossen & Co., Fabrik elektrischer Meßgeräte in Erlangen, ein Meßinstrument herausgebracht, das sich infolge seiner geringen Abmessungen und seines Gewichtes besonders für den Aktentaschentransport eignet. Das neu in den Handel gebrachte Instrument wird als Wechselstrom-Drehspulinstrument bezeichnet; die genannte Firma stellt solche Instrumente als Milliamperemeter bis zu 50 mA und als Voltmeter ohne Vorschaltwiderstände bis zu 450 V her. Von diesen Instrumenten eignet sich ganz besonders das Wechselstrom-Milliamperemeter (Abb. 5) zur Kontrolle von Zählern am Montageort. Mit Hilfe dieses Instrumentes kann der Zählerkontrolleur vor Vornahme von umfangreichen Messungen und dem damit verbundenen zeitraubenden Einbau von Meßinstrumenten feststellen, ob die Spannungsspulen des Zählers unterbrochen sind.

Ein Öffnen des Zählers, d. h. Abnehmen des Zählergehäuses und Entfernung der Plomben, ist hierzu nicht nötig.

Erfahrungsgemäß ist eine große Anzahl von Störungen in den Zählerangaben darauf zurückzuführen, daß die Spannungspulen unterbrochen sind infolge von Blitzschlägen, Überspannungen und normalen Defekten. Ist bei Mehrphasenzählern eine dieser Spannungspulen unterbrochen, so bleibt der Zähler deswegen nicht stehen, da die Ankerscheibe durch die übrigen unversehrten Spannungsysteme angetrieben wird. Je nachdem nun die eine oder andere Spannungspule unterbrochen ist, wird der Zähler einen größeren oder kleineren Fehler in seinen Angaben machen, und es kann unter Umständen diese Fehlanzeige erst nach Monaten durch das Strombüro festgestellt werden.

Die Ermittlung, ob eine Zähler-Spannungspule unterbrochen ist, vollzieht sich mit Hilfe des Wechselstrom-Milliamperemeters in sehr einfacher Weise. Der Zählerkontrolleur wird sofort bei Ankunft am Montageort des Zählers den Klemmdeckel abnehmen, den Verbindungsteg zwischen Strom- und Spannungspule lösen und anstatt dieses Verbindungsteges sein Milliamperemeter anschließen (Abb. 6). Ist die betreffende Spannungspule in Ordnung, so zeigt das Wechselstrom-Milliamperemeter die Stromaufnahme der Spannungspule bei der zur Zeit herrschenden Betriebspannung an. Ist Unterbrechung vorhanden in der Spannungspule, dann wird das Instrument keinen Ausschlag geben. Durch diese in kurzer Zeitdauer ausgeführte Voruntersuchung wird der Zählerkontrolleur sofort in Kenntnis gesetzt, ob ein weiterer Einbau von Meßinstrumenten nötig ist, oder ob der Zähler wegen Reparatur demontiert und in den Eichraum geschickt werden muß. Bekanntlich ist die Stromaufnahme der Spannungsspulen bei den verschiedenen Zählertypen verschieden. Damit nun der Zählerkontrolleur sich ein Bild machen kann, ob die Stromaufnahme des von ihm untersuchten Zählers in Ordnung ist, wird man zweckmäßigerweise im Zählereichraum an einer Reihe von geführten Zählertypen mit dem obenerwähnten Wechselstrom-Milliamperemeter die Stromaufnahme bestimmen und die so erhaltenen Werte in einer kleinen Zahlentafel zusammengestellt dem Zählerkontrolleur mitgeben.

Aber auch das Wechselstrom-Drehspul-Voltmeter ist für die Vornahme von Zählerkontrollen ein sehr willkommenes Instrument. Wählt man 5/150/300 V als Meßbereich, so kann man bei der Kontrolle des Zählers an seinem Montageort feststellen, bei welcher Spannung man den Zähler kontrolliert hat, u. zw. ist dieser Meßbereich ausreichend für Überlandzentralen, 120 und 220 V, also für Licht- und Kraftspannungen. Ganz besonders wertvoll ist aber, daß dem Instrument noch ein Meßbereich beigegeben ist für eine Spannung bis zu 5 V mit geringem Stromverbrauch. Mit Hilfe dieses Meßbereiches kann der Zählerkontrolleur bei Zählern, die an Stromwandler angeschlossen sind, feststellen, ob die sekundären Verbindungsleitungen zwischen Wandlern und Zähler unterbrochen sind (Abb. 7). Die Untersuchung wird in folgender Weise ausgeführt: Bei betriebsmäßiger Belastung am Montageort des Zählers wird zuerst an den Stromklemmen des Zählers mit dem Meßbereich 300 oder 150 V festgestellt, ob die Wandlerleitung unterbrochen ist. Erhält der Kontrolleur hierbei keinen Ausschlag, so legt er den Meßbereich 5 V an und kann aus dem erhaltenen Ausschlag ohne weiteres beurteilen, ob der Wandler sekundär nicht mit einer höheren Spannung beansprucht wird, als der auf seinem Schild angegebenen Nennbürde entspricht.

Endlich sei noch erwähnt, daß der Kontrolleur mit diesem kleinen Aktentascheninstrument auch noch die Spannung an den Spannungswandlern kontrollieren und feststellen kann, ob die Spannung der Wandler in allen drei Phasen dieselbe ist (Abb. 8). Diese Feststellung gibt ihm ein Urteil darüber, ob nicht in einer der Spannungswandlerleitungen eine Unterbrechung oder ein Durchschmelzen der Sicherung eingetreten ist. *Fu.*

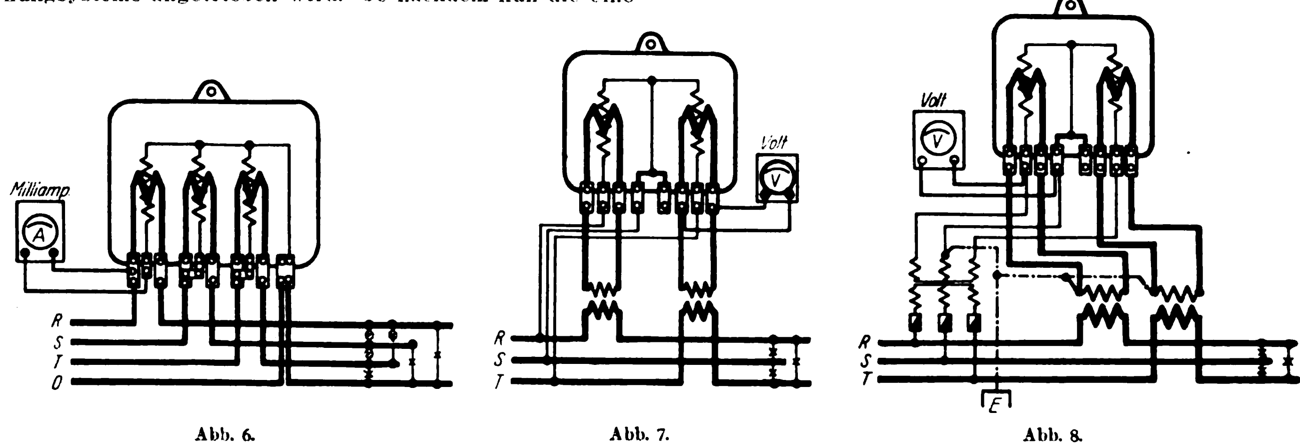


Abb. 6. Abb. 7. Abb. 8.

Der verbesserte Kurvenzeichner nach Rosa. — Die erste Ausführung eines Kurvenzeichners liegt bereits 30 Jahre zurück[1], sie wurde vergessen, als B l o n d e l mit dem Oszillographen auftauchte. R o s a kam während seiner Tätigkeit beim Bureau of Standards nicht dazu, sich dem Apparat zu widmen, die Arbeiten wurden erst nach seinem Tode von B o n n aufgenommen gelegentlich der Prüfung eines 1000 Hz-Generators, bei dem der Oszillograph nach Blondel bereits nicht mehr zuverlässig arbeitet.

Der Rosa-Kurvenzeichner ist abgeleitet von der Punktmethode mit einer synchron laufenden Kontaktscheibe. Mit kurzzeitigen Stromstößen, die dem Einzelpunkt der Welle entsprechen, wird ein Kondensator bis zu dem betreffenden Wert geladen und mit einem Schalter auf ein ballistisches Galvanometer entladen. Der Ausschlag ist proportional dem Momentanwert der Kurve. Die Methode ist mühselig und erfordert konstante Spannung und konstante Frequenz. In der Ausführung von Rosa wird die Kurve in wenigen Minuten aufgenommen, die Verdrehung des Kommutators und das Zeichnen der Punkte erfolgen selbsttätig. Die Arbeitsweise ist folgende (Abb. 9): Der zu

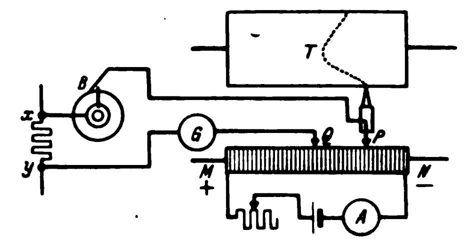


Abb. 9. Kurvenzeichner.

analysierende Wechselstrom durchläuft den Meßwiderstand xy, dessen Klemmen über den Kontaktmacher B und das Galvanometer G an die Punkte P und Q geführt sind. Im Galvanometerkreis wirken 2 elektromotorische Kräfte: proportional dem Momentanwert des Stromes in xy, und proportional der Entfernung PQ. Wird P so lange nachgestellt, bis das Galvanometer stromlos ist, so ist die Strecke PQ gleich dem gesuchten Momentanwert der Welle. Der Abstand PQ ist demnach als Ordinate und die Winkeldrehung des Kontaktmachers als Abszisse zu benutzen, um die Kurve in üblicher Weise zu zeichnen. Das neue Instrument arbeitet nun so, daß in dem Augenblick, in dem das Galvanometer G stromlos ist, die Stellung von P sofort auf die Trommel gedruckt wird. Wenn das geschehen ist, dreht sich der Kommutator bzw. die Bürste um einen kleinen Winkel, und es kann ein weiterer Punkt registriert werden. Die Registrierung erfolgt mit einem Farbband. Der Beobachter löst die Markierung und den Fortbewegungsmechanismus aus, sobald er bei dem Galvanometer den Zeiger durch Null gehen sieht, während

[1] Phys. Rev. Bd. 6, S. 17.

er mit der rechten Hand die Walze *MN* langsam gedreht hat. Man kann bis zu 20 Punkte/min drucken.

Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf die Konstruktion der Kontakteinrichtung und den Vergleich mit den Ergebnissen des Oszillographen. Vor diesem hat der Kurvenzeichner den großen Vorteil der hohen Empfindlichkeit, denn er benötigt nur eine Spannung von 100 mV. Die Genauigkeit beider Verfahren kann man etwa gleich hoch einschätzen. Der Kurvenzeichner ist nahezu unverwüstlich.

Die aufgenommenen Kurven mit etwa 150 Meßpunkten für eine volle Periode bei 50 Hz geben einen sehr guten Kurvenverlauf, selbst Kondensatorentladungen mit einer Frequenz von 450 Hz sind noch sehr gut aufgezeichnet worden. Der Apparat wird von der Firma Leeds & Northrup, Philadelphia, hergestellt. (N. E. Bonn, J. Opt. Soc. of Am. Bd. 17, S. 207.) *Kth.*

Beleuchtung.

Neue Wege zur Sicherung des nächtlichen Luftverkehrs. — Je stärker aus wirtschaftlichen und verkehrstechnischen Gründen die Notwendigkeit eines gesteigerten Nachtflugverkehrs hervortritt, desto mehr rückt seine Sicherung durch ausreichende und völlig verläßlich arbeitende Leuchten in den Vordergrund des Interesses. Die Julius Pintsch AG. baut neuerdings elektrische Leuchten, bei denen die auf den deutschen Nachtflugstrecken gesammelten Erfahrungen ausgewertet wurden. Die neuen Feuer weisen kurz folgende große Vorteile auf:

1. lange Blitzdauer bei schneller Blitzfolge,
2. Dachlicht als Zusatzfeuer,
3. neuartige Röhrenlampe mit langer Lebensdauer.



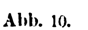


Abb. 10.

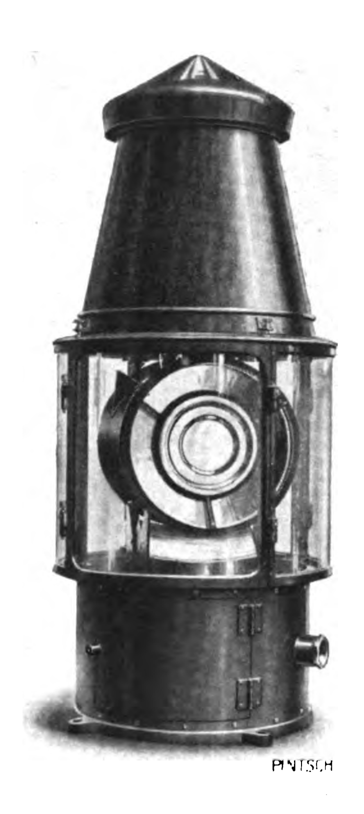


Abb. 11.

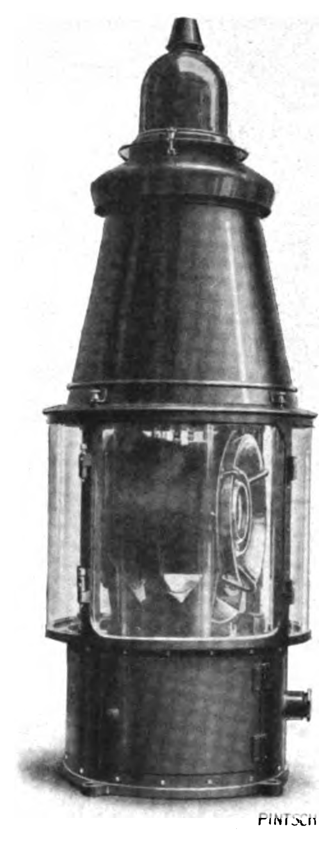


Abb. 12.

Als hauptsächliche Eigenschaft muß eine Verdoppelung der Blitzdauer bei gleichschneller Blitzfolge wie bisher oder aber Verdoppelung der Blitzfolge bei gleicher Umdrehungszeit gegenüber anderen Leuchten bezeichnet werden. Bekanntlich ist ja die schnelle Folge der einzelnen Blitze außerordentlich wertvoll für den sehr in Anspruch genommenen Piloten, und weiter wird durch eine möglichst lange Dauer der Blitze eine Verringerung des Leuchtwertes bzw. der Reichweite des Feuers verhindert. Dies wird bei den neuen Feuern durch die Verwendung von zwei Optiken erreicht, die um eine Lichtquelle drehbar angeordnet sind. Diese Lösung stellt für das Gebiet der Luftfahrtleuchten eine grundsätzliche Neuerung dar. Die Optiken bestehen aus geschliffenen Linsenelementen und ermöglichen daher eine fast restlose Ausnutzung des von der Lichtquelle ausgestrahlten hochkerzigen Lichtstromes. Die genannte Firma baut diese neuen Leuchten (Abb. 10 bis 12) in drei verschiedenen Größen. Die beiden größeren DL 150 und DL 115 sind mit einer selbsttätigen Glühlampen-Wechselvorrichtung ausgerüstet, die nur bei Beschädigung der Glühlampe, jedoch nicht bei Ausfall des Netzstromes in Tätigkeit tritt. Da der erfolgte Lampenwechsel durch eine Kontrollampe im Schaltschrank angezeigt wird, gibt diese Lampenwechsel-Vorrichtung den Leuchten eine große Betriebsicherheit und gestattet weiter die volle Ausnutzung der Lebensdauer der Glühlampen.

Neu ist auch die für die beiden größeren Leuchten verwendete Röhrenglühlampe. Um die bei längerer Brenndauer unvermeidliche Schwärzung der Glaskolben möglichst unwirksam zu machen, verlegte man den Leuchtkörper in den unteren Teil der Lampe, so daß die Schwärzung nur im oberen Teil des Kolbens eintritt und die Absorption des Lichtes nur unwesentlich wird. Die Lebensdauer dieser neuen Röhrenlampen ist außerdem erheblich größer als die der bisher üblichen Scheinwerferlampen. Die Leuchten DL 150 und DL 115 haben eine Lichtstärke von 1 Mill und 300 000 HK. Abb. 12 a stellt eine Nachtaufnahme der probeweise aufgestellten Drehlinsenleuchte DL 115 dar.

Eine weitere Neuerung bringen die Leuchten durch ein zusätzliches rotes oder weißes Dachlicht oder ein Kursfeuer-Dachlicht, deren Verwendung eine Reihe von Verbesserungen für die Befeuerung von Nachtflugstrecken gewährleistet. So kann das Dachlicht die natürliche Höhenstreuung der umlaufenden Hauptoptiken nach oben fortsetzen und dem Piloten als rotes oder weißes Festlicht jederzeit den Standort der Leuchte anzeigen oder ihr Wiederauffinden erleichtern.

Weiter kann das rote oder weiße Dachlicht durch einen besonderen auf der Schalttafel angebrachten Wirbelstrom-Kennungsgeber eine von der Hauptleuchte unabhängige Blinklichtkennung geben, also beispielsweise nach dem Morsealphabet die laufende Nummer der Leuchte blinken und dadurch eine genaue Ortsbestimmung ermöglichen. Die Blinklichtkennung des Dachlichtes kann durch einen am Drehtisch angeordneten Kontakt zwangsläufig mit der einfachen Kennung der Hauptleuchten gekuppelt werden dergestalt, daß das Dachlicht nur dann aufleuchtet, wenn die beiden Hauptlichtkegel in die Richtung der Flugstrecke fallen. Dem Piloten kann durch eine von der Hauptleuchte abhängige Blinklichtkennung die Flugrichtung angegeben werden, auch wenn er infolge schlechter Sicht die nächste Leuchte der Strecke nicht

erkennen kann. An Stelle der Glasglocke des Dachlichtes kann endlich ein Kursfeuer-Dachlicht mit zwei fest eingebauten Gürtellinsen-Segmenten vorgesehen werden, die in Richtung der Flugstrecke leuchten und genau wie bei der Küstenbefeuerung einen Leitsektor als Festlicht strahlen.

Eine Neuerung in jeder Hinsicht ist die kleine Ausführung dieser Drehlinsenleuchten, DL 50 genannt. Diese Leuchte übertrifft durch ihre Lichtausbeute von 150 000 HK, bezogen auf ihr Gesamtgewicht, die bisher bekannten Feuer und kann wegen ihrer Leichtigkeit als „Aufzugsleuchte" in Verbindung mit einem gleichfalls neu konstruierten „Aufzugsmast" auf der Erde nachgesehen und gereinigt werden, ohne daß ein Besteigen des Mastes erforderlich ist. Das ist an und für sich schon für das Bedienungs- bzw. Kontrollpersonal eine große Erleichterung, die besonders aber noch im Winter bei Vereisung der Steigeleitern in Erscheinung tritt. *fi*

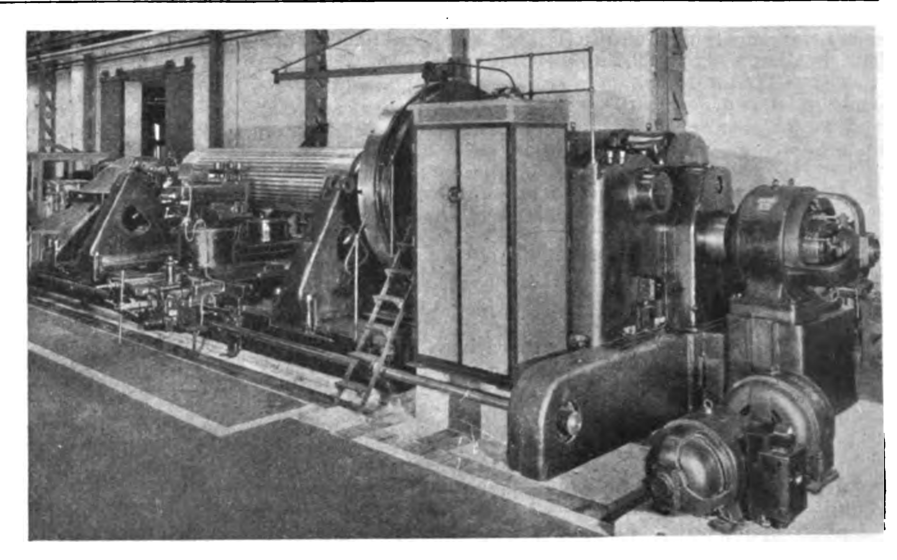


Abb. 13. Drehbank mit Universal-Druckknopfsteuerung.



Abb. 12a. Nachtaufnahme der probeweise aufgestellten Drehlinsenleuchte DL 115.

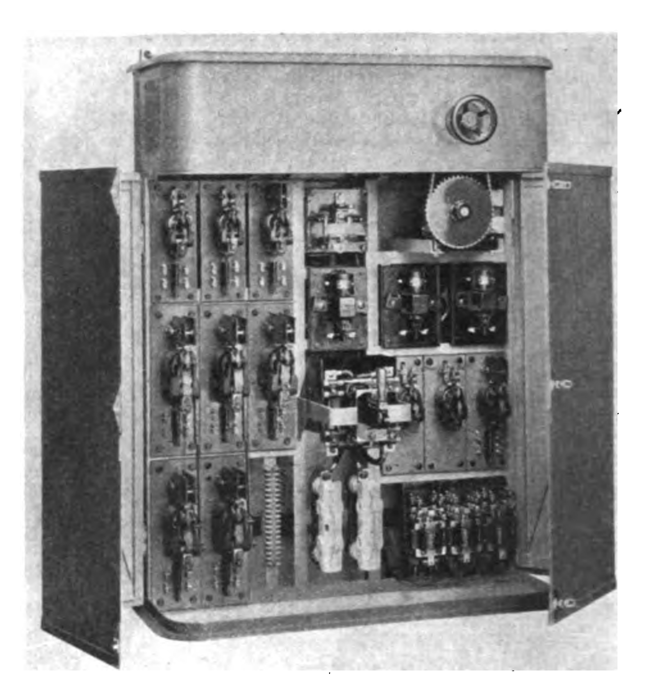


Abb. 14. Schaltschrank der Druckknopfsteuerung.

Elektrische Antriebe.

Elektrische Ausrüstung einer großen Drehbank der Schieß-Defries AG. — Auf der Leipziger Messe wurde eine große Drehbank der Schieß-Defries A. G. mit elektrischem Antrieb von Brown Boveri & Cie. ausgestellt (Abb. 13). Der Hauptantrieb erfolgt durch einen regelbaren Gleichstrommotor von 46 PS, 400 ... 1200 U/min, 220 V, der von einer Universal-Druckknopfsteuerung gesteuert wird. Die Steuerorgane sind in einem Schaltschrank untergebracht (Abb. 14). Sämtliche Manöver für „Vorwärts", „Rückwärts", „Schneller", „Langsamer", „Halt" werden durch Druckknöpfe eingeleitet. Außerdem ist noch ein Manöver „Einrichten" vorhanden, derart wirkend, daß der Motor mit etwa ⅓ seiner Grunddrehzahl läuft, solange die Druckknöpfe „Vorwärts" oder „Rückwärts" gedrückt werden. Es sind insgesamt drei Kommandostellen vorhanden, u. zw. eine am Spindelkasten und je eine auf den beiden Supporten. Für die Schnellverstellung der beiden Supporte ist je ein Gleichstrommotor, 2 PS intermittierend, etwa 2825 U/min, vorhanden, die ebenfalls durch Druckknöpfe im einen oder anderen Sinne gesteuert werden. Für die Reitstockverstellung ist ein Gleichstrommotor von 2 PS intermittierend, etwa 1400 U/min, vorgesehen, in Ausführung als Einbau-Flanschmotor. Dieser Motor wird, da er nur selten zu bedienen ist, durch einen Kontroller gesteuert. *fi*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Untersuchungen über den Durchschlag und die Verluste einiger fester Isolierstoffe. — K. Halbach untersucht einige für die Praxis wichtige Isolierstoffe, nämlich Porzellane, Hartpapiere und Gläser auf ihre elektrischen Eigenschaften hin. Er zeigt, daß man auf Grund des zeitlichen Verlaufs des Verlustfaktors (Tangente des Verlustwinkels) vor dem Durchschlag die Art des Durchschlages — ob Wärme- oder rein elektrischer Durchschlag — genau angeben kann. Vor dem Wärmedurchschlag steigt nämlich der Verlustfaktor mit der Zeit in charakteristischer Weise an, während vor dem rein elektrischen Durchschlag dieser Anstieg nicht erfolgt (Abb. 15). Da sich somit der Wärmedurchschlag aus dem zeitlichen Verlauf des Verlustfaktors vorhersagen läßt, ist es möglich, die zum Durchschlag führende Spannung als Durchschlagspannung aufzunehmen, ohne den Durchschlag herbeizuführen. Hierdurch wird bei geeigneter Handhabung das Material nachweislich nicht geschädigt, so daß sich mit ein und derselben Versuchsplatte beliebig viele Durchschlagwerte aufnehmen lassen. Die auf diese Weise gewonnenen Werte zeichnen sich durch geringe Streuung aus, da ja immer der gleiche Körper und die gleiche Stelle desselben unter-

sucht werden. Gleichzeitig läßt sich auf Grund der Beobachtung des zeitlichen Verlustfaktoranstieges angeben, ob die zum Versuch gewählte Belastungszeit einer Dauerbelastung gleichzusetzen ist. Es ist also ohne weiteres möglich, die Abhängigkeit der Durchschlagsspannung von der Temperatur für Dauerbelastung an einer einzigen Versuchsplatte aufzunehmen und durch das vorher angegebene Kriterium des verschiedenartigen zeitlichen Verlustfaktorverlaufs vor dem Durchschlag den Kreuzpunkt von Wärme- und rein elektrischem Durchschlag nach Temperatur und Spannung zu bestimmen. Der Verfasser untersucht nach der oben angegebenen Methode je zwei Porzellane, Hartpapier und Gläser und findet den Kreuzpunkt des rein elektrischen und des Wärmedurchschlags in seiner Versuchsanordnung für die Porzellane bei 89 ° und 120 °, für die Hartpapiere bei 17 ° und 53 ° und für die Gläser bei über 200 ° und unter 0 ° (Abb. 16).

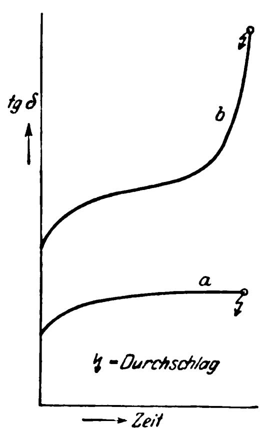


Abb. 15. Zeitlicher Verlauf des tg δ vor dem Durchschlag.
a bei niedriger Temperatur, elektrischer Durchschlag.
b bei hoher Temperatur, Wärmedurchschlag.

Ferner wird die Abhängigkeit der Durchschlagspannung von der Zeitdauer der Belastung im Gebiet des Wärme- und des rein elektrischen Durchschlages untersucht und beim Wärmedurchschlag sehr stark ausgeprägt gefunden. Anschließend untersucht Halbach tg δ und die Verluste abhängig von Feldstärke und Temperatur und

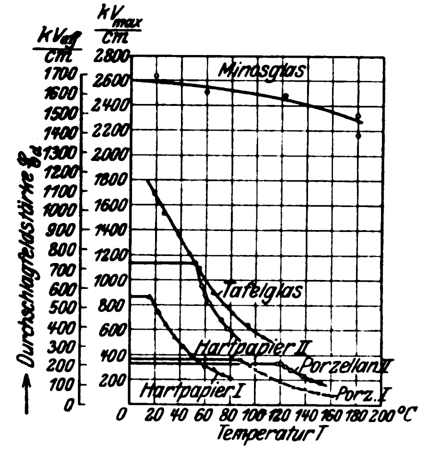


Abb. 16. Zusammenstellung der Durchschlagfeldstärken verschiedener Materialien abhängig von der Temperatur bei Dauerbelastung.

zeigt, ob und wieweit der Verlustfaktor unmittelbar zum Vergleich der Verluste verschiedener Isolierstoffe herangezogen werden kann. Schließlich werden Angaben über die Stoß-Durchschlagspannung und ihre Abhängigkeit von Stoßzahl und Temperatur gemacht und diese Werte mit den bei Wechselspannung gefundenen verglichen. (K. Halbach, Arch. El. Bd. 21, H. 6, S. 535.)

Die praktische Anwendung des Fourierschen Integrals. — Wie bekannt, lassen sich Zeitfunktionen sehr allgemeiner Form durch das Fouriersche Integral darstellen. Hiervon wird in vielen Zweigen der Physik und Technik Gebrauch gemacht, u. zw. geht man, mag es sich nun um die Fortpflanzung von Strömen längs Leitern, um akustische oder Wärmeleitungsprobleme handeln, stets nach der von Fourier angegebenen Methode vor: Die eingeprägte Kraft, deren zeitlicher Verlauf gegeben ist, wird durch das Fouriersche Integral als Übereinanderlagerung von Sinusschwingungen dargestellt; für jede dieser Schwingungen ist das Problem leicht zu lösen, und man erhält also die gesuchte Größe wieder als Summe einzelner Sinusvorgänge, d. h. als Fouriersches Integral. Dies wird wieder rückwärts in eine Zeitfunktion verwandelt, womit die Lösung gefunden ist. Die praktische Durchführung dieses Verfahrens wird dadurch behindert, daß die auftretenden Integrale meist für den Techniker schwierig zu handhaben sind. Campbell hat daher versucht, eine Art Tafel ausgewerteter Integrale zu geben.

Der Fouriersche Integralsatz kann in der symmetrischen Form geschrieben werden:

$$G(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(f)\, e^{2\pi i f t}\, df,$$

$$F(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} G(t)\, e^{-2\pi i f t}\, dt.$$

Die beiden Gleichungen lösen sich gegenseitig; die Funktionen $G(t)$ und $F(f)$ (f Frequenz) sind einander zugeordnet und werden von Campbell als „Partner“ (mates) bezeichnet. Um die Symmetrie noch zu erhöhen, sieht Campbell auch die Funktion G als Entwicklungskoeffizienten an, indem er schreibt

$$G(t) = \int_{-\infty}^{\infty} G(g)\, \mathfrak{S}_0(t-g)\, dg,$$

wo $\mathfrak{S}_0(t)$ den „Einheitsimpuls“ bedeutet, also eine Funktion, die für $t \neq 0$ verschwindet, während $\int_{-\varepsilon}^{+\varepsilon} \mathfrak{S}(t)\, dt = 1$ ist. Die Campbellsche Tafel gibt dann auf etwa 30 Seiten zusammengehörige „Koeffizienten“ $F(f)$ und $G(g)$; ein Ausschnitt derselben sieht so aus:

Nr.	$F(f)$	$G(g)$	
442	$\frac{1}{(p+\beta)^2}$	$g\, e^{-\beta g}$	$0 < g$
443	$\frac{1}{(p-\beta)^2}$	$-g\, e^{-\beta g}$	$g < 0$
444	$\frac{1}{p^2-\beta^2}$	$-\frac{1}{2\beta}\, e^{-\beta g}$	
445	$\frac{p}{p^2-\beta^2}$	$\pm\frac{1}{2}\, e^{\mp \beta g}$	$0 < \pm g$

usw.

Dabei bedeutet, wie den Erläuterungen zu der Tafel zu entnehmen ist, β irgendeine komplexe Zahl mit positivem Realteil, ferner ist $p = 2\pi i f$. Wie das Beispiel zeigt, wurde versucht, jeweils auch den Bereich für die einzelnen Größen anzugeben, in dem die Zuordnung der beiden Partner gültig ist; doch will die Tafel in dieser Beziehung und auch sonst nur als ein erster Versuch gelten, der noch der Ergänzung bedarf.

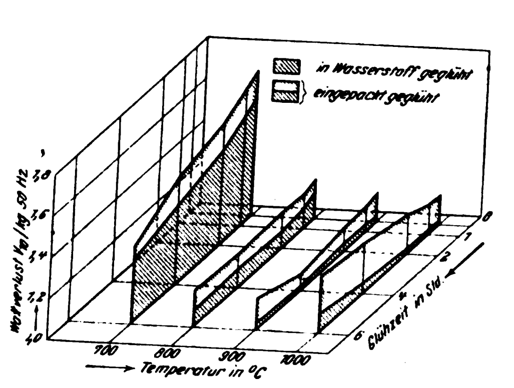
Auf Grund einer kürzlich von Carson aufgestellten Beziehung kann man die Tafel übrigens auch als eine Operatorentafel auffassen. Die Funktion $F(f) = F(p/2\pi i)$ kann man nämlich, als Funktion von p betrachtet, als Operator ansehen, dann ist $G(t)$ die zugehörige Zeitfunktion, vorausgesetzt, daß die wirkende Kraft die Form des Einheitsimpulses hat. Nimmt man dagegen für diese, wie üblich, die Form des „Einheitsprunges“ an (Heavisidescher Operandus 1), so ist $G(t)$ die durch den Operator $p\,F(p/2\pi i)$ symbolisch gegebene Zeitfunktion.

In einer zweiten Tafel wird eine größere Anzahl von Anwendungen gebracht, wobei die wirkende Kraft als Einheitsimpuls, als Einheitsprung oder als plötzlich einsetzende Wechselspannung 1 angenommen wurde; die Tafel gibt für eine Anzahl Probleme aus der Leitungstheorie und Schwingungstechnik direkt den zeitlichen Verlauf der Wirkung (z. B. des Stromes im Endglied eines künstlichen Kabels). Diese Tafeln versprechen danach ein sehr nützliches Hilfsmittel der rechnerischen Erfassung von Ausgleichsvorgängen u. dgl. zu werden. (Campbell, Bell syst. techn. Journ. Bd. 7, S. 639.) *Sal.*

Werkstatt und Baustoffe.

Glühversuche zur Verbesserung von Transformatorenblech. — Die zahlreich vorliegenden Forschungsergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen, daß die Güte des Transformatorenblechs, abgesehen von seiner chemischen Zusammensetzung, durch die Korngröße und Kornform sowie seinen Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt beeinflußt wird. An ein 0,35 mm starkes Transformatorenblech mit etwa 4 % Si werden heute folgende Mindestforderungen gestellt: $V_{10} = 1{,}3$, $V_{15} = 3{,}25$ W/kg, $B_{25} = 14\,500$, $B_{15} = 15\,500$, $B_{100} = 16\,500$, $B_{300} = 18\,500$ Gauß. Die Versuche wurden mit fertig geschnittenen Rohblech-Epstein-Proben von 0,35 mm Blechstärke angestellt. Das Glühen wurde in zwei

parallelen Reihen, u. zw. unter Luftabschluß und im Wasserstoffstrom durchgeführt. Im Wasserstoffstrom wird der Kohlenstoff entfernt und eine weitgehende Reduktion der Oxyde erzielt. Die Vorversuche zeigten bereits deutlich die Überlegenheit der Wasserstoffglühung. Die so behandelten Proben wiesen einen sehr geringen Sauerstoffgehalt und dementsprechend günstige magnetische Eigenschaften auf. Weitere Versuche mit einer schlechten, stark sauerstoffhaltigen Schmelze mit äußerst uneinheitlichem Gefüge ergaben bei einer Glühdauer von 6 h eine günstigste Glühtemperatur von 900 °. Bei 1000 ° zeigte sich bereits wieder eine Verschlechterung der magnetischen Eigenschaften (Überglühung). Eine rasche Abkühlung des Werkstoffes muß, wie festgestellt wurde, vermieden werden, da diese eine sehr nachteilige Wirkung ausübt. Versuche mit einer mittelhoch gekohlten Schmelzung, bei denen sowohl die Glühtemperaturen als auch die Glühzeiten variiert wurden, ergaben die in den Abb. 17 u. 18 dargestellte Abhängigkeit der Wattverluste V_{10} und V_{15} von der Glühtemperatur und der Glühzeit. Die Schaubilder zeigen deutlich die Vorzüge der Wasserstoffglühung gegenüber der Glühung unter Luftabschluß. Natürlich wird die absolute Höhe der Wattverluste in erster Linie durch die Qualität des Rohwerkstoffes beeinflußt. Jedoch ist durch eine zweckentsprechende Wasserstoffglühung stets eine Veredelung zu erreichen. Die Wasserstoffglühung ist daher dazu geeignet, gute Schmelzungen in besonders hochwertiges Material zu verwandeln und schlechte Schmelzungen soweit zu verbessern, daß sie den vorgeschriebenen Qualitätsanforderungen genügen. (M. v. Moos, W. Oertel u. R. Scherer, St. u. E. Bd. 48, S. 475.) *R. K.*



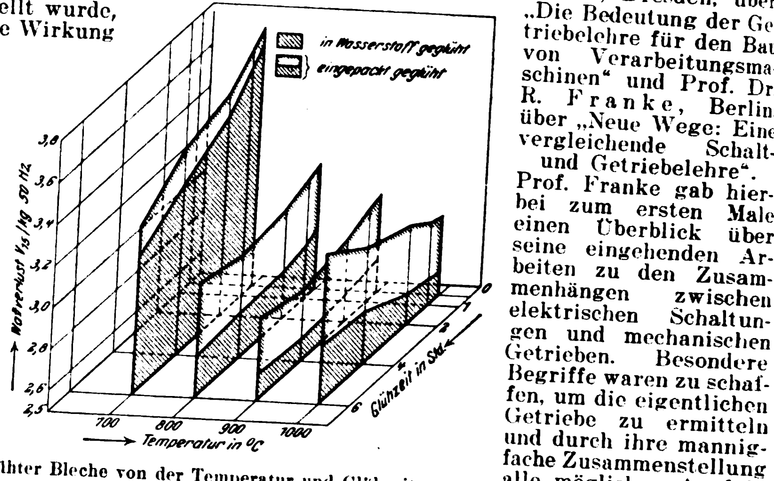


Abb. 17 u. 18. Abhängigkeit der Verlustziffern geglühter Bleche von der Temperatur und Glühzeit.

Verschiedenes.

Jubiläum der technischen Lehranstalten in Köln. — Die im Jahre 1879 gleichzeitig gegründeten staatlichen vereinigten Maschinenbauschulen, Köln, die staatliche Baugewerkschule, Köln, und die Kölner Werkschulen feiern am 14. und 15. XII. d. J. ihr fünfzigjähriges Bestehen und laden hierzu alle ehemaligen Besucher herzlichst ein. Geplant ist u. a. eine Besichtigung der drei Anstalten mit den Erweiterungsbauten. Die ehemaligen Besucher werden gebeten, ihre Anschrift und die Zeit ihres Schulbesuches an die entsprechende Lehranstalt baldigst zwecks Zusendung des genauen Programms mitzuteilen und anzugeben, ob eine Teilnahme beabsichtigt ist. Die Bekanntgabe von Anschriften anderer ehemaliger Besucher ist erwünscht. *of*

Feier des hundertsten Geburtstages von Franz Reuleaux. — Der Festakt im Ehrenhof der T. H. Berlin am 11. XI. d. J. wurde durch eine Ansprache des Generaldirektors Reuter als Vertreter des Spitzenverbandes der deutschen Maschinenbau-Industrie eröffnet, der die Bedeutung Reuleaux' für die Entwicklung des deutschen Maschinenbaus hervorhob. Prof. Kammerer wies in seiner Festrede auf den Weitblick Reuleaux' für alles Kommende hin. Als erster erkannte er die Bedeutung der Getriebelehre[1], den Vorteil des Austauschbaus, der die Feinmessung zur Voraussetzung hat, den Einfluß des Taylorschen Schnelldrehstahls auf die Fertigung. Bekannt ist sein Mahnruf an die deutsche Industrie, die Preiswürdigkeit an die Stelle der Billigkeit zu setzen, der auch heute noch gilt. In der Getriebe-Ausstellung nimmt Reuleaux' kinematische Sammlung den ersten Platz ein. Großes Interesse erregen die Abbildungen der mechanischen und elektromechanischen Projektionsmodelle zur vergleichenden Schalt- und Getriebelehre nach Prof. Dr. R. Franke, Berlin. Letztere werden werksmäßig bewegt, für eine größere Hörerschaft durch den Projektionsapparat als Schattenbilder auf die Leinwand geworfen. Im besonderen Saal werden eine größere Zahl praktisch angewandter Getriebe gezeigt, unter denen Untersetzungsgetriebe zur Verminderung der Drehzahl zwischen Elektromotor und Arbeitsmaschine besonders in Erscheinung treten.

In der nachmittags stattgefundenen wissenschaftlichen Tagung sprach Prof. Dr.-Ing. H. Alt, Dresden, über „Die Bedeutung der Getriebelehre für den Bau von Verarbeitungsmaschinen" und Prof. Dr. R. Franke, Berlin, über „Neue Wege: Eine vergleichende Schalt- und Getriebelehre". Prof. Franke gab hierbei zum ersten Male einen Überblick über seine eingehenden Arbeiten zu den Zusammenhängen zwischen elektrischen Schaltungen und mechanischen Getrieben. Besondere Begriffe waren zu schaffen, um die eigentlichen Getriebe zu ermitteln und durch ihre mannigfache Zusammenstellung alle möglichen Ausführungsarten für einen Vorgang erschöpfend zu finden. Die Analogie zwischen elektrischen und mechanischen Vorgängen war hierbei überraschend, und es ist, wie der Redner hervorhob, verwunderlich, daß man bisher keinen praktischen Nutzen daraus gezogen hatte. Der Vortrag wurde mit außerordentlichem Beifall aufgenommen. *Pge.*

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1630.

Spannungen elektrischer Anlagen für Flugzeuge. — In der ETZ 1929, S. 870, wurde der Entwurf 5 zu DIN Vornorm L 47 veröffentlicht. Das Normblatt ist jetzt beim Beuth-Verlag, Berlin, bezugsfertig. *of*

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Teiltagungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Berlin. — Am 6. und 7. November 1929 hielten die Fachgruppe für Meßinstrumente und die Fachgruppe für Aluminium der IEC unter außerordentlich reger Beteiligung Sitzungen in Berlin ab.

Den Vorsitz in der Fachgruppe Meßinstrumente, deren technisches Sekretariat Deutschland (Reg.-Rat Dr. Schmidt, PTR) hat, führte Herr Lt. Colonel Edgcumbe (England). Es waren Vertreter von Deutschland, England, Frankreich, Italien, Polen und der Schweiz anwesend. Zur Beratung standen elektrische Zähler.

Den Vorsitz in der Fachgruppe Aluminium führte Herr Dr. Apt. Anwesend waren Vertreter der Länder Deutschland, England, Frankreich, Holland, Tschechoslowakei, USA. Zur Beratung stand die Feststellung der Werte von weich- und hartgeglühtem Aluminium.

Beide Sitzungen verliefen außerordentlich erfolgreich, und die Arbeiten machten gute Fortschritte.

Außer den obigen Fachgruppen tagte noch der Aktionsausschuß (Committee of Action), der sich vorwiegend mit der Vorbereitung für die kommende Volltagung der IEC im Juli 1930 in Skandinavien beschäftigte. An dieser Sitzung nahmen u. a. der Präsident der IEC, Herr Prof. Feldmann (Holland), sowie der Ehrenpräsident der IEC, Herr Mailloux (USA) teil. Von deutscher Seite waren die Herren Prof. Dr. Rüdenberg und der Vorsitzende des deutschen Kommittees der IEC, Herr Geheimrat Prof. Dr. Strecker, zugegen. *Th.*

Energiewirtschaft.

Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit in Frankreich 1926. — E. Genissieu bespricht die offizielle Statistik der öffentlichen Zwecken dienenden Elektrizitätsanlagen Frankreichs von 1926 und gibt zunächst in Zahlentafel 1 die die Erzeugung kennzeichnenden Ziffern:

Zahlentafel 1.

	Wärme-kraft-werke	Wasser-kraft-werke	Zusammen
Installierte Leistung . Mill KVA	4,626	1,682	6,308
Verfügbare Leistung . Mill kW	3,324	0,832	4,156
Erzeugung . . . . . Mill kWh	6525,457	4742,983	11 268,440
Benutzungsdauer der installierten Leistung . . . . h	1369	2819	1793
Benutzungsdauer der verfügbaren Leistung . . . . h	1904	5704	2722

Als verfügbare Leistung wird bei Dampfanlagen die größte, mit den vorhandenen Einrichtungen erzeugbare, bei Wasserkraftwerken die im mehrjährigen Durchschnitt vorhandene Leistung bezeichnet. Von der Gesamterzeugung entfielen 58 % auf Wärmekraft-, 42 % auf Wasserkraftanlagen. Da der Energieexport 56 Mill kWh betrug, wogegen 396 Mill kWh in der gleichen Zeit eingeführt wurden, standen zur Befriedigung des Inlandbedarfes 1926 rd. 11,608 Mrd kWh zur Verfügung, über deren Verwendung die Zahlentafel 2 Aufschluß gibt:

Zahlentafel 2.

Abnehmer	Verbrauch in Mill kWh		%
Niederspannungs-abnehmer	Licht	954	8,2
	Kraft	880	7,6
Hochspannungs-abnehmer	Elektrochemische und elektrometallurgische Zwecke	2102	18,0
	Verkehrsanstalten	657	5,6
	Sonstige Abnehmer	5383	46,4
Verluste		1632	14,2

Im Durchschnitt der Jahre 1923/1926 zeigt die Produktion in den Wärmekraftwerken eine jährliche Steigerung von 20 %, in den Wasserkraftanlagen eine solche von 13 %, für beide Erzeugungsarten rd. 14 %. Die bemerkenswert hohe Benutzungsdauer der Wasserkraftwerke erklärt sich z. T. durch den Umstand, daß sie auf die Jahresmittelleistung bezogen wurde, aber auch durch die günstigen Abflußverhältnisse im Berichtsjahre und die schon gut entwickelte Verbundwirtschaft. Das Leitungsnetz umfaßte an Streckenlänge:

68 425 km Niederspannungsleitungen,
87 261 „ Hochspannungsleitungen, vorwiegend für Verteilung,
7 795 „ Höchstspannungsleitungen.

Von der Gesamterzeugung wurden 6396 Mill kWh in das Netz geliefert, der Rest unmittelbar von den Kraftwerkssammelschienen an die Verbraucher abgegeben. Die Arbeitsabgabe je 1 km Streckenlänge der Niederspannungsleitungen stellte sich auf 26 800 kWh. Der Energieverbrauch je Einwohner wird durch folgende Ziffern gekennzeichnet:

Die Gesamterzeugung stellte sich auf . . . 285 kWh,
In das Netz wurden geliefert . . . . . . 157 „
Verbraucht wurden hiervon für andere als elektrochemische, elektrometallurgische oder Traktionszwecke . . . . 130 „

Von der 40,7 Millionen zählenden Bevölkerung waren anfangs 1927 noch 9,675 Millionen unversorgt, die 19 771 Ortschaften bewohnten, welche Zahl im Hinblick auf die 37 981 betragende Gesamtzahl aller Ortschaften sehr erheblich genannt werden muß. Bis zum Beginn des Jahres 1928 ist allerdings die Zahl der unversorgten Ortschaften auf 16 747 mit 7,960 Mill Einwohnern gesunken. Bezogen auf die Zahl der versorgten Einwohner, stellte sich der Verbrauch an den Niederspannungsleitungen entnommenem Strom auf 31,7 kWh für Licht und 29,6 kWh für Kraft je Kopf. Ein richtigeres Bild von dem Stromverbrauch gewinnt man, wenn der der elektrochemischen und elektrometallurgischen Industrie sowie jener der Verkehrsanstalten ausgeschieden, dagegen die von den Kraftwerkssammelschienen für andere Zwecke unmittelbar abgegebene Kraft hinzugerechnet wird, was dann einen Gesamtverbrauch von 7917 Mill kWh, entsprechend 195 kWh/Einwohner ergibt. (Rev. Gén. d l'El. Bd. 25, 1929, S. 423.) *Bp.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Stadtverordnetenversammlung von Frankfurt a. M. hat nunmehr die in der ETZ 1929, S. 1534 erwähnten Verträge mit der Preußischen Elektrizitäts-AG. über die Rationalisierung der Elektrowirtschaft im Rhein-Maingebiet genehmigt, und damit sind die Bemühungen letzterer um eine zweckmäßige Organisation im südlichen Teil ihrer Interessensphäre vorläufig zum Abschluß gelangt. Im Kasseler Bezirk soll, wie bekannt[1], der Elektrozweckverband Mitteldeutschland unter erheblicher Beteiligung der Preag in eine Aktiengesellschaft übergeführt werden. Er hat im Geschäftsjahr 1928/29 rd. 157 Mill kWh nutzbar abgegeben (132 i. V.). Wie weiter berichtet wird, beabsichtigt die Preag, den Elektrizitätsverband Weißenfels-Zeitz zu übernehmen, der etwa 400 Ortschaften mit Strom versorgt, den er von dem Kraftwerk der A. Riebeck'schen Montanwerke AG. in Theißen bezieht. Die Hannoversche Stromversorgungs-AG. hat unter Änderung ihrer Firma in Hannover-Braunschweigische Stromversorgungs-AG. ihr Aktienkapital auf 12 Mill RM erhöht — die Preag übernahm 8,88, die Überlandwerk Braunschweig G. m. b. H. 3,12 Mill RM —, die im alleinigen Besitz der Preag befindlichen Unternehmungen Braunschweig-Hannoversche Überlandzentrale AG., Nordstemmen, die Elektrizitätswerk Söhlde G. m. b. H. sowie die Kreiselektrizitätsversorgung Sulingen aufgenommen und die Verschmelzung mit der Überlandwerke Braunschweig G. m. b. H. durchgeführt.

Nach langen Verhandlungen zwischen der Stadt Bonn und dem RWE bzw. dem Elektrizitätswerk Berggeist haben die Stadtverordneten dem Berl. Börs.-Cour. zufolge soeben auf Vorschlag des Magistrats beschlossen, einen Stromlieferungsvertrag mit der Stadt Köln bzw. dem dortigen städtischen Elektrizitätswerk abzuschließen. Die bisher noch von Berggeist versorgten eingemeindeten Vororte will die Stadt nach Ablauf des bezüglichen Vertrags von Mitte 1930 an selbst mit elektrischer Arbeit versehen. Wie die Köln. Volkszg. schreibt, betragen die Kosten dieser Erweiterung der Bonner Stromversorgung 3,1 Mill RM, wovon 1,4 Mill RM auf die Verlegung zweier Hochspannungskabel von Köln nach Bonn, 0,4 Mill RM auf Umbauten im Bonner Kraftwerk, 0,785 Mill RM auf den Ausbau der Verteilungsnetze in der Altstadt und den Vororten und 0,515 Mill RM auf den Ankauf der Stromnetze des Berggeist entfallen. Die nutzbare Lieferung des Bonner Elektrizitätswerks betrug 1928 rd. 10,7 Mill kWh.

Der Verbandsausschuß des Schleswig-Holsteinischen Elektrizitätsverbandes hat dessen Umwandlung in eine Aktiengesellschaft, die Schleswig-Holsteinische Stromversorgungs-AG., unter Mitwirkung der Preußischen Elektrizitäts-AG. beschlossen, die sich mit 72 % an dem Aktienkapital von 4 Mill RM beteiligen wird, während 28 % auf die Landkreise entfallen.

Die Generalversammlungen der Ludw. Loewe & Co. AG., der AG. für Gas-, Wasser- und Elektricitäts-Anlagen (AGWEA) sowie der Gesellschaft für elektrische Unternehmungen haben jetzt einer Vereinigung dieser in der Gesellschaft für elektrische Unternehmungen — Ludw. Loewe & Co. AG., Berlin, zugestimmt. Das Aktienkapital der Gesfürel wird um 25 auf 100 Mill RM erhöht. Wie deren Vorstand in der G.V. u. a. darlegte, bezweckt die Verschmelzung außer der Vereinfachung der drei Betriebe, die neue Gesellschaft als ein einziges starkes Unternehmen hinzustellen, dessen Reserven und Möglichkeiten zur Schaffung neuer Mittel zugleich mit den engen Beziehungen zu ausländischen Gesellschaften große Chancen böten. Gerade der jetzige Zeitpunkt, in dem eine Zusammenarbeit mit der kommunalen Wirtschaft unter erheblicher Beteiligung des Privatkapitals als richtige Form der Rationalisierung in greifbare Nähe gerückt sei und in dem sowohl im Maschinen- als auch im Werkzeugmaschinenbau engere Zusammenschlüsse notwendig würden, müsse das Werk in materieller und technischer Beziehung gerüstet finden, um im gegebenen Fall sofort eingreifen zu können. Auch die Verwaltung der Agwea erwartet von der Fusion wegen der internationalen Geltung und der größeren Finanzkraft der neuen Gesellschaft eine wesentliche Erleichterung bei der Lösung der ihr zufallenden Aufgaben.

Obgleich der Stromabsatz der Niederrheinischen Licht- und Kraftwerke AG., Rheydt, 1928 im Verhältnis zum Vorjahr einen beträchtlichen Stillstand erfahren hat, konnte die Gesellschaft finanziell ein befriedigendes Ergebnis erzielen. Bei 37 242 kW Anschlußwert am Jahresschluß (35 550 i. V.) ist die Lieferung nur von 44,313 auf 44,660 Mill kWh, also um 0,8 % gestiegen (die Gasabgabe um etwa 2,73 %). Sowohl das Kraftwerk Rheyd wie das Großkraftwerk Frimmersdorf der Niederrheinischen Braunkohlenwerke AG. haben zufriedenstellend gearbeitet. Der Betriebsüberschuß stellte sich auf 5 683 133 RM (5 105 394 i. V.) und der Reingewinn auf 527 247 RM (530 575 i. V.). Hieraus wurden wieder 5 % Dividende auf unverändert 10 Mill RM Aktienkapital verteilt.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1706.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1381.

RECHTSPFLEGE.

Über die Pflicht der Elektrizitätswerke zur Lieferung von Reservestrom. — In der ETZ hat über die grundsätzliche und bedeutungsvolle Frage, ob überhaupt und inwieweit für die Elektrizitätswerke eine Pflicht zur Lieferung von Reservestrom besteht oder konstruierbar ist, bereits eine allgemeine Betrachtung ihrer rechtlichen Grundlagen Platz gefunden[1]. Es wurde die Auffassung vertreten und begründet, daß ein Kraftwerk den von einem Verbraucher gewünschten Vertragsabschluß dann verweigern kann, wenn der Verbraucher den Anschluß nur als „Reserve" eigener Anlagen ansicht, seine Inanspruchnahme also nur bei außergewöhnlichen Anlässen in Frage kommt und die unbestimmte Inanspruchnahme der „Reserve" für das Kraftwerk eine nach Treu und Glauben nicht mehr zumutbare Leistung bedeuten würde, ferner, daß ein Kraftwerk einen bereits bestehenden Stromlieferungsvertrag aufheben oder doch mindestens modifizieren kann, wenn der Abnehmer den Strombezug für die Regel einstellt, weil er seinen Strombedarf anderweit decken kann und deckt.

Die Rechtsprechung steht i. a. auf dem gleichen Standpunkt und kennt keine absolute Pflicht der Elektrizitätswerke zur Lieferung von Reservestrom, die man im Schrifttum da und dort zu konstruieren versucht. In besonders klarer Weise spiegelt sich diese Auffassung in einem Urteil des OLG. Stettin vom 27. XI. 1928 — 1 U 296/28 — wider, über das im folgenden berichtet werden soll. Der Sachverhalt des praktischen Falles war dieser: Die Unternehmerin einer in bester Verkehrslage gelegenen Gaststätte erheblichen Umfanges bezog von einem Elektrizitätswerke für die Zwecke dieses Betriebes Strom. Aus den für den Stromlieferungsvertrag maßgebenden Lieferungsbedingungen sind nachstehende Bestimmungen von Bedeutung. Das Werk ist nach diesen Bedingungen nicht verpflichtet, bestehende elektrische Anlagen, die von eigener oder fremder Zentrale eine Leitung besitzen, an ihr Leitungsnetz anzuschließen. Auch kann das Werk, falls der Abnehmer unzulässige Änderungen in der bestehenden Einrichtung vornimmt, die Leitung ohne richterliche Entscheidung absperren lassen und die fernere Lieferung von elektrischem Strom einstellen.

Die Unternehmerin schaffte sich nun selbst eine Einrichtung zur Erzeugung von elektrischem Strom an und beabsichtigte zugestandenermaßen, von dem Werke zu Zwecken der Beleuchtung der Gaststätte nur noch Lichtstrom zu beziehen: bei Störungen ihrer Anlage und nach 1 Uhr nachts, da zu dieser Zeit für die Bedienung des aufgestellten Stromerzeugers kein Personal mehr zur Verfügung steht. Unternehmerin und Werk traten in Verhandlungen, die zunächst damit endeten, daß sich das Werk zur Lieferung von Reservestrom bereit erklärte, falls die Unternehmerin eine jährliche Abnahme von 10 000 kWh garantiere. Die bisherige Abnahmegarantie der Unternehmerin betrug 20 000 kWh. Die Unternehmerin erklärte, auf dieses Verlangen nicht eingehen zu können. Das Werk beantragte gerichtliche Entscheidung.

Die Entscheidung war darauf abzustellen, ob das Werk unter den gegebenen Umständen zur Lieferung verpflichtet ist. Diese Verpflichtung des Werkes, unter den gegebenen Umständen, d. i. bei Fortbetrieb der eigenen elektrischen Zentrale durch die Unternehmerin, an diese Strom zu liefern, kann rechtlich auf verschiedenen Grundlagen beruhen. Es kann sich entweder um die Fortdauer des früheren Vertragsverhältnisses der beiden Parteien oder um eine dem Werke obliegende Verpflichtung zur Leistung von Schadensersatz handeln, die gemäß § 826 BGB. aus der mangelnden Bereitschaft herzuleiten wäre, durch geeignete vertragliche Abmachungen die Grundlage der etwa gebotenen Belieferung der Unternehmerin zu beschaffen. Was die Fortdauer des bisherigen Vertragsverhältnisses anbelangt, so ist ohne weiteres ersichtlich, daß der von der Unternehmerin durch Errichtung der eigenen Zentrale geschaffene Zustand die Bestimmungen der Lieferungsbedingungen verletzt. Dem Werke würde also nach den gleichen Lieferungsbedingungen ohne weiteres die Kündigung des Vertragsverhältnisses zustehen, es sei denn, daß die Ausübung dieser Kündigungsbefugnis nach den Umständen des vorliegenden Falles gegen zwingende Gesetzesvorschriften verstoßen würde. Als solche kommt nach Lage der Sache nur diejenige des § 138 Abs. 1 BGB. in Betracht, derzufolge das Gesetz solchen Rechtsgeschäften die Wirksamkeit versagt, die gegen die guten Sitten verstoßen. Die Erörterung der Frage, ob das bisherige Vertragsverhältnis der Parteien die Kündigung überdauert hat, weil diese, gegen die guten Sitten verstoßend, rechtlich nicht wirksam werden konnte, führt auf die gleiche Prüfung, die die andere mögliche Klagegrundlage verlangt, nämlich die, ob das Werk sich eines Verstoßes gegen die guten Sitten schuldig macht, wenn es sich weigert, unter den gegebenen Umständen die Unternehmerin mit Strom zu beliefern.

Diese Frage, ob das Werk durch sein Handeln oder Unterlassen sich eines Verstoßes gegen die guten Sitten schuldig machte, kann nun auch bei Rechtsstreitigkeiten der vorliegenden Art nur nach den besonderen Umständen des Einzelfalles entschieden werden. Es ist insbesondere nicht das Bestehen eines allgemeinen „Kontrahierungszwanges" anzuerkennen, der gemeinwirtschaftliche Unternehmungen von der Art derjenigen träfe, wie sie das Werk betreibt. Die Sonderstellung dieser Unternehmungen kann vielmehr ein aus den wirtschaftlichen Grundlagen des Zusammenlebens der Menschen in dem gegenwärtigen Zustande herzuleitendes Sittengebot nur nach Maßgabe der Eigentümlichkeiten dieser Sonderstellung rechtfertigen. Also einmal nur solchen Verbrauchern gegenüber, die ihrer Lage nach den für sie wirtschaftlich lebenswichtigen Strom nur von dem Großerzeuger erhalten können, andererseits nur dann, wenn sich der Verbraucher den mit dem Gemeinschaftszweck des Unternehmens notwendig verbundenen Lieferungsbedingungen fügen will (vgl. RGZ. Bd. 111, S. 311).

Auf die Unternehmerin treffen diese Voraussetzungen indessen nicht zu. Sie bedarf einmal zur Aufrechterhaltung ihres Betriebes nicht notwendig des von dem Werke gelieferten Stromes. Dies ergibt sich ohne weiteres aus der Aufstellung eines eigenen Stromerzeugers, der in der Lage ist, die Räume in vollem Umfange mit Lichtstrom zu beschicken. Demgegenüber kann nicht eingewendet werden, daß sich im Betriebe dieses Stromerzeugers Störungen ergeben könnten. Denn solche Störungen würden nur eine zeitweilige Unterbrechung der Beleuchtungsmöglichkeit zur Folge haben, vor allem aber würde es sich dabei um Zufälligkeiten handeln, wie sie sich auch in dem Betriebe des Werkes ereignen könnten. Außer Betracht zu bleiben hat ferner der Wunsch der Unternehmerin, die Hilfe des Werkes für die Zeit nach 1 Uhr nachts in Anspruch zu nehmen. Denn wenn die Unternehmerin ihre elektrische Zentrale bis 1 Uhr nachts betreiben kann, so hat sie auch die Möglichkeit, sie zu jeder Zeit zu betreiben, in der sie genötigt ist, elektrischen Strom zu verbrauchen. Nimmt sie diese Möglichkeit nicht wahr, weil der Betrieb des Stromerzeugers sich vielleicht weniger wirtschaftlich in den späten Nachtstunden gestaltet, so könnte diese Tatsache es keineswegs rechtfertigen, das Werk gerade in solchem Umfange zur Lieferung von Reservestrom für verpflichtet zu halten, daß sich der Betrieb des Stromerzeugers der Unternehmerin wirtschaftlich gestaltet.

Es bleibt zu untersuchen, ob die Lieferungsbedingungen des Werkes mit ihrem auf die Verbraucher ausgeübten Zwang, den von ihnen benötigten Strom nur von dem Werke zu beziehen, sich in Übereinstimmung mit den guten Sitten befindet. Für die Entscheidung dieser Frage ist davon auszugehen, wie die Verhältnisse liegen, wenn der Standpunkt, den die Unternehmerin einnimmt, ein allgemeiner würde. Damit läuft die Entscheidung auf die Frage hinaus, ob das Werk sich von allen seinen Verbrauchern gefallen lassen müßte, daß sich diese auf die Stromabnahme von ihm für Teile ihres Verbrauches zu ihnen genehmen Zeiten beschränken. Es ist schon aus allgemeinen Erwägungen wirtschaftlicher Art zu erkennen, daß unter solchen Umständen ein geordneter gemeinwirtschaftlicher Betrieb des Werkes nicht möglich wäre. Unvorhergesehene Stromentnahmen besonders von Großabnehmern könnten, selbst wenn die Einrichtungen des Werkes in der Lage wären, den plötzlichen Zugang eines einzelnen von ihnen auszuhalten, doch in ihrem Zusammenwirken zu schweren Störungen führen, denen das Werk nur durch Schaffung besonderer, kostspieliger, sonst nicht benötigter Einrichtungen begegnen könnte. Hinzu kommt, daß die zeitliche Unvorhersehbarkeit der Inanspruchnahme die Anschaffung von Maschinensätzen bedingen würde, die, zu Zeiten unbenutzt daliegend, eine wirtschaftliche Belastung des Werkes darstellten, die bei der Notwendigkeit einer Verzinsung des Anlagekapitals eine alle Verbraucher treffende Erhöhung der Strompreise bedingen würde. Die Zulassung derartiger Möglichkeiten würde also, wenn das Werk sich schlechthin auf sie einlassen müßte, eine Infragestellung der Gemeinwirtschaftlichkeit seines Unternehmens herbeiführen. Natürlich kann es Wirtschaftszusammenhänge geben, die es dem Werke geraten erscheinen lassen, auch an solche Abnehmer Strom zu liefern, die nicht ihren Gesamtbedarf bei ihm decken wollen. Das kann insbesondere der Fall sein, wenn solche Abnehmer bereit sind, ausgleichende

[1] 1928, S. 1759.

Gegenleistungen zu übernehmen. Ob das Werk sich auf derartiges einlassen will und unter welchen Bedingungen es das tun will, muß jedoch wenigstens dann seiner freien Erwägung überlassen bleiben, wenn, wie im vorliegenden Fall, der Abnehmer zur Erhaltung seines wirtschaftlichen Bestehens nicht darauf angewiesen ist, gerade Reservestrom und nur diesen von dem Werke zu beziehen. Ein dem Grundsatze des § 826 BGB. zu entnehmender Zwang, sich überhaupt mit der Unternehmerin unter den gegebenen Umständen in ein Vertragsverhältnis einzulassen, kann jedenfalls nicht anerkannt werden. Eine Schranke für die Ausübung des dem Werke insoweit zuzuerkennenden freien Beliebens kann nur die Vorschrift des § 138 BGB. abgeben, insofern diese die Rechtsgültigkeit solcher Verträge trifft, die, aus freier Entschließung eingegangen, durch ihren besonderen Inhalt gegen die guten Sitten verstoßen. Alles derartige würde aber im gegebenen Falle erst in Betracht kommen, wenn das Werk sich etwa gegen seine Bereitschaft übermäßige Vorteile hätte versprechen lassen. Dr. C. v. dem Busch.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Mitgliedsbeitrag für 1930.

Die Mitglieder werden in ihrem eigenen Interesse um **umgehende Bezahlung des Mitgliedsbeitrages für das Jahr 1930** gebeten, da nur dann der ununterbrochene Fortbezug der ETZ gesichert ist. Wir machen darauf aufmerksam, daß die Weiterlieferung der ETZ nur für diejenigen Mitglieder veranlaßt werden kann, die den Mitgliedsbeitrag rechtzeitig entrichtet haben.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Einladung

zur außerordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 3. Dezember 1929, 7½ Uhr abends, in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vorträge des Herrn Professor Smurow (Leningrad) über die Themen:

1. „Ergebnisse einer experimentellen Untersuchung des Einflusses der magnetischen Felder auf die dielektrische Festigkeit von Isolatoren."

   Eine Beschreibung von Versuchen und von deren Ergebnissen zur Untersuchung der Einflüsse der magnetischen Felder auf die dielektrische Festigkeit von gasförmigen, flüssigen und festen Isolierstoffen und auf deren Erwärmung unter diesem Einfluß. Das Auftreten von magnetischen Eigenschaften in Isolierstoffen unter dem Einfluß von elektrischen Feldern.

2. „Experimentelle Untersuchung des Alterns von Transformatorenölen."

   Es werden Versuche beschrieben, um die beim Altern eines Transformatorenöles auftretenden chemischen Veränderungen in Zusammenhang mit den dielektrischen Verlusten des Öles zu setzen.

Einlaß in den Vortragsaal gegen Vorzeigung der Mitgliedskarten. Auf den Namen ausgestellte Gastkarten werden bei Vorausbestellung bis 2. Dezember von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, ausgegeben.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Einladung

zur außerordentlichen Sitzung am Mittwoch, dem 4. Dezember 1929, 7½ Uhr abends, im Physikalischen Hörsaal der Hochschule zu Charlottenburg.

Tagesordnung:

Auf vielseitigen Wunsch wird Herr Professor Dr. Pirani den am 29. Oktober 1929 gehaltenen Vortrag über das Thema: „Fortschritte und Entwicklungsmöglichkeiten auf dem Gebiete der Leuchtröhren" nochmals halten.

Inhaltsangabe:

Fragestellung.

Physikalische und physiologische Grundlagen der Lichterzeugung.

Die bisherigen Hindernisse für den Anschluß von Leuchtröhren an normale Betriebspannungen.

Bisherige Schwierigkeiten der Erreichung genügender Lebensdauer.

Neue Verfahren zur Erhöhung der Leuchtdichte.

Röhren für hohe Energieaufnahme.

Röhren mit hoher Lichtausbeute.

Einlaß in den Vortragsaal gegen Vorzeigung der Mitgliedskarten. Auf den Namen ausgestellte Gastkarten werden bei Vorausbestellung bis 3. Dezember von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, ausgegeben.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstraße 1.

Elektrotechnischer Verein.
Der Vorsitzende.
K. W. Wagner.

Erscheinen des II. Bandes der „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik".

Im Mai 1928 waren die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und der dem Verbande Deutscher Elektrotechniker angeschlossenen Vereine auf die Sammlung „Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik" aufmerksam gemacht worden, die der Elektrotechnische Verein im Interesse der wissenschaftlichen Forschung und zur Förderung der Weiterbildung der Fachgenossen herausgibt. Dem damals erschienenen I. Band folgt jetzt der zweite, der eine Abhandlung des Herrn Dr.-Ing. E. h. Max Vogelsang enthält:

„Geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik".

Der Verfasser, der zu den Pionieren auf diesem Gebiete zählt und die Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik von den Anfängen an miterlebt hat, behandelt — auf 176 Seiten mit 252 Abbildungen — den Stoff von dem Geburtsjahr der Hochspannungstechnik 1886 an bis etwa 1914. Seine Darstellung atmet daher die Frische persönlichen Erlebens, ohne daß dadurch das objektive Erforschen der Quellen (vor allem in- und ausländischer Zeitschriften und Patente) vernachlässigt worden wäre. Das Buch — vom Verlag Julius Springer vorzüglich ausgestattet — läßt in knapper und fesselnder Darstellung teilnehmen an dem nie ruhenden Kampfe gegen den Kurzschluß, der in der Hochspannungs-Schalttechnik ausgekämpft wird, und gibt so einen Ausschnitt aus dem allgemeinen Ringen um den Fortschritt in der Elektrotechnik.

Bei den älteren Fachgenossen wird das Buch manche Erinnerung an vergangene Zeiten wachrufen, für die jüngeren bietet sein reicher Inhalt eine wertvolle Quelle der Anregung und Belehrung. Das Buch stellt ein nettes Weihnachtsgeschenk dar.

Für die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und der anderen dem Verbande Deutscher Elektrotechniker angeschlossenen Vereine kostet das Exemplar:

a) auf dem Subskriptionswege

broschiert für das Inland: 11,00 RM; gebunden 11,70 RM,
„ „ „ Ausland: 11,20 „ „ 11,90 „
einschließlich Porto und Verpackung;

b) im Buchhandel

broschiert für das Inland: 21,00 RM; gebunden 22,20 RM,
„ „ „ Ausland: 21,00 „ „ 22,20 „
einschließlich Porto und Verpackung;



Wir bitten, die Bestellungen an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118a II zu richten und gleichzeitig den Betrag einzusenden (Postscheckkonto Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 13302).

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

Besprechung des Vortrags[1]

des Herrn Oberingenieurs Biermanns:

„Hochleistungschalter ohne Öl".

Vorsitz: Herr Direktor Dr. Ing. E. h. Rehmer.

Herr **Ruppel**: Ich möchte zunächst Herrn BIERMANNS herzlich danken für die ideale Zusammenarbeit bei der Ausarbeitung des Schalters und bei der Ausprobung der einzelnen Versuchstadien. Ich brauche in diesem Kreise wohl nicht zu betonen, daß diese Zusammenarbeit mit Herrn BIERMANNS immer eine ideale gewesen ist. Besonders möchte ich auch noch den Mitarbeitern des Herrn BIERMANNS danken, die sich für die Ausbildung des Schalters in mustergültiger Weise eingesetzt haben, denn sonst hätte nicht in so kurzer Zeit ein fabrikationsmäßiger Schalter hier stehen können. Besonders möchte ich auch Herrn Dr. STERN danken, der es mir ermöglicht hat, die Versuche in der neuen Hochleistungsanlage der AEG durchzuführen. Ich verstehe jetzt sehr gut den Schrei des Herrn Professor MATTHIAS nach „Hochleistungs-Prüfanlagen". Denn die vollendete Durchbildung ohne eine solche Hochleistungs-Prüfanlage wäre einfach unmöglich gewesen. Auch die unermüdliche Mitarbeit meines Assistenten, Herrn Ing. FRIEBE, muß ich hier hervorheben.

Ich möchte aber auch Herrn Dr. REHMER danken, denn er ist, wie Sie ja alle wissen, immer und immer wieder dafür eingetreten, „daß wir uns nun endlich einmal vom Öl freimachen". Die Elektrizitätswerk-Direktoren haben ja manche schwere und sorgenvolle Stunde mit dem Ölschalter erlebt. Aber Herr Dr. REHMER hat nicht nur die Sorgen geschildert, sondern auch mit die Richtung für die zukünftige Entwicklung gegeben, u. zw. war er vielleicht besonders dazu prädestiniert, weil er gezwungen ist, in einem großen städtischen Netz zu arbeiten. Wer weiß, welches Gefühl es ist, in der Nähe bewohnter Gebäude Unterstationen mit Explosionsgefahr zu betreiben, der kennt die Sorgen des Herrn Dr. REHMER. Wenn nun nicht schon so der Boden vorbereitet gewesen wäre und die führenden Werke selbst verlangt hätten, sich vom Öl im Hochleistungschalter freizumachen, dann hätte ich wohl vergeblich versucht, meine Ideen an den Mann bzw. an die Firma zu bringen.

Nun möchte ich mir einige Worte zu den Ausführungen des Herrn BIERMANNS über die Theorie des Öl- und des Preßluftschalters gestatten. Die Theorie des Lichtbogens ist in den 25 oder 30 Jahren des Bestehens des Ölschalters nicht gelöst worden, und ich glaube, daß es vermessen wäre, zu verlangen, daß wir sie nun schnell für Preßluftschalter lösen können. Sie wissen auch, daß gerade in den letzten Jahren eigentlich erst etwas mehr Klarheit in die Schaltvorgänge beim Ölschalter gekommen ist. Damit will ich keinesfalls sagen, daß die Vorgänge beim Löschen des Lichtbogens nun restlos geklärt sind; wir haben aber jetzt bessere Vorstellungen davon.

Ich glaube, daß wir beim Preßluftschalter uns in einer etwas günstigeren Position gegenüber dem Ölschalter befinden. Die durchsichtigeren Vorgänge des Löschens beim Preßluftschalter, so wie sie Herr BIERMANNS soeben entwickelt hat, dürften im wesentlichen zutreffen. Daß die Beweise für die Theorie, die in den berechneten Zahlen und Tabellen aufgeführt wurden, gut stimmen, zeigten die Kinoaufnahmen und die Werte, die wir bei unseren Versuchen erhalten haben; sie geben gute Übereinstimmung mit der von Herrn BIERMANNS erläuterten Theorie des Preßluftschalters.

Nun hat Herr BIERMANNS gezeigt, daß es sehr leicht möglich ist, den Preßluftschalter in die vorhandenen Anlagen einzubauen. Ich habe auch darüber nachgedacht, wie man noch einen Schritt weiter gehen könnte und für gekapselte Anlagen Preßluftschalter verwenden kann. Auf Grund der Skizzen und Zeichnungen, die ich hierüber hergestellt habe, möchte ich behaupten, daß sich der Preßluftschalter auch in gekapselte Anlagen sehr günstig einbauen läßt. Es ist wohl nicht zuviel gesagt, wenn man behauptet, daß diese gekapselten Anlagen erst dann ihre eigentliche Aufgabe erfüllen, wenn bei ihnen nicht wie bei Ölschaltern infolge einer Explosion der ganze Raum unter Rauchschwaden gesetzt werden kann.

Ich möchte dann noch auf einen anderen Verwendungszweck des Preßluftschalters hinweisen, den man bereits früher erstrebt hatte: die Verwendung im Bahnbetrieb. Schon früher sind über das Abschalten elektrischer Lokomotiven durch Preßluftschalter Versuche angestellt worden, weil in der Lokomotive Preßluft an sich genügend vorhanden ist. Die Resultate der damaligen Versuche waren zwar recht beachtlich, aber es gelang doch nur, geringe Stromstärken abzuschalten; nach der seinerzeitigen Veröffentlichung nur etwa 750 A bei 15 000 V. Solche Leistungen würde ein Preßluftschalter in der heutigen Form auch mit den Drücken von 5 atü der Lokomotiven spielend bewältigen.

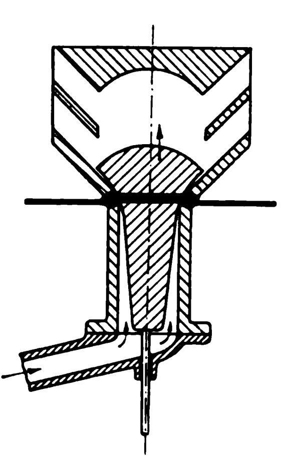


Abb. 1. Hochleistungs-Luftschalter.

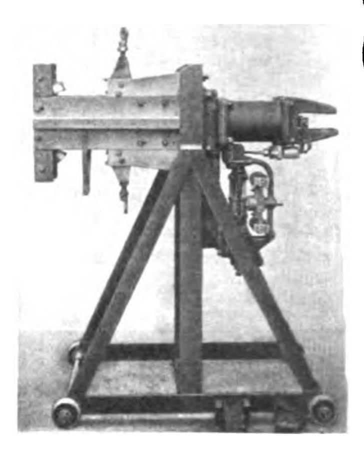


Abb. 2. Luftschalter mit Antrieb.

Heute ist noch nicht restlos zu übersehen, in welcher Weise der Preßluftschalter in die Zentralen eingebaut werden kann. Jedenfalls wird es aber keiner wesentlichen baulichen Änderungen bedürfen. Anders wird es allerdings, wenn es sich um neue Projekte handelt, denn dann wird man wahrscheinlich vollständig andere und wohl klarere Anordnungen treffen können.

Nun hat Herr BIERMANNS gesagt, daß jetzt die Vorarbeit eigentlich geschafft ist, und daß jetzt die Elektrizitätswerke das Wort haben. Ich möchte mich diesem Wunsch des Herrn BIERMANNS anschließen: „Elektrizitätswerke an die Front!" (Lebhafter Beifall.)

Abb. 3. Luftströmung in einem Rohr.

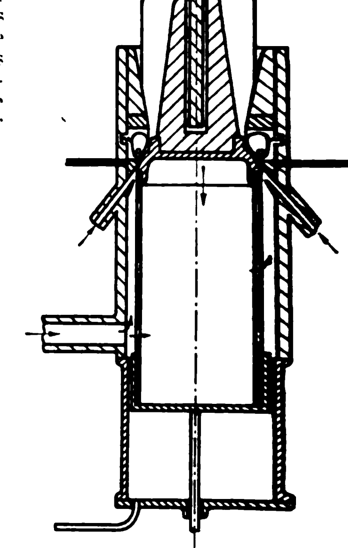
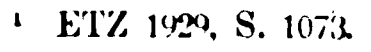


Abb. 4. Hochleistungs-Luftschalter mit Zusatzblasung.

Herr **Kesselring**: Ich möchte nur drei Punkte kurz erwähnen. Punkt 1: Auch ich gratuliere Herrn Professor RUPPEL und seinen Mitarbeitern herzlich zu dem schönen und großen Erfolg. Unter Punkt 2 werde ich kurz über ähnliche Versuche mit Preßluftschaltern, welche im Hochleistungsprüffeld der Siemens-Schuckertwerke durchgeführt wurden, berichten, aus denen hervorgeht, daß im



[1] ETZ 1929, S. 1073.

wesentlichen eine vollständige Übereinstimmung mit den von Herrn BIERMANNS vorgetragenen Ergebnissen besteht. Zum Schluß möchte ich Ihnen von einer anderen, von Amerika ausgehenden Lösung eines Hochleistungschalters ohne Öl etwas erzählen, die ebenfalls berechtigte Aussicht auf Erfolg hat.

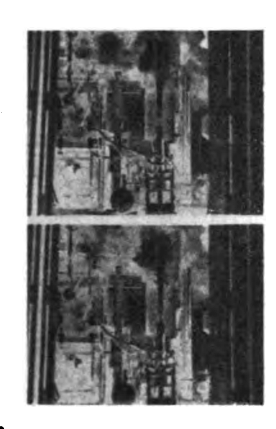
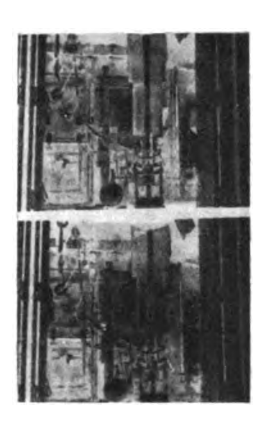
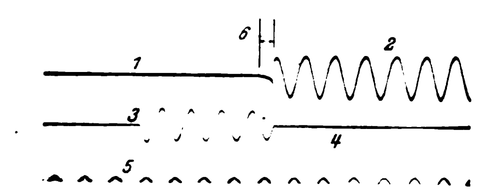



Abb. 5. Kinematographische Aufnahme des Abschaltvorganges.

Die ersten Versuche bei den SSW wurden mit einem Preßluftschalter, den Abb. 1 im Schnitt darstellt, und der nach Angaben unseres Herrn Direktor Dr. KÖTTGEN gebaut wurde, durchgeführt. Von der Konstruktion nach Herrn Prof. RUPPEL unterscheidet sich dieser Schalter dadurch, daß zweipolige Unterbrechung angewendet wurde, so daß kein Gleitkontakt notwendig ist. Die Luft wird den Unterbrechungstellen durch zwei Kanäle zugeführt, wobei die Anordnung so getroffen ist, daß eine möglichst wirbelungsfreie Strömung entsteht. Wir untersuchten den Schalter in dieser Form bei Drücken, die mit Rücksicht auf die Kompressoren — wir wollten nur einstufige Kompressoren verwenden — nicht über 6 at gesteigert wurden. Der Antrieb des Schalters erfolgte ebenfalls



1 Spannung
2 wiederkehrende Spannung
3 Strom
4 unterbrochener Strom
5 Zeit (Hz)
6 Abschaltzeit: 0,01 s

Abb. 6. Oszillogramm des Luftschalters.

mittels Preßluft. Der Aufbau von Schalter und Antrieb ist aus Abb. 2 ersichtlich. Die Leitungsführung ist einfach, die Zuleitung geht nach dem oberen Kontakt, die Ableitung kann in gleicher Richtung nach unten weitergeführt werden. Der Antrieb selbst ist zugänglich und geerdet. Der Auspuff erfolgte ins Freie. Mit diesem Schalter haben wir eine größere Zahl von Versuchen gemacht und gleich das erste Modell hat eine einphasige Abschaltleistung bis zu 130 MVA ergeben. Dann blieb aber besonders bei höherer Spannung der Lichtbogen manchmal stehen. Wir haben versucht, diese Erscheinung zu beseitigen und zu diesem Zweck den Vorgang mit Hilfe einer Zeitlupe verfolgt. Die Strömungsgeschwindigkeit, welche sich aus den Zeitlupenaufnahmen ergab, indem wir die Fortbewegung des Lichtbogens ausgewertet haben, führte zu Geschwindigkeiten bis zu 600 m/s. Das Auftreten von Stehfeuer erklärte sich vermutlich wie folgt: Bei einer Luftströmung in einem Rohr, vgl. Abb. 3, ist die Strömungsgeschwindigkeit an der Innenoberfläche des Rohres klein, und der Lichtbogen kann dort ziemlich ungestört brennen. Unter dem Einfluß der Luft verschiebt sich lediglich der Mittelteil des Lichtbogens. Ordnet man zwei Zusatzdüsen 5/6 an, so kann die Stromleitung längs der Rohrwand unterbrochen werden und eine Rückzündung wird nicht mehr erfolgen. Abb. 4 zeigt schematisch einen derartigen Schalter mit Zusatzblasung. Der untere Teil der beweglichen Trennwand ist als Zylinder ausgebildet, welcher soviel Luft aufnehmen kann, als zur sicheren Löschung notwendig ist. Durch diese Konstruktion wurden Zuleitungen mit verringertem Querschnitt vollständig vermieden. Der Schalter nach Abb. 4 ergab dreipolig Abschaltleistungen von über 400 MVA. In Abb. 5 sind vier Einzelbilder einer kinematographischen Aufnahme des Abschaltvorganges mit einem Schalter nach Abb. 3 zusammengestellt. Die aus dem Schalter ausgestoßene glühende Luftsäule ist etwa 1 m lang. Die Abschaltung erfolgte unter großem Getöse; es ist daher sicher vorteilhaft, die Auspufföffnung in einen Kamin einmünden zu lassen. Abb. 6 zeigt das zugehörige Oszillogramm. Man ersieht, daß gerade der ungünstigste Fall vorlag, bei dem der Lichtbogen praktisch über eine volle Halbwelle gebrannt hat. Unter Umständen tritt, wie auch Herr BIERMANNS gezeigt hat, so gut wie kein Schaltfeuer auf. Aus meinen Darlegungen ersehen Sie, daß unsere Versuche zu dem gleichen oder mindestens zu einem ähnlichen Resultat geführt haben, obwohl die verwendete Konstruktion sich in manchen Punkten unterscheidet. Es besteht somit die Möglichkeit, unter Anwendung von Preßluft Hochleistungschalter zu schaffen, die gute Aussicht haben, den Ölschalter in manchen Fällen zu verdrängen.

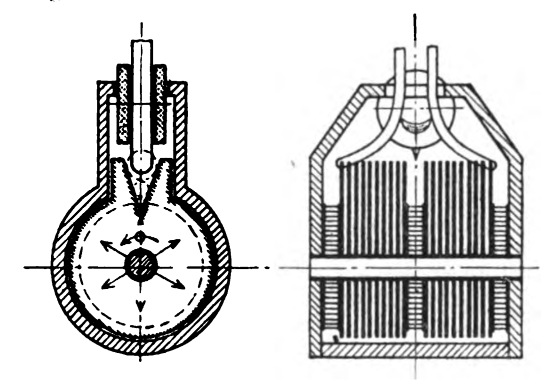


Abb. 7. Schema des De-Ion-Schalters.

Eine andere Lösung des Problems ist in Amerika von SLEPIAN gefunden worden. Es handelt sich dabei um einen Luftschalter, der jedoch keine Preßluft zur Lichtbogenlöschung braucht, sondern in der normalen Atmosphäre arbeitet. Die Löschung beruht auf einem ganz anderen Grundsatz. SLEPIAN hat nämlich gefunden, daß im Moment des Stromnulldurchgangs die unmittelbare Umgebung der Kathode sehr schnell entionisiert wird, u. zw. liegt diese Entionisierungzeit in der Größenordnung der Zeit τ, welche Herr BIERMANNS zu 10 m/s bei Generatoren und zu 20 m/s bei Transformatoren angegeben hat. SLEPIAN fand weiter, daß der Lichtbogen bei zwei Elektroden und einer Spannung bis zu etwa 200 V infolge dieses Entionisierungseffektes praktisch bei beliebig kleinen Zeiten τ immer auslöscht[2]. Bei 400 V genügen zwei Elektroden unter Umständen nicht mehr, da der Anstieg dann nicht höher als $5 \cdot 10^6$ V/s sein darf, wenn eine Neuzündung mit Sicherheit vermieden werden soll. Die geniale Idee von SLEPIAN bestand nun darin, durch Zwischenschieben von Platten in die Bahn des Lichtbogens mehrere derartige entionisierende Stellen zu schaffen, u. zw. gerade soviel, als zur Vermeidung einer Rückzündung nötig sind. Bei 400 V benötigt man 3 ... 4 Platten, bei 1000 V 5 ... 6 Platten usw.

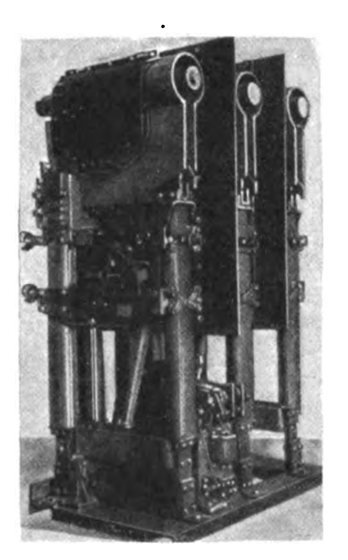


Abb. 8. De-Ion-Schalter.

Abb. 7 zeigt das Prinzip dieses sogenannten De-Ion-Breakers. Bei Trennung der Kontakte entsteht ein Lichtbogen, der durch ein magnetisches Blasfeld in Richtung des Pfeiles bewegt wird. Der Lichtbogen wird in den keilförmigen Ausschnitt der Entionisierungsplatten hineingepreßt, wobei sich seine Stromdichte vergrößert. Er trifft dann auf ein radiales Magnetfeld und fängt an zwischen den Platten mit sehr großer Geschwindigkeit zu rotieren. Dieser Aufbau, der erst nach vielen und müh-

[2] Siehe: Kesselring, ETZ 1929, S. 1011, Abb. 21.

samen Versuchen gefunden wurde, ist durch folgenden Umstand bedingt. Wir hatten gesehen, daß es zur Löschung notwendig ist, den Lichtbogen zu unterteilen. Da es sich aber bei der Grenzleistung um Ströme von der Größenordnung von 30 000 A handelt, würden Metallplatten, zwischen denen der Lichtbogen ohne zu rotieren brennt, nach sehr kurzer Zeit vollständig zerstört sein. Durch die enorme Rotationsgeschwindigkeit des Lichtbogens erreicht man, daß auf den Platten kaum sichtbare Spuren zurückbleiben. Auch wird eine Verdampfung des Kupfers vermieden. Mit dem De-Ion-Breaker wurden Leistungen von über 400 000 kVA bis zu vierzigmal hintereinander unterbrochen, ohne daß nennenswerte Störungen auftraten. Wie ersichtlich, ist der Vorgang der Lichtbogenlöschung beim De-Ion-Breaker ein prinzipiell anderer.

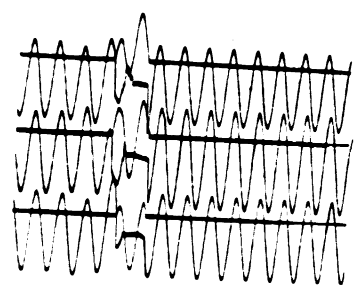


Abb. 9. Oszillogramm des De-Ion-Schalters.

Abb. 8 zeigt die Ansicht eines dreipoligen Schalters. Unter dem eigentlichen Blaskörper befindet sich ein Schalter ähnlich einem normalen Selbstschalter. Zur Reinigung der Kontakte kann der Blaskasten hochgeklappt werden. Die Abschaltung erfolgt beinahe geräuschlos. Man sieht den Lichtbogen kurz an den sich trennenden Kontakten auftreten und dann verschwindet er in dem keilförmigen Schlund und „ward nicht mehr gesehen".

Abb. 9 zeigt ein Oszillogramm, das von WESTINGHOUSE an einem derartigen Schalter aufgenommen wurde. Der unterbrochene Strom beträgt 33 000 A, die wiederkehrende Spannung 15 600 V im einen Fall und 25 000 A bei 12 000 V im zweiten Fall. Die Unterbrechung erfolgt immer in ein bis höchstens zwei Halbwellen. Daß es sich nicht um Zufallswerte handelt, ersehen Sie aus Abb. 10,

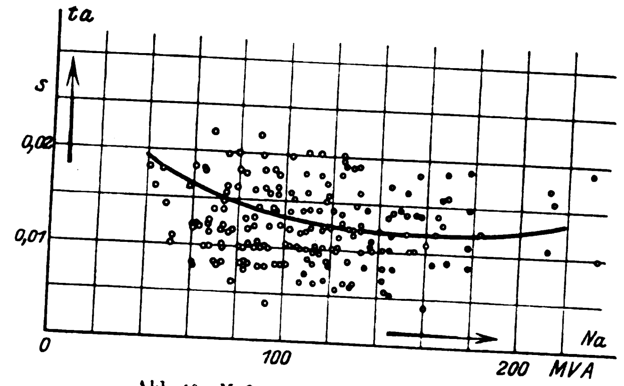


Abb. 10. Meßwerte des De-Ion-Schalters.

die eine große Anzahl von Meßwerten zeigt. Man sieht, daß die Streuung der Versuchspunkte nicht über das hinausgeht, was man von einem derartigen Schalter billigerweise erwarten kann.

Ich glaube, daß auch diese Konstruktion neben dem Preßluftschalter eine gute und entwicklungsfähige Lösung eines Hochleistungschalters ohne Öl darstellt. (Lebhafter Beifall.)

Elektrotechnischer Verein E. V.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften.

Die Jahresversammlung 1929 hatte den für die „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber V.E.S. 2./1930" zuständigen Sonderausschuß bevollmächtigt, den in ETZ 1929, S. 692 und 950 veröffentlichten Schlußentwurf einer nochmaligen Überprüfung zu unterziehen, um nach Ablauf der Einspruchsfrist noch eingegangene Anregungen gegebenenfalls bei dem endgültigen Wortlaut zu berücksichtigen.

Diese Überprüfung ist im Einvernehmen mit den Antragstellern erfolgt, und der Vorstand hat in seiner Sitzung vom 8. November 1929 den nachstehend veröffentlichten Änderungen an dem Schlußentwurf zugestimmt, so daß die V.E.S. 2./1930 mit diesen Änderungen am 1. Januar 1930 in Kraft treten.

Nachtrag 2 zum Schlußentwurf

der

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen von 1000 V und darüber V.E.S. 2./1930".

Inhaltsübersicht.

V. Sonderbestimmungen für Anlagen besonderer Art.

A. Prüffelder, Laboratorien, Einrichtungen für Betriebsversuche und behelfsmäßige Einrichtungen.

§ 28. Prüffelder und Laboratorien.

§ 29. Einrichtungen für Betriebsversuche und behelfsmäßige Einrichtungen.

Die bisherigen §§ 29 bis 32 erhalten die Kennziffern 30 bis 33.

II. Begriffserklärungen.

§ 2.

Die Vorschrift c) erhält folgende erweiterte Fassung:

„c) Freileitungen im Sinne dieser Vorschriften sind außerhalb von Gebäuden geführte oberirdische Leitungsanlagen, bei denen die Leitungen keine Schutzverkleidung haben, einschließlich der Isolatoren und Träger (Maste, Dachständer usw.)."

B. Elektrische Maschinen, Transformatoren und Akkumulatoren.

§ 6.

Elektrische Maschinen.

In der Vorschrift a) wird das Wort „Nennlast" in „Nennleistung" und das Wort „Überlast" in „Überlastung" abgeändert.

Regel 3 erhält folgende geänderte Fassung:

„3. Auf die Möglichkeit zusätzlicher Gefährdungen für Maschinen, Umgebung und Bedienung in Verbindung mit dem Netz ist zu achten. Derartige Gefährdungen können z. B. entstehen durch: Selbsterregung durch zu hohe Netzkapazität, zu kleine Kurzschlußleistung für Überstromschutz, zu große Kurzschlußleistung."

Der einleitende Satz von Regel 4 wird, wie folgt, geändert:

„4. Für die auf ein Netz arbeitenden Generatoren jeder Leistung werden folgende Schutzeinrichtungen empfohlen:"

Hinter die Vorschrift f) wird eine neue Regel mit der Kennziffer 6 und folgendem Wortlaut aufgenommen:

„6. Soweit der Schutz gegen Berührung umlaufender Teile, gegen Ablagerungen von Fremdkörpern aus der Umgebung, gegen mechanische Beschädigung der Maschine u. dgl. nicht schon durch ihre Bauart selbst erzielt wird,

soll er bei der Aufstellung durch Lage, Anordnung oder besondere Schutzvorkehrungen erreicht werden."

Die bisherigen Regeln 6 und 7 erhalten die Kennziffern 7 und 8.

Die nunmehrige Regel 7 erhält folgenden abgeänderten Wortlaut:

„7. Bei der Aufstellung von Generatoren und Umformern ist darauf zu achten, daß ihre mechanische sowie ihre Strom- und Spannungsfestigkeit und ihre sonstigen, für den gefahrlosen Betrieb wesentlichen Eigenschaften ausreichend gewahrt bleiben. Anderenfalls sollen besondere Maßnahmen getroffen werden."

Die Vorschrift g) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„g) Umbauten und Verschläge für luftgekühlte Maschinen müssen so beschaffen und bemessen sein, daß ihre Entzündung durch die in f) erwähnten Feuererscheinungen ausgeschlossen und die Kühlung der Maschine nicht behindert ist."

§ 7.

Transformatoren.

Regel 2 erhält folgende geänderte Fassung:

„2. Auf die Möglichkeit zusätzlicher Gefährdungen für Transformator, Umgebung und Bedienung in Verbindung mit dem Netz ist zu achten. Derartige Gefährdungen können z. B. entstehen durch ungleiche Schaltart, ungleiche Kurzschlußspannung u. dgl."

Der einführende Satz von Regel 3 erhält folgende Fassung:

„3. Für Transformatoren jeder Leistung werden folgende Schutzeinrichtungen empfohlen:"

Der Absatz „Selbsttätig wirkende Einrichtungen" erhält folgende geänderte Fassung:

„Selbsttätig wirkende Einrichtungen bei Transformatoren bis 5000 kVA:
zum Schutz gegen Überstrom in (m—1)-Phasen-Leitungen, wenn Schalter verwendet werden und der Sternpunkt nicht geerdet ist; in m-Phasen-Leitungen, wenn der Sternpunkt geerdet ist oder Schmelzsicherungen verwendet werden; hierbei bedeutet m die Phasenzahl: bei Transformatoren über 5000 kVA: zum Schutz gegen Überstrom in sämtlichen Phasenleitungen.

Hiervon kann abgesehen werden bei Transformatoren in ständig besetzten Stationen, die mit Fehlerschutz versehen sind."

Regel 5 wird durch folgenden neuen Absatz erweitert:

„Ferner ist bei der Auswahl des Aufstellungsortes darauf zu achten, daß bei Bränden und ihren Folgen der freie Verkehr in Ausgängen und Treppen nicht behindert ist."

C. Schaltanlagen.

§ 9.

Schaltung.

Der 2. Absatz der Vorschrift a) erhält folgende erweiterte Fassung:

„Jede Schaltanlage muß an Ort und Stelle als Ganzes und in weit verzweigten Anlagen auch in ihren wesentlichen Teilen (z. B. vor Ölschaltern) im Leerlauf durch Trennschalter mit erkennbaren Trennstellen spannungslos gemacht werden können. Zwischen Generator und zugehörendem Ölschalter ist ein Trennschalter nicht erforderlich."

Anschließend wird eine neue Regel 1 folgenden Wortlautes aufgenommen:

„1. An Abzweigen (z. B. Ölschalterzellen), die hiernach keine eigenen Trennschalter haben, soll eine Aufschrift entsprechenden Inhaltes angebracht werden."

Die bisherige Regel 1 erhält die Kennziffer 2.

§ 10.

Schaltgerüste und Schaltkasten.

Regel 4 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„4. Die Türen von Schalträumen sollen im allgemeinen nach außen aufschlagen, wenn nicht wegen Gefährdung (z. B. Verrußung) benachbarter Räume, wie Treppenhäuser, Sammelschienenräume oder dgl., eine andere Anordnung zweckmäßiger ist."

Hieran anschließend wird eine neue Regel 5 folgenden Wortlautes eingefügt:

„5. Wenn eine unmittelbar in das Freie gehende Hochspannungszelle nur nach Öffnen der sonst verschlossenen Zellentür besichtigt werden kann, so soll hinter der Tür eine Abwehrleiste (Geländer oder dgl.) zum Schutz gegen zufällige Berührung Hochspannung führender Teile angebracht sein, es sei denn, daß die Unterkante der Hochspannungzelle an der Tür 200 mm oder mehr über dem Gelände vor der Schwelle liegt."

Die bisherige Regel 5 erhält die Kennziffer 6.

Hinter die Vorschrift d) wird eine neue Regel 7 folgenden Wortlautes eingefügt:

„7. Bei größeren Schaltanlagen wird die Kennzeichnung des Drehsinnes an einer zweckmäßigen Stelle empfohlen."

Die bisherige Regel 6 erhält die Kennziffer 8.

Die Vorschrift f) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„f) Wenn bei Anlagen, die mit anderen zusammengeschaltet sind, von den Kennfarben nach DIN VDE 705 abgewichen ist, so sind dort neben den Werkskennfarben noch Farbringe in den genormten Kennfarben anzubringen."

§ 11.

Schalter.

Die Vorschrift f) erhält folgende geänderte Fassung:

„f) Beträgt die größtmögliche Ausschaltleistung bei allpoligem Kurzschluß an einem Ölschalter der Anlage mehr als 150 MVA, so dürfen die Öffnungen von Ölschalterräumen, die im Keller oder Erdgeschoß liegen, nicht unmittelbar auf einen dem öffentlichen Verkehr zugänglichen Raum gerichtet sein."

Regel 4 wird durch folgenden neuen Absatz erweitert:

„Ferner ist bei der Auswahl des Aufstellungsortes darauf zu achten, daß bei Bränden und ihren Folgen der freie Verkehr in Ausgängen und Treppen nicht behindert ist."

Regel 5 wird durch folgenden neuen Absatz erweitert:

„Außerdem sind in Schaltanlagen Einrichtungen zum Feuerlöschen vorzusehen."

§ 12.

Meßeinrichtungen.

Regel 2 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„2. Die Zuleitungen sollen nicht ausschaltbar sein, anderenfalls sind Maßnahmen zu treffen, daß das Schalten keine Fehlanzeige zuläßt; der Einbau von Stromsicherungen bleibt hiervon unberührt. Diese Bestimmung gilt nicht für Synchronisiereinrichtungen. Die Zuleitungen sollen ferner übersichtlich angeordnet sowie leicht nachprüfbar sein."

§ 13.

Signaleinrichtungen.

Die Vorschrift a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Die Signaleinrichtungen, deren Versagen eine Gefährdung des Betriebspersonales oder der Anlage zur Folge haben kann, müssen so eingerichtet und angeordnet sein, daß sie bei Störungen des eigenen Stromkreises oder ihrer Stromquelle entweder auf „Gefahr" stehen oder die eigene Beschädigung melden; anderenfalls müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, um die Gefährdung möglichst zu verhüten."

E. Überspannung- und Überstromschutz.

§ 16.

Überspannungschutz.

Die Vorschrift a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Bei der Errichtung von Starkstromanlagen ist der Schutz gegen die Gefahren durch Überspannungen zu berücksichtigen."

Regel 2 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„2. Schutzmaßnahmen empfehlen sich besonders, wenn die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Überspannungen groß ist (z. B. bei Anlagen in Verbindung mit Freileitungsnetzen in gewitterreichen Gegenden sowie in Verbindung mit Übergangstellen von Freileitungen auf Kabel), ferner wenn im Einzelfall die Auswirkung einer Beschädigung von Anlagen oder eines Überschlages auf Bedienung, Umgebung oder Öffentlichkeit groß sein kann (z. B. Unterbrechung der Stromlieferung bei Betrieben mit weitgehend zentralisierter Stromversorgung oder Fabrikation sowie bei Industrien, deren Erzeugnisse durch Störung des Herstellungsvorganges entwertet werden; Zusatzgefahren durch die Art des Betriebes oder dgl. bei Auftreten von Überschlagslichtbogen usw.) und schließlich bei Anlagen minderen elektrischen Sicherheitsgrades, z. B. bei technisch veralteten Anlagen."

§ 17.

Überstromschutz.

Die Vorschrift a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:



„a) In Starkstromanlagen müssen Maßnahmen zum Schutz gegen die Gefahren durch Überströme vorgesehen werden."

Der 2. Absatz von Regel 1 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„In weitverzweigten und mehrfach gespeisten Übertragungsnetzen soll angestrebt werden, daß dieses Abschalten möglichst unabhängig von äußeren Einflüssen, von der augenblicklichen Spannung, Belastung und Schaltung der Anlage sowie von der jeweiligen Stellung der Ansprechorgane der Überstrom-Schutzeinrichtungen und von der Häufigkeit ihres Ansprechens ist."

Abs. 1 von Regel 4 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„4. Überstrom-Schutzeinrichtungen sollen so eingebaut werden, daß ihre mechanische sowie ihre Strom- und Spannungsfestigkeit und ihre sonstigen für den gefahrlosen Betrieb wesentlichen Eigenschaften ausreichend gewahrt bleiben. Z. B. soll eine Behinderung des Ansprechens durch Verschmutzung oder Einfrieren sowie durch Feuchtigkeit, Fremdkörperüberbrückung oder Erschütterungen vermieden sein."

Die Vorschrift b) wird zu einer Regel 5 unter Beibehaltung des bisherigen Wortlautes umgestaltet.

F. Leitungen.

§ 18.

Blanke, umhüllte und isolierte Leitungen (einschließlich Bleikabel).

Regel 1 wird durch folgenden neuen Absatz erweitert:

„Bei der Bemessung der Leitungen ist auf die Kurzschlußerwärmung und ihren Zusammenhang mit der Auslösezeit der Überstrom-Schutzeinrichtungen (siehe § 17 i) Rücksicht zu nehmen."

Die bisherige Regel 2 wird gestrichen.

Die bisherigen Regeln 3 bis 11 erhalten die Kennziffern 2 bis 10.

Die Vorschrift g) wird durch folgenden neuen Absatz erweitert:

„Eine Verringerung der vorgeschriebenen Abstände ist zugelassen für die Einführungsstellen an Zylinder- und Kegel-Endverschlüssen bis 10 kV in Gebäuden (siehe Normblatt DIN VDE 7692)."

Hinter der Vorschrift h) wird eine neue Regel 11 folgenden Wortlautes eingefügt:

„11. Die vorstehenden Anforderungen gelten für öffentliche Fernmeldeleitungen als erfüllt, wenn die Starkstromleitungen den „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmeldeund an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen" entsprechen."

§ 19.

Freileitungen.

Die Vorschrift h) erhält folgende Änderungen; Abs. 1 erhält folgende geänderte Fassung:

„h) Die Führung von Leitungen über Gebäude ist im eigentlichen Stadtgebiet tunlichst zu vermeiden; dieses gilt besonders für Industriebauten, in denen feuergefährliche Stoffe verarbeitet oder gelagert werden. Über Gebäude mit weicher Bedachung (Pappe auf Holzverschalung, Stroh-, Rohr-, Ret-, Schindel-, Lehmschindel- und dgl. Dächer) dürfen Leitungen nicht hinweggeführt werden, es sei denn, daß der Abstand vom Dachfirst bis zur untersten Leitung mindestens 12 m beträgt."

Die Abschnitte α) und β) erhalten folgende abgeänderte Fassung:

„α) Der senkrechte Abstand zwischen den nicht ausgeschwungenen Leitungen und darunter liegenden Gebäudeteilen (Dachfirst, Oberkante der Schornsteine u. dgl.) muß mindestens 3 m betragen und zwar bei Leitungen mit Kettenisolatoren auch dann, wenn die unterste Leitung in einem benachbarten Feld bei größtem Durchhang reißt oder, wenn sie bei normaler Eisbelastung den Eisbehang in beiden Nachbarfeldern abgeworfen, im Kreuzungsfeld dagegen noch festgehalten hat.

β) Bei der Führung seitlich von Gebäuden oder Gebäudeteilen dürfen sich Leitungen, die sich leicht ausschalten lassen, im ungünstigsten Falle und im unbeschädigten Zustande festen Gebäudeteilen nicht auf weniger als 3 m nähern können. Alle übrigen Leitungen dürfen sich im ungünstigsten Falle und im unbeschädigten Zustande festen Gebäudeteilen nicht auf weniger als 5 m nähern können.

In beiden Fällen ist das Ausschwingen der Leitungen zu berücksichtigen."

Vorschrift k) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„k) Wenn Freileitungen über Ortschaften, bewohnte Grundstücke oder gewerbliche Anlagen geführt werden, müssen sie mit erhöhter Sicherheit ausgeführt werden.

An Stelle der Ausführung mit erhöhter Sicherheit können auch Vorrichtungen angebracht werden, die herabfallende Leitungen auffangen (z. B. Schutznetze, Schutzleitungen oder dgl.). Ihre Anwendung ist jedoch möglichst einzuschränken."

Neu eingefügt werden folgende Vorschriften l) und m):

„l) Wenn Freileitungen verkehrsreiche Fahrwege kreuzen oder, wenn sie in verkehrsreichen Straßen von Großstädten geführt werden, so müssen sie mit erhöhter Sicherheit unter Anwendung zusätzlicher Maßnahmen ausgeführt werden."

„m) Wenn sich Freileitungen verkehrsreichen Fahrwegen so weit nähern, daß die Entfernung der Maste von der Straßengrenze kleiner als die Masthöhe über dem Erdboden ist, so müssen die Freileitungen mit erhöhter Sicherheit ausgeführt werden. Bei Verwendung von Einfach- oder Doppel-Holzmasten müssen außerdem Vorkehrungen gegen deren Umbruch nach der Straße zu getroffen werden."

Die hieran anschließende Regel 2 erhält folgende erweiterte Fassung:

„2. Die vorstehenden Anforderungen gelten als erfüllt, wenn die Freileitungen den „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F." entsprechen.

Für die Querschnitte der Leitungen sind die Normblätter DIN VDE 8200 bis 8203 maßgebend."

Die früheren Vorschriften l) bis t) erhalten die Kennbuchstaben n) bis v).

Vorschrift u) (früher s) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„u) Schutznetze, Schutzleitungen oder dgl. müssen so gestaltet oder angebracht werden, daß eine Berührung zwischen den unbeschädigten Leitungen und ihnen verhütet wird und, daß gerissene Leitungen von ihnen aufgefangen werden können. Sie müssen, wenn sie nicht geerdet werden können, entsprechend der höchsten hier vorkommenden Spannung isoliert sein. Sind sie aber geerdet, so müssen sie für den höchsten hier möglichen Erdschlußstrom ausreichend bemessen sein."

Hinter der Vorschrift v) (früher t) wird eine neue Regel 4 folgenden Wortlautes aufgenommen:

„4. Die vorstehenden Anforderungen gelten für öffentliche Fernmeldeleitungen als erfüllt, wenn die Starkstrom-Freileitungen den „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmeldeund an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen" entsprechen."

IV. Sonderbestimmungen für Räume besonderer Art.

§ 21.

Abgeschlossene elektrische Betriebsräume.

Regel 2 erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„2. Die Türen der abgeschlossenen elektrischen Betriebsräume sollen von innen nur mit der Klinke, von außen nur mit einem Bartschlüssel (nicht mit einem Steckschlüssel) geöffnet werden können."

In Regel 3 wird am Schluß folgender Hinweis aufgenommen:

„(siehe auch § 10 i)".

In Regel 4 wird am Schluß folgender Hinweis aufgenommen:

„(siehe auch § 10 i)".

V. Sonderbestimmungen für Anlagen besonderer Art.

A. Prüffelder, Laboratorien, Einrichtungen für Betriebsversuche und behelfsmäßige Einrichtungen.

§ 28.

Prüffelder und Laboratorien.

a) Ständige Prüffelder und Laboratorien sind mit festen Abgrenzungen und entsprechenden Warnungstafeln zu versehen. Fliegende Prüfstände und Meßwagen sind durch eine auffallende Absperrung (Schranken, Seile oder dgl.) kenntlich zu machen.

1. In ständigen Prüffeldern und Laboratorien sollen die Stände, in denen unter Spannung gearbeitet wird, gegen die Nachbarschaft abgegrenzt werden, wenn dort gleichzeitig Aufstellungs-, Vorbereitungsarbeiten u. dgl. vorgenommen werden.

2. Wenn in Prüffeldern, Laboratorien u. dgl. an den behelfsmäßigen Leitungen, an den Apparaten usw. der Schutz gegen zufällige Berührung Spannung führender Teile nicht angewendet wird, sollen die Gänge hinreichend breit und der Bedienungsraum genügend groß sein.

§ 29.

Einrichtungen für Betriebsversuche und behelfsmäßige Einrichtungen.

a) Die für Betriebsversuche erforderlichen Einrichtungen brauchen den allgemeinen Bestimmungen unter III nicht zu entsprechen, wenn die Versuche unter sachkundiger Aufsicht stehen.

b) Behelfsmäßige Einrichtungen sind durch Warnungstafeln zu kennzeichnen und durch Schutzgeländer, Schutzverschläge oder dgl. gegen den Zutritt Unberufener abzugrenzen, nötigenfalls unter Verschluß zu halten. Den örtlichen Verhältnissen ist dabei Rechnung zu tragen.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Die Jahresversamlung des VDE 1929 in Aachen hat den Vorstand ermächtigt, die

Sonderbestimmungen für Heizgeräte für Haarbehandlung

sowie die

Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug

als endgültige VDE-Arbeit in Kraft zu setzen.

Nachstehend werden die beiden Arbeiten in ihrer endgültigen Fassung bekanntgegeben.

Anhang 2

zu den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V. E. Hz./1925".

Sonderbestimmungen für Heizgeräte für Haarbehandlung.

§ 78.

Die nachstehenden Vorschriften treten am 1. Januar 1930 in Kraft.

§ 79.

Die Vorschriften gelten für direkt elektrisch beheizte Dauerwellengeräte, Kämme und Brennscheren, deren Metallteile betriebsmäßig mit dem menschlichen Körper in Berührung kommen.

Für Heißluftduschen gelten die „Vorschriften für Geräte mit Kleinstmotoren V.G.K.M."

§ 80.

Heizkörper müssen Einrichtungen haben, durch die das Eindringen von Feuchtigkeit auch an der Einführungsstelle der Leitungen sowie eine Verletzung der Leitungen verhindert wird.

Der geringste Durchmesser des Heizleiters darf 0,08 mm nicht unterschreiten.

§ 81.

Zum Anschluß der Geräte sind NSA-, NLH- oder NLHG-Leitungen zu verwenden.

Rollen, über die Leitungen geführt werden, müssen einen Mindestdurchmesser von 35 mm und einen Flanschdurchmesser von mindestens 45 mm haben.

Die Zuleitung muß an der Einführungsstelle und an der Klemmvorrichtung zur Höhenfeststellung gegen starke Verbiegung oder Verletzung (z. B. durch scharfe Metallränder) geschützt sein. Sofern nicht andere Vorkehrungen getroffen sind, muß bei Einführung der Zuleitung durch Metallteile in das Gerät eine isolierende Buchse verwendet werden, die im Gerät gesichert befestigt ist (Gegenmutter, Sprengring oder dgl.).

§ 82.

(Gilt nur für Geräte für Spannungen über 42 V.)

Die Geräte müssen für Erdung, Nullung oder Schutzschaltung eingerichtet sein; die zur Durchführung dieser Maßnahmen erforderlichen Einrichtungen müssen fabrikmäßig angebracht, die Anschlußstelle als solche gekennzeichnet sein.

Alle der Berührung zugänglichen nicht Spannung führenden Metallteile der Geräte, die Spannung annehmen können, müssen miteinander und mit der Anschlußstelle für den Schutzleiter gut leitend verbunden sein.

Prüfung.

§ 83.

Geräte müssen nach fünfmaligem Fall aus 1,5 m Höhe auf eine mindestens 5 mm dicke Eisenplatte einer Prüfung auf Feuchtigkeitssicherheit nach den „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K. P. I" (§ 95, Stufe 1) unterzogen werden und eine Wechselspannung von 1500 V 1 min lang aushalten, ohne daß ein Überschlag erfolgt.

Hierauf müssen sie ½ h lang mit der Nennaufnahme belastet werden und danach eine nochmalige Spannungsprüfung mit 1500 V 1 min aushalten.

§ 84.

Zur Feststellung der Übertemperatur sind die Geräte freihängend mit der Nennaufnahme zu belasten.

§ 85.

Die Geräte werden bei Raumtemperatur von 20 ° freihängend 50-mal mit der 1,4-fachen Nennaufnahme je ½ h mit je einer dazwischenliegenden Abkühlungspause von mindestens ¼ h belastet. Hierauf ist eine Prüfung auf Feuchtigkeitsicherheit nach K.P.I. § 95, Stufe 1, vorzunehmen. Die Geräte müssen hierbei eine Wechselspannung von 1500 V 1 min lang aushalten, ohne daß ein Überschlag erfolgt.

§ 86.

Steckvorrichtungen sind sinngemäß den Prüfbestimmungen der K.P.I. §§ 39 und 40 zu unterziehen.

Vorschriften für elektrisch beheiztes Spielzeug.

I. Gültigkeit.

§ 1.

Geltungsbeginn.

Die Vorschriften sind gültig ab 1. Januar 1930.

(Für die Verarbeitung vorhandener Werkstoffvorräte und die Räumung von Lagervorräten wird eine Übergangsfrist bis zum 1. Januar 1931 eingeräumt.)

§ 2.

Geltungsbereich.

Die nachstehenden Vorschriften gelten für elektrisch beheiztes Spielzeug für Spannungen über 24 V.

Außer diesen Vorschriften muß elektrisch beheiztes Spielzeug auch den „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1." sowie den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V.E.Hz." entsprechen.

II. Bestimmungen.

A. Bau.

§ 3.

Spannung.

Elektrisch beheiztes Spielzeug darf nur für eine Betriebspannung eingerichtet sein.

§ 4.

Mechanische Festigkeit.

Alle elektrischen Einrichtungen sowie auch die Gehäuseteile und Schutzabdeckungen müssen so ausgeführt und angeordnet sein, daß bei den im Spielbetrieb vorkommenden mechanischen Beanspruchungen durch Fall und Stoß die Sicherheit des Spielzeugs nicht beeinträchtigt wird.

§ 5.

Befestigung der Schutzabdeckungen.

Alle Schutzverkleidungen, die Spannung führende Teile abdecken, müssen so gebaut sein, daß sie nicht mittels gewöhnlicher, einem Kinde zugänglicher Werkzeuge entfernt werden können. Die Befestigung soll nur durch Nieten, Schweißen, Falzen oder dgl. erfolgen, Verschraubungen sind unzulässig.

§ 6.

Entlüftungen und Öffnungen im Gehäuse.

Entlüftungen und Öffnungen im Gehäuse müssen so ausgebildet sein, daß das Berühren Spannung führender Teile beim Durchstecken von Drähten, Nadeln usw. unmöglich ist.

Überfließendes Kochgut oder Feuchtigkeit darf nicht zu den Spannung führenden Teilen gelangen.

§ 7.

Luftstrecken.

Luftstrecken zwischen Spannung führenden Teilen und nicht isolierten Gehäuseteilen dürfen 6 mm nicht unterschreiten.

§ 8.

Schalter.

Etwaige Schalter sind in dem der Erwärmung am wenigsten ausgesetzten Teil des Gehäuses einzubauen. Die Schaltstellung muß erkennbar sein.



Die am Spielzeug angebrachten Schalter sind so einzubauen, daß nur der Griff aus dem Gehäuse des Spielzeuges herausragt. Herausragende Schaltergriffe sind gegen mechanische Beschädigung zu schützen (z. B. versenkte Anordnung).

§ 9.

Zuleitungen.

Zuleitungen müssen fest am Gerät angeschlossen sein. Gerätesteckvorrichtungen sind unzulässig.

B. Prüfung.

§ 10.

Festigkeitsprobe.

Zur Prüfung der mechanischen Festigkeit sind die Geräte mit Schnüren von 2 m Länge an einem Aufhängepunkt zu befestigen und aus 300 mm Höhe auf eine Wandfläche aus Holz fallen zu lassen. (Hierzu Abb. 1 und 2.)

Der Versuch ist bei kantigen Geräten (Abb. 1) mit jeder Fläche einmal, bei anderen Geräten (Abb. 2) im ganzen sechsmal durchzuführen. Spannung führende Teile dürfen bei der Prüfung der Berührung nicht zugänglich oder äußere Teile Spannung führend werden.

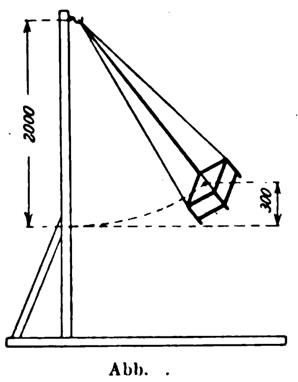


Abb. .

§ 11.

Überflutungsprobe.

Spielzeug-Kochgeräte werden gegen die Wirkung überfließenden Kochgutes in der Weise geprüft, daß man ein Überlaufen von Wasser an jeder Koch- und Backstelle 5 min lang herbeiführt. Die Geräte sind während des Versuches in ein Wasserbad von 2 mm Tiefe zu stellen und sollen mit ihren eigenen Heizkörpern auf Kochtemperatur gehalten werden. Hiernach müssen die Geräte im warmen und kalten Zustand einer Prüfung nach § 12 genügen.

§ 12.

Feuchtigkeitsprobe.

Das Spielzeug wird auf Feuchtigkeitsicherheit einer Prüfung nach § 95 der „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung, K.P.I.“ (Stufe 1) sinngemäß unterzogen.

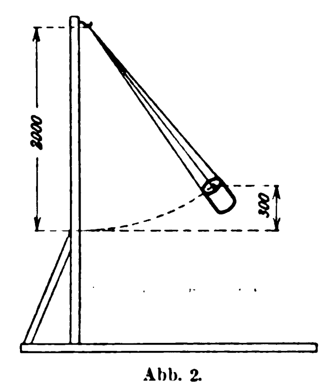


Abb. 2.

§ 13.

Belastungsprobe.

Das Spielzeug muß 20-mal mit dazwischenliegenden Abkühlungspausen von mindestens 1 h mit der 1,4-fachen Nennaufnahme ohne Aufsetzen von Kochgefäßen jeweils 10 h lang geprüft werden und danach die in § 12 vorgesehene Prüfung auf Feuchtigkeitsicherheit aushalten.

§ 14.

Isolationsprobe.

Alle Spannung führenden Teile müssen im kalten und im Anschluß an die Prüfung nach § 12 sowie auch nach § 13 im betriebswarmen Zustand gegen die Metallteile des Gerätes, ferner die Adern der Anschlußschnüre gegeneinander, ohne Vorschaltung von Widerständen einer Wechselspannung von 1500 V 1 min lang widerstehen können.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Der Generalsekretär:
P. Schirp.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Braunschweig. a) 4. XII. 1929, abds. 8 h, Saal 111 der T. H., Eingang Pockelstraße: Vorträge Dir. Rosenberg und Dir. Königswerther: 1. „Der Aufbau einer Fabrik für fließende Fertigung, erläutert an den Einrichtungen der AEG-Zählerfabrik.“ 2. „Vorführung eines Films über die Konstruktion und Fabrikation von AEG-Zählern.“ b) 6. XII. 1929, abds. 8 h: Gesellschaftsabend im großen Saal des Parkhotels.

Thür. Elektrotechn. Verein Erfurt. 6. XII. 1929, abds. 8 h, Münchner Bürgerbräu: Filmabend — Vorführung techn. Filme.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Frankfurt a. M. a) 4. XII. 1929, abds. 8 h, Kunstgewerbeschule, Neue Mainzer Str. 47: Vortrag Dipl.-Ing. König, „Theorie und Praxis im Bau und Betrieb von Hochspannungs-Apparaten“. b) Der auf S. 1681 für den 6. XII. angekündigte Vortrag von Dipl.-Ing. Brandenburger, „Fernmessungen auch von Hochspannung beeinflußter Kabelleitungen usw.“, hat bereits am 6. XI. 1929 stattgefunden.

Elektrotechn. Verein München. a) 4. XII. 1929, abds. 8 h, Hörsaal 186 der T. H.: Lichtbildervortrag Dir. H. Probst, „Die Einrichtungen der Schaltanlage des Großkraftwerks Buenos Aires“ sowie „Der Ersatz der Ölschalter durch Preßluftschalter“. b) 18. XII. 1929, abds. 8 h, Hörsaal 127 der T. H.: Lichtbildervortrag Bergrat J. Nagelmann, „Bau der bayerischen Zugspitzbahn, insbes. Bau des 4,5 km langen Tunnels vom Riffelriß zum Platt“.

Physikalische Gesellschaft und Deutsche Gesellschaft für techn. Physik, Berlin. 29. XI. 1929, abds. 7½ h, gr. Hörsaal d. Physikal. Inst. d. T. H.: Vortrag G. Masing, „Physikal. Erkenntnisse an vergütbaren Berylliumlegierungen“.

Deutsche Maschinentechn. Gesellschaft. 3. XII. 1929, abds. 7 h, gr. Saal des Ingenieurhauses, Berlin, Friedrich-Ebert-Str. 27: Hauptversammlung mit folg. Vorträgen: a) Bericht des Techn. Ausschusses über das Ergebnis der diesjähr. Beuth-Aufgabe betr. „Untersuchungen über die wirtschaftliche Herstellung von Eisenbahnwagen und Entwurf einer Wagenbauanstalt“. b) Reichsbahnrat Philipp, „Auszug aus einem Filmvortrag über die Rationalisierung in der Waggonindustrie, der die tatsächl. Auswirkung angibt“.

Deutscher Wasserwirtschafts- und Wasserkraft-Verband, Berlin. 5. XII. 1929, abds. 6 h, gr. Festsaal des Hotels Prinz Albrecht, Prinz-Albrecht-Str. 9: 1. Vortrag Dr.-jur. A. Herzfeld, „Das preuß. Wasserstrafrecht im Lichte moderner Strafrechtsgrundsätze“. 2. Dr.-Ing. F. Maier, „Die Leistungsteigerung bei Wasserkraftanlagen durch Pumpspeicherung“. Anschließ. Aussprache.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

G. Semenza †.

Am 7. XI. starb in Mailand Ing. Guido Semenza im 61. Lebensjahre. Der vorzeitig aus dem Leben Geschiedene hat die Entwicklung des Elektrizitätswesens in Italien stark beeinflußt. Semenza wurde i. J. 1868 in London geboren und kehrte schon als Kind mit seinen italienischen Eltern nach Italien zurück. Er legte 1893 in Mailand das Ingenieurexamen ab und studierte weiterhin noch am Institut Montefiore. Von 1895 bis 1917 Chefelektriker und Berater der Società Edison in Mailand, entwarf und leitete er u. a. den Bau des Kraftwerks Paderno und der Fernleitung Paderno—Mailand (35 km), welche zu den ersten Fernleitungen mit hochgespanntem Drehstrom überhaupt gehört (13 500 V). Gleichzeitig beschäftigte er sich mit dem Studium und Entwurf des Elektrizitäts-Verteilungsnetzes Mailand, welches nach seinen Plänen ausgeführt wurde und als solches noch heute teilweise in Betrieb ist.

Als Beratender Ingenieur war Semenza in Italien und dem Auslande sehr bekannt und auch dort als solcher lebhaft tätig. Er war Mitglied und Vorstand verschiedener technischer Kommissionen und erwarb sich große Verdienste um die Entwicklung des staatlichen Telephonnetzes, das gegenwärtig noch nach seinen Angaben und Plänen ausgebaut wird.

Semenza hat als erster von den italienischen Fachmännern auf die Nachteile des in seinem Heimatlande bis



vor kurzem noch allein üblichen Drehstromsystems im Betriebe der elektrischen Hauptbahnen, hauptsächlich im Vergleich zum System mit hochgespanntem Gleichstrom, hingewiesen. In der Tat kommt letzteres in Italien für den Hauptbahnbetrieb zu immer ausgedehnterer Verwendung.

Der Verstorbene war einer der Begründer der Associazione Elettrotecnica Italiana (A. E. I.), deren eifrig tätiger Präsident er von 1915 bis 1918 war. Er gehörte auch zu den Gründern der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (I. E. C.)[1], welche den Stand ihrer heutigen Entwicklung und Bedeutung großenteils seiner unermüdlichen Tätigkeit als ihr Präsident (1923 bis 1927) verdankt. Auch auf industriellem Gebiet betätigte sich Semenza mit Erfolg. Es gelang ihm, die einheimische Meßinstrumentefabrik C. G. S. zu blühender, früher nie erreichter Entwicklung zu bringen. Aus seiner Feder



G. Semenza †.

stammen verschiedene technische Originalarbeiten, u. a.: „Die Erweiterung des Kelvinsatzes auf die Leitungsberechnung“, „Graphische Tafeln für die Leitungsverlegung“, verschiedene Arbeiten über Maste für Kraftübertragungen und Isolatoren; ihm ist die Einführung der elastischen Maste und der sogenannten Paderno-Isolatoren zu verdanken, die von ihm entworfen wurden und die noch heute zu den besten Stützisolatoren gehören.

Seine großen Verdienste wurden auch im Auslande anerkannt; er wurde nach London eingeladen, um dort die „Kelvin Lecture“ vor der Institution of Electrical Engineers zu halten. Von dieser letzteren wurde ihm erst im März d. J. die Faraday-Medaille verliehen. Bis zu seinem Ableben war Semenza mehrere Jahre hindurch Honorarsekretär des American Institute of Electrical Engineers und der Institution of Electrical Engineers für Italien.

Mit ihm ist nicht nur ein hervorragender Techniker sondern auch ein Ehrenmann im edelsten Sinn des Wortes dahingegangen. Er war nicht nur ein technisch schaffender Geist sondern auch ein für alles Schöne und Gute begeisterungsfähiger, künstlerisch empfindender Mann und Mensch. Dies beweisen auch seine Vorliebe und sein Verständnis für die reine Musik, deren Pflege er sich besonders angelegen sein ließ.

Fr. Praedel. Herr Fr. Praedel, seit 1. IV. d. J. Direktor und Vorstandsmitglied der Schluchseewerk AG., Freiburg i. Br., ist zum Vorstandsmitglied der am 16. IX. d. J. neu gegründeten Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern AG. in Waldshut ernannt worden.

Jubiläum. — Am 10. XI. d. J. konnte Herr Gottfried Becker, Betriebsleiter und Prokurist der Porzellanfabrik Joseph Schachtel AG., Sophienau (Bad Charlottenbrunn), auf eine 50jährige Tätigkeit in der genannten Fabrik zurückblicken.

[1] Vgl. auch ETZ 1929, S. 1681.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Die Temperatur des Kathodenflecks.

Ich teile die Auffassung von Herrn Db. (ETZ 1929, S. 428), die Anwendung der pyrometrischen Meßmethode sei nur zulässig bei reinen und angenähert reinen Temperaturstrahlern. Wo überwiegend Fluoreszenz und Phosphoreszenz vorhanden ist oder gar ein reines Linienspektrum emittiert wird, darf diese Methode nicht angewendet werden.

In unserem besonderen Fall war aber der anvisierte Kathodenfleck an einem dünnen Wolframblech fixiert. Der Untergrund des Kathodenfleckes ist also ein fester Körper, ähnlich wie die Elektroden beim Kohle- und Wolframbogen, an denen bekanntlich mit dem optischen Pyrometer die Temperatur bestimmt werden darf. Spektroskopische Beobachtungen zeigen am Hg-Kathodenfleck außer dem vorherrschenden Linienspektrum noch einen kontinuierlichen Anteil, der entschieden nicht zu vernachlässigen ist. Man könnte nun annehmen, wir hätten es hier mit einem Wolfram-Hg-Bogen zu tun. Dies ist aber nicht der Fall, denn trotz der Fixierung waren die Eigenschaften des Hg-Bogens unverändert vorhanden. Der Spannungsabfall blieb konstant bei fixiertem und unfixiertem Fleck. Der Bogen löschte unter 1 A, wobei das fixierende Blech sich bekanntlich bis etwa 2000° erhitzen könnte, ohne stark merkliche Elektronenemission zu zeigen.

An eine Lichtemission aus dem Kathodenfleck, angeregt durch chemische Prozesse, kann man nicht glauben, weil bei bestem Vakuum ($p < 10^{-3}$ mm Hg) gearbeitet wurde. Auf Grund eines anderen Experimentes mit sehr dünnen Platin-, Wolfram- und Quarzfäden habe ich die Überzeugung gewonnen: im Kathodenfleck muß mit Temperaturen von der Größenordnung 2000° gerechnet werden. Dieser Versuch ist auf folgende Weise durchgeführt worden:

Über dem Hg einer Kathode eines Gleichrichters, bestehend aus einem Quarzrohr von etwa 25 mm Dmr. und etwa 15 mm Länge (Metallboden aufgeschliffen), wurden in einer Ebene abwechselnd drei Wolframdrähte von 0,05 mm Dmr., drei Platindrähte von 0,15 mm Dmr. und drei 10prozentige Platiniridiumdrähte von 0,07 mm Dmr. in einem Glimmerrahmen ausgespannt. Die neun Fäden ruhten auf dem ebengeschliffenen Ende des Quarzrohres auf. Dann folgte ein zweites Quarzrohr von gleichem Durchmesser und 10 mm Länge, das ebenfalls geschliffen war und auf die Fäden zu liegen kam. Das Ganze wurde mit zwei Klammern auf dem Boden des Gleichrichters festgespannt. Unterhalb der Drahtharfe befand sich eine kleine isolierte Zündanode. Man war also imstande, einen Kathodenfleck zu erzeugen, wenn der Hg-Spiegel etwa 10 mm tiefer als die Drahtebene war. Das Kathoden-Hg konnte beliebig langsam gehoben und so die feinen Drähte in den Bereich des rasch wandernden Kathodenfleckes gebracht werden. Bei ruhigem Hg-Spiegel war zwischen diesem und der Drahtebene nach dem Schmelzversuch sicher noch ein Abstand von etwa 0,5 mm zu erkennen. Bei brennendem Bogen und bewegtem Hg-Spiegel hingegen wurden die Drähte von den Wellenbergen gestreift. Vor dem Schmelzversuch blieben alle Drähte bei einem Abstand von etwa 1 mm erhalten und glühten nicht einmal. Bei den geringeren Distanzen schmolzen aber die Platin- und die Platiniridiumdrähte bei 10 ... 12 A, die Wolframdrähte hingegen blieben erhalten auch bei Strömen bis 50 A. Sie glühten bei kleineren Stromwerten hie und da auf, bei 40 ... 50 A scheinbar dauernd. Der eine Platinfaden war zu einem Bändchen von 0,07 × 0,25 mm ausgezogen worden. An diesem konnte man nach der Demontage zwei Einschnitte beobachten, die von Schmelzwirkungen des durchschneidenden Kathodenfleckes herrührten (Breitseite des Bändchens horizontal gelagert). Es war bei diesen Versuchen noch die Frage zu beantworten, ob die Drähte nicht kurzzeitig einen Teil oder den ganzen Kathodenstrom führten und dann durchschmolzen. Die Tatsache, daß die Platindrähte bei neunfachem Querschnitt und 10 ... 12 A schmolzen, während die Wolframfäden bei einfachem Querschnitt und 50 A noch bestehen blieben, deutet darauf hin, daß von einer Stromführung nicht gesprochen werden kann. Ein weiterer Versuch mit Quarzfäden von 0,1 mm Dmr. mit sehr geringer elektrischer Leitfähigkeit brachte ebenfalls den Beweis, daß sie bis zum Schmelzpunkt sich erhitzt hatten (max. 1700°). Zum Vergleich waren noch drei Platin- und drei Wolframfäden von 0,1 mm Dmr. eingespannt worden. Bei diesem Versuch war es viel leichter möglich, Platin mit 1760° und 10prozentiges



Platiniridium mit 1850 ° Schmelztemperatur zu verflüssigen als Quarz. Dies hängt vermutlich mit der erhöhten Strahlung des Quarzes zusammen.

Ich habe auf Grund dieser und noch anderer Beobachtungen die Überzeugung gewonnen, die untere Grenze der Kathodenflecktemperatur liegt bei 1850 ° und nicht bei einigen 100 °. Unter Kathodenfleck verstehe ich den Raumteil, innerhalb dessen der Kathodenfall nachgewiesen werden kann. Von der Basis des Fleckes, dem flüssigen Hg, vermute auch ich, sie habe nur einige hundert Grad. Die höhere Temperatur (rd. 2000 °) wird ganz entschieden das Gas haben, u. zw. im Kathodenfleck über der flüssigen Basis. Die Erwärmung der Sonden durch Bombardement und die Rekombinationsenergie sind zum Teil jedenfalls richtig, man sieht aber nicht ein, weshalb das neutrale Gas nicht in gleicher Art beeinflußt und auf Temperaturen gebracht werden kann, die den an Sonden gemessenen entsprechen. Spielen das Bombardement und die Rekombination an den Sonden eine große Rolle, dann ist nicht verständlich, weshalb ein Platindraht mit neunfachem Querschnitt bei 10 ... 12 A schmilzt und ein Wolframfaden mit einfachem Querschnitt bei 50 A erhalten bleibt und dabei dauernd glühte entsprechend einer durch ein geeichtes Rauchglas beobachteten Temperatur von angenähert 2000 °.

Temperaturmessungen im Kohlebogen mit Sonden sind bekannt und von SEELIGER in seinem Buch über Gasentladungen auf Seite 295 angeführt. Dort wird angenommen, die Sonde habe die Temperatur des umgebenden Gases. Die Messung im Kohlebogen mit optischem Pyrometer ist unstatthaft, weil dieser, wenn die festen Elektroden nicht als Untergrund anvisiert werden, ein reines Linienspektrum zeigt ohne jeden kontinuierlichen Anteil.

Zusammenfassund muß gesagt sein: Die Vorgänge innerhalb des Kathodenfleckes sind nicht genügend genau bekannt, um alles eindeutig erklären zu können. Für uns genügt vorläufig die Tatsache, daß im Kathodenfleck mit etwa 2000 ° zu rechnen ist und nicht mit nur einigen hundert Grad.

Die Versuche sind im Physikalischen Laboratorium der A.G. Brown, Boveri & Co. in Baden durchgeführt worden.

Baden (Schweiz), 24. VI. 1929. A. Gaudenzi.

Erwiderung.

Auf die Ausführungen des Herrn GAUDENZI erwidert unser Berichterstatter folgendes:

Nach den Beobachtungen von Herrn GAUDENZI zeigt der Kathodenfleck des Quecksilberlichtbogens „außer dem vorherrschenden Linienspektrum noch einen kontinuierlichen Anteil". Wegen dieses vorherrschenden Linienspektrums kann der Kathodenfleck kein Temperaturstrahler sein, so daß die Bestimmung seiner Temperatur mit einem optischen Pyrometer nicht möglich ist. Fixiert man den Fleck durch einen Wolframstift und benutzt für die Bogenentladung eine über der Kathode sich stark erweiternde Röhre mit von der Kathode entfernt angeordneter Anode — dies alles, damit außer dem Licht des Kathodenflecks möglichst wenig Licht von andern Teilen der Entladung in das Spektroskop gelangt —, so zeigt es sich, daß der kontinuierliche Anteil gegenüber dem vorherrschenden Linienspektrum an Helligkeit fast völlig zurücktritt und folglich auf eine Pyrometerablesung einen zu vernachlässigenden Einfluß ausübt.

Herr GAUDENZI stützt sich nun auf Beobachtungen an Temperatursonden, um zu zeigen, daß die Temperatur des Kathodenflecks zu etwa 2000 ° geschätzt werden müsse. Dieser Schlußweise liegt die irrige Annahme zugrunde, daß Temperatursonden auch in einem stark ionisierten Gas die Temperatur des Gases anzeigen oder wenigstens zu schätzen erlauben. Das ist bekanntlich nicht der Fall; denn in einem ionisierten Gas wird eine Sonde durch das Bombardement und die Rekombinationsenergie der auf sie auftreffenden Ladungsteilchen erwärmt und kann bei hohen Ionisierungsgraden des Gases wie in der Nähe des Kathodenflecks Temperaturen annehmen, welche die des umgebenden Gases weit übertreffen. Dieser Einwand trifft auch die von SEELIGER in seinem Buch über Gasentladungen S. 295 übrigens „mit kritischer Vorsicht" angeführten Temperaturmessungen mit Sonden im Kohlelichtbogen. Herr GAUDENZI hält dem entgegen, es sei nicht einzusehen, warum das neutrale Gas nicht in gleicher Weise durch Ladungsteilchen erwärmt werde wie eine Sonde. Dafür können die Gründe angegeben werden. Erstens werden die Moleküle des Gases, hier sind es Quecksilberatome, viel seltener durch Ladungsteilchen getroffen als Sonden, weil sie viel kleiner sind als die letzteren. Zweitens reflektieren Quecksilberatome die Elektronen, während Sonden Elektronen absorbieren, sich negativ aufladen und so zum Bombardement durch positive Ionen Anlaß geben, die an der Sondenoberfläche rekombinieren. Sofern man von der Möglichkeit der Begrenzung der Ionenströme durch „orbital motion" (LANGMUIR) absieht, was bei großen Ionendichten erlaubt ist, ist die der Oberflächeneinheit zugeführte Energie unabhängig vom Durchmesser einer drahtförmigen Sonde. Infolgedessen ist zu erwarten, daß unabhängig vom Durchmesser einer solchen Sonde diese um so eher schmilzt, je niedriger der Schmelzpunkt und je kleiner das Strahlungsvermögen, was in Übereinstimmung steht mit den Beobachtungen von Herrn GAUDENZI. Diese Beobachtungen sprechen daher nicht gegen die Auffassung, daß die Temperatur im Kathodenfleck des Quecksilberlichtbogens bedeutend niedriger sei, als man bei Voraussetzung thermoionischer Emission anzunehmen gezwungen ist.

LITERATUR.

Besprechungen.

Elektrizität im Hause. Von Prof. Dr. F. Niethammer. (Samml. Göschen Nr. 1006.) Mit 104 Fig. u. 140 S. in kl. 8°. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1929. Preis geb. 1,50 RM.

Bei dem Umfang, den heutigen Tages bereits die Anwendung der Elektrizität im Hause annimmt, und noch mehr bei der maßgebenden Bedeutung, welche diese in Zukunft für unser ganzes Kulturleben hat, ist es zweifellos von nicht zu unterschätzender Bedeutung, wenn jedermann in genügendem Maße über dieses Problem unterrichtet ist. Infolgedessen sind die Veröffentlichungen zu begrüßen, die sich mit dem Problem „Elektrizität im Hause" beschäftigen. Es ist jetzt in der bekannten Sammlung Göschen von Professor Dr. F. Niethammer ein Band erschienen, der diesen Zweck erfüllen soll. Man muß sagen, daß der Verfasser sich seine Aufgabe vielleicht sogar zu weit gesteckt hat, denn die anfangs gebrachten Ausführungen über „Hochspannungsanschlüsse, Hauszentralen mit Dampf-, Wasserantrieb usw." könnten zweckmäßig herausgelassen werden, ebenso die über die Anwendungen für gewerbliche und landwirtschaftliche Zwecke, die bei voller Würdigung selbst wieder ein ganzes Buch ausfüllen könnten. Jedenfalls gibt das Buch eine zweckmäßige Aufklärung über die elektrische Hausinstallation und die Verwendung der Elektrizität als Licht-, Kraft- und, was neuerdings besonders in Frage kommt, als Wärmequelle. Anschließend wird noch über elektrische Fernmelde- und Schwachstromgeräte berichtet, so daß also der Leser über das zeitgemäße Problem „Elektrizität im Hause" einen guten Überblick bekommt. O. Vent.

Stromarten und Spannungen in den deutschen Orten. Von H. Kolbe, Mit XII u. 659 S. in 8°. Verlag J. Widmann, Durlach (Baden) 1929. Preis geb. 16 RM.

Dieses auch in bezug auf Druck und Ausstattung gute Hilfsbuch befriedigt ein von der Elektrizitätsindustrie und ihrer Kundschaft schon seit langem empfundenes, vom Verfasser in der Einleitung näher begründetes Bedürfnis, vorausgesetzt natürlich, daß seine Angaben, für die freilich keine Gewähr übernommen wird, überall zutreffen. Sie werden dauernd kontrolliert und, soweit nötig, jeweils schnellstens berichtigt bzw. ergänzt werden müssen. Für die bei ihrer Sammlung und Herausgabe geleistete mühevolle Arbeit verdienen der Verfasser, seine Mitarbeiter wie auch der Verlag Anerkennung.

F. Meißner.

Kohlenelektroden für elektrische Öfen. Ihre Herstellung, Prüfung u. Verwendung, nebst ein. Übersicht d. dt. Patente. Von G. Schuchardt. Mit Abb. u. 33 S. in gr. 8°. Polytechnische Buchhdlg. A. Seydel, Berlin 1928. Preis kart. 6 RM.

Im Anschluß an die frühere Arbeit des Verfassers „Beiträge zur Kenntnis der Fabrikation und Untersuchung von Kohlenelektroden für die elektrochemische Industrie" wird in obengenannter Arbeit die Herstellung dieser Elektroden beschrieben. Die Arbeitsvorgänge, auf denen sich die Fabrikation dieser Elektrode aufbaut, werden geschildert. Ausgehend von der Wahl der Rohstoffe und ihrer Eignung für die Elektroden, wird der Arbeitsvorgang der Aufbereitung, der Mischung der Rohstoffe und der des Pressens behandelt, wobei auch

auf die Maschinen, die benutzt werden, näher eingegangen wird. Ein größeres Kapitel ist dem Brennen der Elektroden (Verkoken) und der Betriebskontrolle gewidmet. Die Prüfung des Fertigfabrikates erstreckt sich in der Hauptsache auf eine Widerstands- oder elektrische Leitfähigkeitsmessung, auf eine Dichte- und Porositätsbestimmung. In dem nächstfolgenden Kapitel wird auf die Verwendung der Elektroden in den Öfen und auf die Annippelung zum Zwecke des restlosen Verbrauches des Elektrodenmaterials eingegangen, wobei festgestellt wird, daß keine allgemeine Norm der Elektrodenform in der Industrie vorhanden ist, daß jede Ofenart die Verwendung einer bestimmten Form vorschreibt. In Kürze werden noch die Eigenschaften der Graphitelektrode, der amorphen Elektrode und der Elektrode nach Söderberg hervorgehoben. Die Verbreitung der letzteren Elektrode geht aus einer Zahlentafel hervor, in der die Ofenanlagen in verschieden industriell wichtigen Ländern berücksichtigt sind. Ein Vergleich der Vor- und Nachteile der einzelnen Elektroden im Ofenbetrieb läßt aus den veröffentlichten Betriebsdaten noch keinen endgültigen Schluß auf die Wirtschaftlichkeit zu, so daß heute noch nicht feststeht, ob der Elektrode nach Söderberg, die infolge ihrer geringen Energiedichte größere Ausmaße der Formen verlangt, aber in der Herstellung einfacher ist, oder der Graphitelektrode der Vorzug zu geben ist, die infolge der besseren elektrischen Leitfähigkeit größere Energiedichte und damit bessere Bedingungen für die Lichtbogenbildung und die Konstanz des Bogens zuläßt. Zum Abschluß der mit großer Sorgfalt ausgeführten Arbeit werden die Ofenpatente, die sich auf die Verwendung von Elektroden beziehen, in zeitlicher Folge zusammengestellt.

Die technische Literatur der Wärmeerzeugung im Lichtbogen erfährt durch die Arbeit eine Erweiterung, die unsere Kenntnis über den Gegenstand der Elektrode vertieft, aber auch erkennen läßt, daß die Untersuchungen der wirtschaftlichen Verhältnisse im Gebrauch dieser Elektrode noch nicht zum Abschluß gekommen sind.

V. Engelhardt.

Handbuch der Experimentalphysik. Unter Mitwirk. v. zahlr. Fachgen. herausg. v. W. Wien u. F. Harms. Unter Mitarb. v. H. Lenz. Bd. 13, 2. Teil: Physik der Glühelektroden. Von Prof. Dr. W. Schottky u. Dr.-Ing. H. Rothe; Herstellung der Glühelektroden. Von Dr. rer. techn. H. Simon: Technische Elektronenröhren und ihre Verwendung. Von Dr.-Ing. H. Rothe. Mit 179 Abb., X u. 492 S. in gr. 8°. Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig 1928.. Preis geh. 44 RM, geb. 46 RM.

Der mir vorliegende Band XIII, 2. Teil, des Handbuches der Experimentalphysik enthält drei Unterabteilungen, die von verschiedenen Verfassern geschrieben worden sind.

Im ersten Teil behandeln Schottky und Rothe die Physik der Glühelektronen vom thermodynamischen Standpunkte aus. Die Verfasser gehen von der fundamentalen Richardsonschen Gleichung aus. Dann folgen die Anwendung der Thermodynamik auf die Glühemission, der Elektronendampfdruck, die Ionisation an heißen Substanzen, die thermionischen Wärmeeffekte usw. und schließlich die Schwankungserscheinungen. Für ein Handbuch der Physik hätte ich mir nur noch eine etwas ausführlichere geschichtliche Einleitung gewünscht, da die Arbeiten der Vorläufer von Richardson doch in ihrer Bedeutung keineswegs zu unterschätzen sind. Die ganze Darstellung ist aber durchweg vortrefflich, und man kann sich daraus ein sehr gutes Bild des ganzen Erscheinungskomplexes aneignen.

Ein kürzerer 2. Teil behandelt die Herstellung der Glühelektroden und ist von Simon verfaßt worden. Nach Besprechung der verschiedenen Arten der Glühelektroden, der Elektrodenmaterialien und der Elektrodenanordnungen bespricht er die Evakuierungsmethoden und die Temperaturbestimmung. Dieser Teil bringt alles Wesentliche, was darüber zu sagen ist.

Der 3. Teil befaßt sich mit den technischen Elektronenröhren und ihren Anwendungen und ist von Rothe geschrieben worden. Er schildert darin die technischen Elektronenröhren, deren Verwendung als Verstärker, als Schwingungserzeuger und schließlich ihre Anwendung als Gleichrichter. Auch dieser Teil gibt eine für den Physiker recht ordentliche Einführung in das ganze mehr technische Gebiet.

A. Wehnelt.

Three-Phase, Four-Wire and Two-Phase, Five-Wire Metering. Serial Report of the Meter Committee 1927—28. National Electric Light Association, New York City 1928.

Vorliegender Bericht der Nela ist eine Fortsetzung des Report Nr. 267/53 vom Mai 1927, welcher sich bereits mit Meßmethoden in Drehstrom-Dreileiternetzen beschäftigt. Nunmehr werden die Methoden zur Messung der in Dreiphasen-Vierleiter- und Zweiphasen-Fünfleiteranlagen verbrauchten elektrischen Arbeit dargestellt. Ferner werden die meßtechnischen Aufgaben besprochen, welche auftreten, wenn ein radiales, von einem Punkt ausstrahlendes Verteilungssystem auf ein Niederspannungs-Wechselstromnetz geschaltet wird. Schließlich folgen noch Meßmethoden für Verteilungssysteme in Dreieckschaltung, bei welchen die eine Phase in der Mitte angezapft ist. In einer Anzahl von Tabellen sind die in Amerika gebräuchlichen Spannungen bei den verschiedenen Schaltungsarten zusammengestellt. Der Bericht dürfte sich besonders für Elektrizitätswerke, welche mit der Umschaltung ihrer Verteilungsnetze beschäftigt sind, als nützlich erweisen.

Schachenmeier.

Taschenbuch für Bauingenieure. Unter Mitarbeit vieler Fachgen. herausg. von Geh. Hofrat Prof. Dr.-Ing. E. h. M. Foerster. 5. verbess. u. erw. Aufl. 2 Bände mit 3238 Textfig., XXI u. 2537 S. in 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 42,50 RM.

Die nach dreijähriger Pause nötig gewordene 5. Auflage dieses zweibändigen Taschen- oder vielmehr Handbuches weist eine der Neuzeit entsprechende Vervollständigung bzw. Durcharbeitung auf. Die Verteilung des Stoffes auf eine Reihe namhafter Fachleute gewährleistet die sachgemäße Bearbeitung aller einzelnen Gebiete. Von diesen ist die Elektrotechnik an mehreren stark interessiert; es seien nur die Abschnitte erwähnt Wasserbau und Wasserwirtschaft, Fernmeldeanlagen und Eisenbahnsicherungswesen, Eisenbahnwesen mit den Sonderteilen Straßenbahnen, Stadtschnellbahnen und elektrische Hauptbahnen, daneben auch die dem Buche eine allgemeine Verwendung sichernden Abschnitte Mathematik, Mechanik, Festigkeitslehre, Baustoffe, Maschinenbaukunde. Daß die mit den rein baulichen Teilen der Kraftwerke, Unterwerke, Freiluftstationen usw. beschäftigten Büros der Elektrizitätsindustrie das Buch auf dem Arbeitstisch nicht missen können, bedarf keines Hinweises.

Besonders bemerkenswert sind die sachlich kurze Bearbeitung des Stoffes, die übersichtliche Gruppierung der Abschnitte und der klare Druck des Textes und der zeichnerischen Darstellungen, die ein rasches Eindringen auch in ferner liegende Gebiete ermöglichen.

Zehme.

Das Förderhöhenverhältnis der Kreiselpumpen für die ideale und wirkliche Flüssigkeit (H. 307 der Forschungsarbeiten). Von Dr.-Ing. W. Schulz. Mit 35 Abb., 6 Taf. u. 28 S. in 4°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geh. 5 RM, f. VDI-Mitgl. 4,50 RM.

Das Buch will die vorhandene Lücke in den rein theoretischen Grundlagen ausfüllen. Nachdem es Spannhake im Jahre 1925 gelungen war, das rotierende Gitter der Schleuderpumpe mit radial gerichteten Schaufeln und für ein beliebiges Verhältnis der Ein- und Ausflußradien zu behandeln, wird vom Verfasser der vorliegenden Forschungsarbeit der Versuch unternommen, die spezifische Schaufelarbeit eines logarithmisch-spiraligen Schaufelrades ebenfalls für ein beliebiges Verhältnis der Ein- und Austrittsradien und beliebige Schaufelzahlen mathematisch für eine ideale reibungslose Flüssigkeit zu erfassen.

Eingehende praktische Versuche an einer Spezialpumpe, die im zweiten Teil des Buches näher besprochen werden, sollen die Übereinstimmung der rechnerisch ermittelten theoretischen Ergebnisse mit den Werten der Praxis unter Berücksichtigung des Einflusses der wirklichen Flüssigkeit nachweisen. Wenn der erste Buchteil infolge der abstrakten und nicht jedem geläufigen mathematischen Entwicklungen allein genommen für die Allgemeinheit weniger Interesse haben dürfte, so sind die praktischen Versuchsergebnisse für die Pumpen bauende Industrie zweifellos sehr zu begrüßen, da sie neue Anregungen geben und geeignet sind, Verbesserungen im Bau von Kreiselpumpen zu zeitigen.

G. Garbotz.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Aus der russischen Elektroindustrie. — Die Bestellungen der Handelsvertretung der UdSSR in Deutschland und der von ihr kontrollierten Organisationen betrugen im Wirtschaftsjahr 1928/29 für Elektromaschinen und elektrotechnische Erzeugnisse zusammen 10,861 Mill Rbl (8,633 i. V.), wovon auf Elektromaschinen 7,061 Mill Rbl (5,117 i. V.) entfielen, sie sind also im ganzen um 2,23 Mill Rbl oder 26 % gegenüber 1927/28 und bei Elektromaschinen, unter denen man einzeln bestellte zu verstehen hat, um 1,94 Mill Rbl bzw. 38 % gestiegen.

Über die Produktion der Schwachstromindustrie auf dem Radiogebiet macht die Handelsvertretung folgende Angaben und bemerkt dazu, daß diese Industrie Ende 1928 erst etwa 30 bis 40 % des Bedarfs decken konnte; etwa 65 % der Nachfrage nach Empfängern und Ersatzteilen wurden noch handwerksmäßig hergestellt:

Radiogerät (Stückzahlen)	1927/28	1928/29	1929/30*	in % des Vorjahres	
				1928/29	1929/30*
Röhrenempfänger ..	16 100	38 400	71 500	288,5	186,1
Detektorempfänger .	80 900	182 800	338 000	225,9	184,9
Kopfhörer.........	454 900	300 000	658 200	65,9	219.4
Lautsprecher	—	132 500	338 700	—	255,7

In Ausführung des zwischen dem „GET“ und der General Electric Co. abgeschlossenen Vertrags über technische Hilfe[1] hat letztere nunmehr eine Anzahl ihrer Patente und Entwürfe dem Trust zur Verfügung gestellt, darunter auch Entwürfe der für die Elektrisierung der Eisenbahnen erforderlichen Einrichtungen. Der Vorschlag, 66 amerikanische Elektroingenieure zur Arbeit in den Fabriken des Trusts heranzuziehen, wurde, wie die Volkswirtschaft berichtet, mit einer Sonderkommission der GECo. erörtert, die auch den Auftrag erhielt, konkrete Vorschläge für die Einrichtung von Gießereien in den elektrotechnischen Fabriken der Sowjetunion zu machen und Pläne für eine neue Turbinenfabrik in Charkow zu entwerfen. Im Zusammenhang damit sei ein Aufsatz von Professor Dr. G. Dettmar über Auslandshilfe beim Wiederaufbau der russischen Industrie[2] erwähnt, in dem der Verfasser auf Grund eigener Beobachtungen[3] die verschiedenen Wege zur Heranziehung des Auslands für die Förderung des Industrieaufbaues in Sowjetrußland bespricht. Dazu gehört auch die Vergebung von Konzessionen, die seit Anfang 1929 nach einer neuen Verordnung erfolgt und unter deren zahlreichen Objekten die Handelsvertretung kürzlich die Errichtung je einer Fabrik für Installationsmaterial und Heizapparate angeführt hat. Beide will man im Zentrum Rußlands anlegen, da sie als sehr wichtige Faktoren bei der Elektrisierung des Landes betrachtet werden. Der Produktionswert des erstgenannten Werks soll jährlich etwa 10 Mill Rbl bei Kapitalinvestitionen von rd. 4 Mill Rbl betragen. Auch eine Reihe von Kraftwerksbauten und -betrieben bietet dem fremdländischen Kapital Beteiligungsmöglichkeiten, und nach der Köln. Zg. scheint sich die Westinghouse Electric & Manufacturing Co. sowohl für diese wie für die Errichtung verschiedener elektroindustrieller Fabrikationsstätten zu interessieren.

Auf Grund eines Erlasses des Obersten Volkswirtschaftsrats der UdSSR ist nach Mitteilung der Ind. Handelszg. die Bildung eines Konzerns der elektrotechnischen Industrie (WEO) geplant, dem auch die Industrieabteilung des „Glawelektro“ unmittelbar unterstellt werden und in den der GET, ferner der Schwachstromtrust, der staatliche Trust für Herstellung und Absatz von Röntgen- und elektromedizinischen Apparaten „Rema“ sowie der Akkumulatorentrust eingegliedert werden sollen.

Frankreichs elektrotechnischer Außenhandel[4]. — Im ersten Halbjahr 1929 ist nach Angaben der Rev. Gén. de l'El.[5] die Einfuhr auf 169 839 dz im Wert von 295,860 Mill Fr gestiegen, d. s. 49 700 dz (82 %) und 121,835 Mill Fr (70 %) mehr als in der gleichen Zeit des Vorjahres (60 139 dz bzw. 174,025 Mill Fr). Die Zunahme erstreckte sich im wesentlichen auf Apparate, isoliertes Leitungsmaterial, Kondensatoren und Isolationsteile aus Porzellan, Glas usw. Die Ausfuhr weist mit 153 776 dz und 214,160 Mill Fr nur eine Erhöhung um 713 dz und 10,755 Mill Fr (5 %) gegen die ersten 6 Monate von 1928 auf (153 063 dz bzw. 203,345 Mill Fr). Merklich zugenommen hat der Export von Bogenlampen, Leitungsmaterial, verschiedenen Zubehörteilen, Akkumulatoren und Isolationsmaterial aus Porzellan, Glas usw. Der Überschuß der Ausfuhr stellte sich der Menge nach auf 43 937 dz (92 924 i. V.), während wertlich die Einfuhr um 81,760 Mill Fr größer war (Exportüberschuß i. V. 29,320 Mill Fr).

* Nach den vorgesehenen Plan- bzw. Kontrollziffern.
1 Vgl. ETZ 1929, S. 735.
2 Techn. Wirtsch. Bd. 22, 1929, S. 245.
3 Vgl. ETZ 1929, S. 665 ff.
4 Vgl. ETZ 1929, S. 1316.
5 Bd. 26. 1929, S. 503.

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Im August 1929 betrug der Wert der Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile 11 898 809 $, d. s. 3 175 869 $ oder 36 % mehr als im Parallelmonat des Vorjahres. Die Zunahme betraf im wesentlichen Transformatoren für Instrumente, kleinste und stationäre Motoren bis 200 PS sowie Bahnmotoren, ferner verschiedene Haushaltapparate, Radiogerät, Fernsprecheinrichtungen, Eisenbahnsignale, Zündvorrichtungen, nicht näher bezeichnete elektrische Apparate und elektrotechnisches Porzellan für eine Spannung unter 6,6 kV. Der Export von Dampfturbogeneratoren, Starkstromschalttafeln, Teilen und Zubehör von Motoren war merklich geringer als im August 1928.

Aus der Geschäftswelt. — Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft hat nunmehr die durch die bekannte Transaktion mit der International General Electric Co.[2], die 30 Mill RM Stammaktien der AEG zum Kurs von 200 % erwirbt, neben der Umwandlung der Vorzugs- in Stammaktien notwendig gewordene Kapitalserhöhung zunächst im Umfang von 13,750 Mill RM durchgeführt, womit ihr Grundkapital 200 Mill RM erreicht. Aus dem Prospekt für die Zulassung dieser neuen Stücke zur Berliner Börse geht u. a. hervor, daß die Gesellschaft am 1. VIII. 18 705 Beamte und 41 402 Arbeiter beschäftigte und in 35 Ländern durch einheimische Gesellschaften bzw. Zweigniederlassungen ihrer deutschen Tochterunternehmungen vertreten wird. Zu den eigenen Gesellschaften gehören im wesentlichen die AEG Ibérica de Electricidad S. A., Madrid (5 Mill Pes), die Elektriska Aktiebolaget AEG Stockholm (5 Mill Kr), die Elektricitets-Aktieselskabet AEG, Oslo (1,5 Mill Kr), die N. V. Electriciteits Maatschappij AEG, Amsterdam (0,5 Mill Gld), die Société Luxembourgeoise pour Entreprises Electriques S. A., Luxemburg (3 Mill Frs), die AEG Cia. Argentinia de Electricidad S. A., Buenos Aires (2 Mill m$n) und die AEG Engineering Co. S. A. (Proprietary) Ltd., Johannesburg (0,025 Mill £). Für das Geschäftsjahr 1928/29 wird ein befriedigendes Ergebnis erwartet.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Technische Werke G. m. b. H. Jastrow, Grenzmark Posen-Westpreußen, Jastrow (0,305 Mill RM): Betrieb der städtischen Betriebswerke, darunter des Elektrizitätswerks; Neon-Allgemeine Lichtröhrengesellschaft m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb von Neon-Lichtröhren; Elektro-Maschinenbau-Gesellschaft m. b. H., Magdeburg (20 000 RM): Fabrikation von und Handel mit Elektromotoren; Schreibe mit Licht, G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb moderner Lichtreklameeinrichtungen und dazu gehöriger elektrotechnischer Artikel; Süddeutsche Apparatefabrik G. m. b. H., Nürnberg (1 Mill RM): Herstellung und Vertrieb von Apparaten auf dem Gebiet des Fernmelde-, Signal- und Rundfunkwesens. Die Süddeutsche Telefon-, Apparate-, Kabel- und Drahtwerke AG., Nürnberg, hat den der Erzeugung von Apparaten auf dem genannten Gebiet dienenden Teil ihres Geschäftsbetriebs in das neue Unternehmen eingebracht[3]; Strom- und Gasversorgung Elze (Hann.) G. m. b. H., Elze (50 000 RM): Versorgung der Bevölkerung mit Elektrizität und Gas, Erzeugung, Bezug und Lieferung der benötigten Licht-, Heiz- und Kraftmittel, Errichtung der erforderlichen Anlagen usw.

1 El. World, Bd. 94, 1929, S. 811, Vgl. ETZ 1928, S. 1632; 1929 S. 1644.
2 Vgl. ETZ 1929, S. 1220, 1355.
3 Vgl. ETZ 1929, S. 1572.

Berichtigung.

Im Aufsatz „Betriebskurven für 220 kV-Drehstromfernleitungen“ (ETZ 1929, S. 451 u. 493) ist, wie uns Verfasser nachträglich mitteilt, auf S. 496, l. Sp., 12. Z. v. unten, anstatt $U_{r_1} = 245$ kV zu setzen: $U_{v_1} = 250$ kV; ebenso muß es gemäß S. 454, l. Sp., 5. Z. v. oben auf S. 496, l. Sp., 7. Z. v. unten anstatt $\xi = 100 \cdot \frac{245 - 220}{220} = 113.6\,\%$ folgendermaßen heißen: $\xi = 10^2 \frac{U_{v_1}}{U_{v_2}'} = 10^2 \cdot \frac{250}{220} = 113{,}6\,\%$.

Abschluß des Heftes: 23. November 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

EFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
—1796) 5. DEZEMBER 192

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang — **Berlin, 5. Dezember 1929** — **Heft 49**

VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929.

Das VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929 der XXXIV. Jahresversammlung des VDE in Aachen ist soeben erschienen. Der Inhalt des Heftes gibt die auf der XXXIV. Jahresversammlung des VDE am 8. und 9. Juli 1929 in der Technischen Hochschule Aachen gehaltenen Fachberichte nebst den anschließenden Besprechungen wieder. Die Preise sind:

Für Mitglieder des VDE geheftet	5,— RM,
„ „ „ „ gebunden	6,— „ ,
für Nichtmitglieder geheftet	9,— „ ,
„ „ gebunden	10,— „ ,
Versandkosten	0,50 „ .

Bestellungen bitten wir umgehend an die Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten. Der Versand erfolgt sofort.

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Der Generalsekretär:

P. Schirp.

Das Kraftwerk Imatra.

Von Obering. **Alf. Alftan,** Helsingfors.

Allgemeines über die verfügbaren Wasserkräfte.

Die wertvollsten Wasserkräfte Finnlands liegen südlich der Nordgrenze des Einzugsgebietes des Ule-Flusses. Es sind hauptsächlich die Stromschnellen der Wuoksen-, Kymmene-, Kumo- und Ule-Flüsse, die für die Errichtung von Groß-Wasserkraftwerken in Frage kommen. Die gesamten Wasserkräfte dieser Flüsse betragen bei ungeregeltem Mittelwasser etwa 875 000 Turbinen-PS, wovon bis vor kurzem nur rd. 10 % ausgebaut waren. Eingehende Untersuchungen über die Voraussetzungen des Ausbaues der Wasserkräfte der vorerwähnten Flüsse haben ergeben, daß der Wuoksen seines gleichmäßigen Zuflusses und der verhältnismäßig hohen Gefälle wegen in erster Linie für die Energiegewinnung in Betracht kommt. Durch diesen Fluß, der im östlichen Teil des Landes liegt (Abb. 1), ergießt sich das Wasser des Saima-Sees in den Ladoga. Vom Wuoksen-Fluß ist wiederum derjenige Teil, der zwischen dem Saima-See und dem Orte Jääski liegt, der sogenannte obere Wuoksen, der wirtschaftlich bedeutendste; denn das gesamte Gefälle auf dieser Strecke beträgt 64,24 m (Abb. 2). Die Abflußmenge beträgt bei normalem Niederwasser 480 m³/s, bei Mittelwasser 570 m³/s und bei normalem Hochwasser 670 m³/s. Beim niedrigsten beobachteten Wasserstand betrug die Abflußmenge 350 m³/s und beim höchsten Hochwasser 1200 m³/s.

Da der Saima-See mit seiner rd. 5000 km² weiten Fläche als natürliches Staubecken eine außerordentlich günstige Gelegenheit zur Regelung der Abflußmenge bietet, konnte für den Ausbau der Wasserkräfte des Wuoksen eine Wassermenge von 800 m³/s zugrunde gelegt werden. Von den Stromschnellen des Wuoksen sind wiederum die am Imatra die bedeutendsten.

Abb. 1. Lage des Kraftwerks und der 120 kV-Fernleitungen.

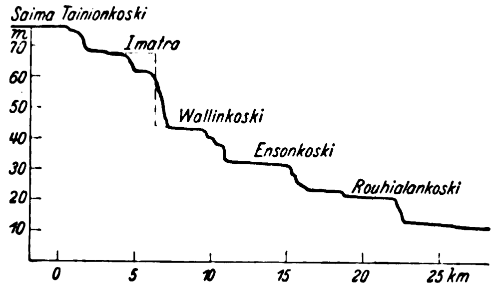


Abb. 2. Gefälle des Wuoksen.

Das Kraftwerk Imatra.

Im Jahre 1921 beschloß der Reichstag auf Vorschlag des Finanzausschusses auf Staatskosten am Imatra ein Wasserkraftwerk zur Gewinnung elektrischer Energie zu errichten. Der Ausbau des Kraftwerkes sollte in zwei getrennten Abschnitten durchgeführt werden, wobei der erste Ausbau 4 Maschinensätze und der zweite Ausbau weitere 4 Maschinensätze von je 27 000 Turbinen-PS umfaßt. Das Nutzgefälle beträgt beim ersten Ausbau 23 m



und soll nach Vollendung des zweiten Ausbaues auf 24 m erhöht werden. Die Gesamtleistung des vollendeten Kraftwerkes beträgt somit 216 000 Turbinen-PS.

Wie aus dem Lageplan (Abb. 3) ersichtlich, ist das Stauwehr quer über dem früheren Flußbett oberhalb der Hauptstromschnelle errichtet. Es besteht aus einem festen und einem beweglichen Teil, wovon der letztere mit drei Wehröffnungen versehen ist. Zwei dieser Wehröffnungen sind mit 17 m breiten und 6,5 m hohen Walzenverschlüssen und die dritte mit einem 12 m breiten und 4,5 m hohen Sektorverschluß ausgerüstet. Um im Winter das Festfrieren der Wehrverschlüsse zu verhindern, werden deren seitliche Abdichtungen sowohl elektrisch als auch im Notfalle mit Dampf geheizt.

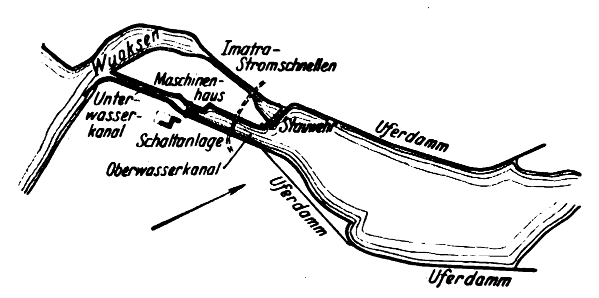


Abb. 3. Lageplan.

Da das Oberwasser bis 6 m über dem ursprünglichen Wasserstand des Flusses aufgestaut wird und der Oberwasserspiegel bedeutend höher als das umliegende Gelände liegt, sind zu beiden Seiten des Flußlaufes als direkte Fortsetzung des Stauwehres Uferdämme angelegt. Es entsteht hierdurch oberhalb des Wehres ein Stauweiher von rd. 4,5 km Länge und etwa 0,6 km Breite, wobei einige unmittelbar oberhalb des Stauwehres gelegene Stromschnellen verschwinden und deren Gefälle dem Kraftwerke zugute kommen. Hinter den Uferdämmen befinden sich auf beiden Ufern selbsttätige Pumpenanlagen, die das hinter den Staudämmen sich ansammelnde Sicker- bzw. Regenwasser in den Stauweiher befördern.

Beim Ausbau des Kraftwerkes ist nicht das ursprüngliche Strombett zum Zu- und Ableiten des Wassers benutzt worden, sondern zu diesem Zweck sind auf der östlichen Seite der Hauptstromschnelle, unterhalb deren der Wuoksen ein scharfes Knie bildet, das Kraftwerk mit zugehörigen Werkkanälen derart angelegt, daß die Achse dieser Kanäle das Knie in einer Geraden abschneidet. Sowohl der Oberwasserkanal als auch der Unterwasserkanal haben eine Länge von je rd. 400 m und sind für eine Wassermenge von 800 m³/s berechnet, d. h. sie sind so ausgeführt, daß sie dem vollständigen Ausbau des Werkes entsprechen und folglich keiner Erweiterung mehr bedürfen. Der Oberwasserkanal hat eine Breite von 85 m und eine Wassertiefe von 5,4 m, während der Unterwasserkanal rd. 30 m breit ist und einen mittleren Querschnitt von etwa 300 m² hat.

Das Maschinenhaus, dessen erster Ausbau Platz für 4 Maschinensätze bietet, liegt quer zum Oberwasserkanal und hat eine Länge von 74 m und eine Höhe von 47 m, gerechnet von der Sohle des Unterwasserkanals bis zum Dachgiebel (Abb. 4). Das Maschinenhaus besteht aus zwei Hauptteilen, dem unterwasserseitigen Teil, in dem die Turbinen und Generatoren nebst verschiedenen Hilfsmaschinen untergebracht sind, und dem oberwasserseitigen Teil, der sog. „Lukenhalle", in der sich die Abschlußorgane der Turbinenkammern und deren Windwerke nebst Antrieben befinden (Abb. 5). Den Maschinensaal selbst zeigt Abb. 6.

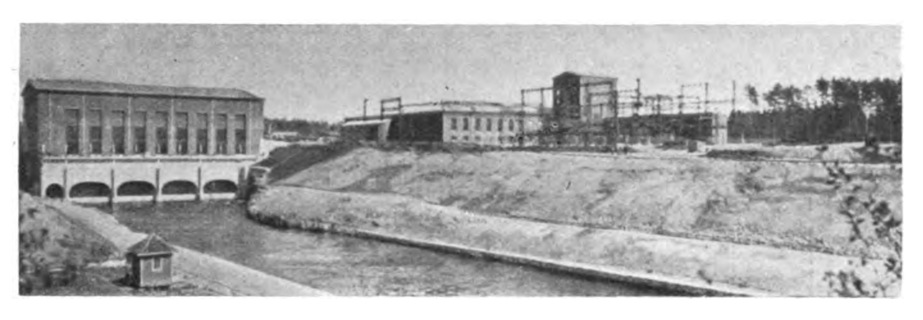


Abb. 4. Maschinenhaus und Schaltanlagen, von der Unterwasserseite gesehen.

Die Turbinen sind Einfach-Francisturbinen mit vertikaler Welle und haben eine Leistung von 27 000 PS bei einer Umdrehungszahl von 125 U/min. Die Regelung der Turbinen erfolgt in üblicher Weise durch Servomotoren und mit Riemen angetriebene Zentrifugalpendel, wobei

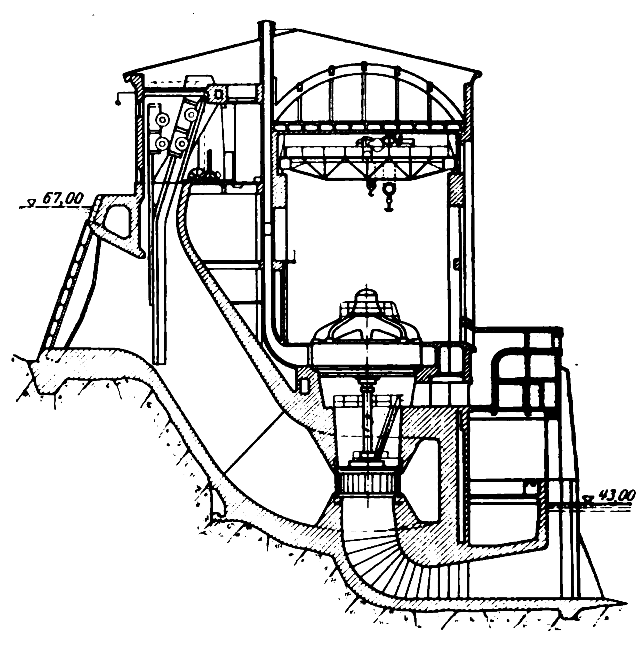


Abb. 5. Maschinenhaus im Schnitt.

die Vorkehrungen so getroffen sind, daß beim eventuellen Abspringen des Riemens bzw. bei Riemenbruch der Maschinensatz nicht abgestellt wird, sondern der Servomotor in seiner innegehabten Lage verriegelt und der Maschinenwärter durch ein akustisches Signal auf die Störung aufmerksam gemacht wird. — Die Turbinen sind mit direkt aufgebauten Drehstrom-Generatoren gekuppelt, deren Spannung 10 000 ... 11 000 V bei 50 Hz beträgt. Der Generator ist so aufgestellt, daß die obere Ständerkante sich in Höhe des Maschinensaal-Fußbodens befindet (Abb. 5). Um den Ständer herum ist ein Luftkanal angeordnet, in dem die vom Generator erwärmte Kühlluft aufgesammelt und nachher durch einen besonderen Luftschacht ins Freie abgeleitet wird. Im Winter wird die erwärmte Kühlluft durch ein besonderes System von Schiebern und Türen der Luken- und Maschinenhalle zugeführt oder teilweise mit der aus dem Freien eingesogenen kalten Luft im Geschoß unterhalb des Stators vermengt und dem Generator wieder zugeführt. — Die Turbinen haben je ein Lager, das sich direkt auf dem Turbinendeckel befindet. Die Generatoren dagegen haben je zwei Halslager und ein auf dem oberen Armkreuz angebrachtes, als Segmentlager ausgeführtes Traglager, das sowohl das Gewicht der rotierenden Teile des Maschinensatzes als auch die vom Wasserdruck herrührende axiale Belastung aufzunehmen hat.

Das Abbremsen der Maschinen beim Abstellen erfolgt zunächst elektrisch und nachher, wenn eine gewisse Drehzahl erreicht ist, mechanisch mittels hydraulischer Bremsen, bis die Maschine zum Stillstand gebracht ist.

Den Erregerstrom liefern direkt aufgebaute Erregermaschinen, die ihren Erregerstrom wiederum von einer von einem Asynchronmotor angetriebenen Hilfserregerdynamo erhalten, da die Stromstärken der Haupterregermaschinen von den Schnellreglern nicht bewältigt werden können.

Die Energie der Generatoren wird mittels Erdkabel zu den Transformatoren und Schaltanlagen weitergeleitet. Nur ein geringer Teil wird über Drosseln und Transformatoren schon im Maschinenhause den Generatoren entnommen und zum Antrieb der Kompressoren, der Regler sowie



der Hilfserregermaschinen benutzt. Zu jedem Generator gehört je ein 24 000 kVA-Drehstrom-Transformator, der ohne zwischenliegenden Schalter an den Generator angeschlossen ist. Wie bereits erwähnt, haben die Haupttransformatoren eine Leistung von 24 000 kVA und eine Übersetzung von 11 000/121 000 V. Sie sind als Kerntransformatoren ausgeführt und mit in Stern-Dreieck geschalteten Zylinderwicklungen versehen. Ein Generator bildet mit

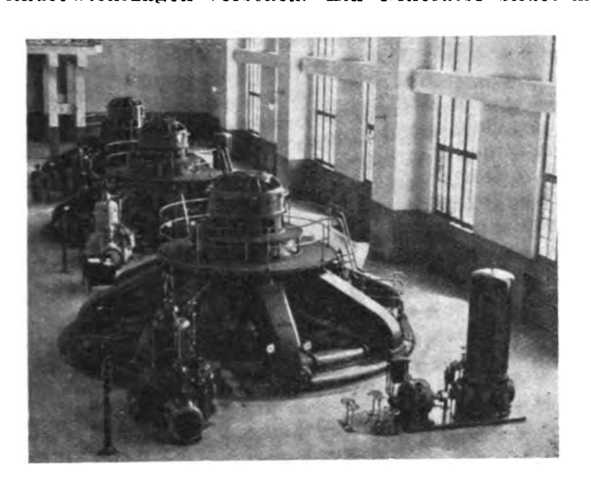


Abb. 6. Maschinensaal.

zugehörigem Transformator eine gemeinsame Gruppe, die auf der 120 kV-Seite mittels Ölschalter an die 120 kV-Sammelschienen angeschlossen wird. Jede Generator-Transformatorgruppe ist mit Differentialschutz, Überstrom- und Überspannungsschutz versehen.

Die 120 kV-Schaltanlage ist als Freiluftanlage ausgeführt und mit einem Doppelsammelschienen- und außerdem mit einem Hilfsammelschienen-System ausgerüstet (Abb. 7). Durch diese Anordnung wird erreicht, daß jeder beliebige Ölschalter jederzeit außer Betrieb genommen und durch den Kuppelschalter ohne Stromunterbrechung ersetzt werden kann. Von den 120 kV-Sammelschienen zweigen die abgehenden Fernleitungen ab.

Zwei der Generatoren sind auch an ein 11 kV-Doppelsammelschienen-System angeschlossen. An dieses Schienensystem, das besonders zur Deckung des lokalen Energiebedarfes vorgesehen ist, sind je zwei 400 kVA- und zwei 3000 kVA-Transformatoren angeschlossen, die die Maschinenspannung auf 22 kV bzw. 35 kV umspannen. Ferner sind an die 11 kV-Sammelschienen zwei 1000 kVA-Transformatoren mit einer Übersetzung von 11/3,3 kV angeschlossen. Mittels zweier 300 kVA-Transformatoren wird die Spannung von 3,3 kV für Kleinmotoren und Beleuchtungszwecke auf 380/220 Volt herabgesetzt.

Sämtliche vorerwähnten Mittelvoltanlagen sind mit Doppelsammelschienen-Systemen ausgerüstet und in einem gemeinsamen Schaltgebäude untergebracht. Die Schaltanlagen sind nach dem Hallensystem mit versenkt eingebauten Ölschaltern ausgeführt.

Im Schaltgebäude sind in einer besonderen Maschinenhalle drei Umformersätze untergebracht, die auf der Drehstromseite mit Synchronmaschinen ausgerüstet sind. Einer der Umformer, dessen Leistung 180 kVA beträgt, dient als Reserve-Erregermaschine und die beiden anderen von je 200 kVA Leistung zur Aufladung einer 600 Ah-Akkumulatorenbatterie, die ebenfalls in einem besonderen Raum im Schaltgebäude untergebracht ist. Diese Batterie liefert den erforderlichen Gleichstrom für die Antriebe der Wehrwalzen, des Sektors, der Turbinenschütze und für die Notbeleuchtung.

Sämtliche Ölschalter sind mit elektrischem Motorantrieb versehen, wogegen fast alle Trennschalter für Handbetätigung ausgeführt sind. Die Betätigung der Ölschalter erfolgt vom Kommandoraume aus. Sämtliche Schalter sind mit Stellungszeigern versehen, die im Zusammenhang mit einem Betriebschaltbild nebst den Kontaktgebern und Signallampen der Ölschalter auf Schaltpulten angeordnet sind. Der Kommandoraum liegt ebenfalls im Schaltgebäude und ist räumlich so angeordnet,

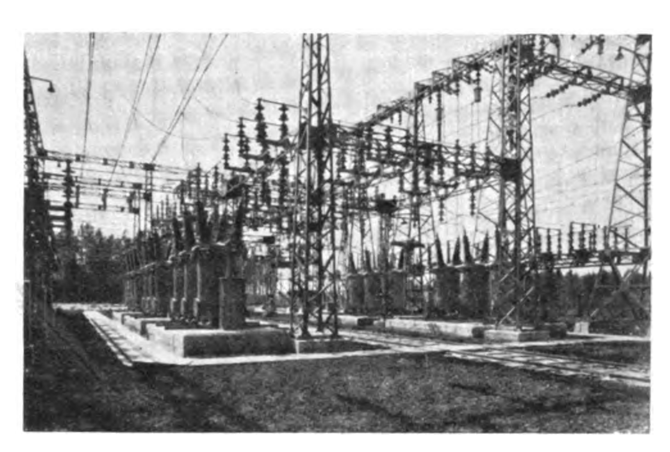


Abb. 7. Teil der 120 kV-Freiluftanlage.

daß das Bedienungspersonal vom Fenster aus die gesamte 120 kV-Freiluftschaltanlage gut überblicken und an Hand eines Schaltbildes in axonometrischer Darstellung auszuführende Schaltungen verfolgen kann (Abb. 8).

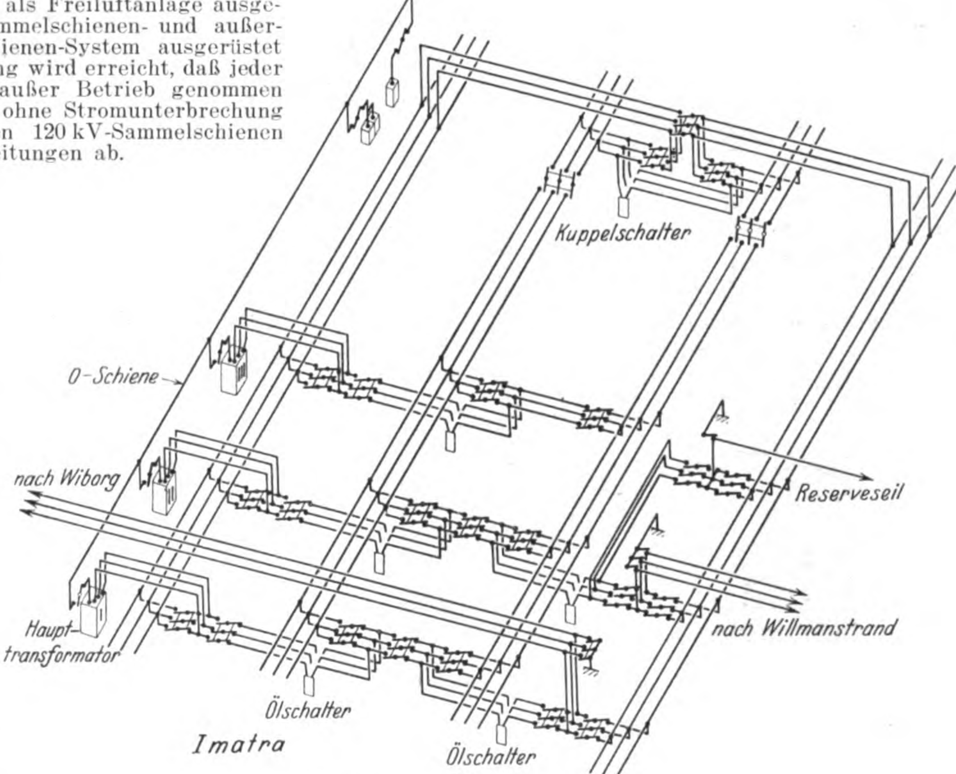


Abb. 8. Axonometrisches Schaltbild.

Im Kommandoraum sind außer den Instrumententafeln und Betätigungspulten der Generatoren, Transformatoren, Hilfskraftmaschinen und Fernleitungen auch auf besonderen Apparatetafeln die Schnellregler untergebracht. Außer der Werkstätte und Ölküche befinden sich im Schaltgebäude noch die Büro- und Laboratoriumsräume.

Die Fernleitungen.

Wie erwähnt wird die Energie in den 24 000 kVA-Haupttransformatoren auf 120 kV umgespannt und mit dieser Spannung mittels Fernleitungen zu den Unter-

werken weitergeleitet. Es sind zwei Hauptübertragungsleitungen ausgebaut worden, von denen die eine sich nach der im östlichen Teil des Landes gelegenen Stadt Wiborg und die andere durch Südfinnland über Willmanstrand nach Hikiä erstreckt, um sich dort in zwei Abzweigen, von denen der eine nach Helsingfors und der andere über Forssa nach Åbo führt, zu verzweigen. Ferner befindet sich noch eine 120 kV-Fernleitung von Helsingfors nach Wirkby im Bau (Abb. 1).

Die Längen der einzelnen Leitungsstrecken sind folgende: Imatra—Wiborg 53 km, Imatra—Hikiä 220 km, Hikiä—Helsingfors 60 km, Hikiä—Åbo 160 km und Helsingfors—Wirkby 60 km. Auf der Leitungsstrecke Imatra—Wiborg ist als Leitungsmaterial Stahl-Aluminium-Seil, welches seinen Eigenschaften nach einem Kupferseil von 35 mm² Querschnitt äquivalent ist, benutzt worden. Die übrigen Leitungen sind alle mit Kupferseilen ausgerüstet, wobei auf der Strecke Imatra—Hikiä, welche später als Doppelleitung ausgeführt wird, vorläufig nur 4 Leiter von 150 mm² Querschnitt aufgehängt sind. Die Leitungsstrecken Hikiä—Helsingfors und Hikiä—Åbo sind in gleicher Weise ausgeführt, nur mit dem Unterschiede, daß hier 95 mm²- bzw. 120 mm²-Seile benutzt wurden. Auf der Strecke Helsingfors—Wirkby kommen Seile mit 70 mm² Querschnitt zur Verwendung.

Die Leitungsmaste sind von dem Erbauer des Kraftwerkes, dem Staatlichen Wasserkraftamt, entworfen worden und bei der Durchbildung derselben sind alle durch die außergewöhnlichen klimatischen Verhältnisse bedingten Umstände berücksichtigt worden. Es sei hier nur erwähnt, daß sämtliche Gittermaste portalartig ausgebildet sind, wobei eine als Rahmenbinder ausgeführte Traverse von Pendelständern getragen wird, die auf Gelenken gelagert sind. Die Verbindung zwischen der Traverse und den Pendelständern erfolgt ebenfalls durch Gelenke. Die ganze Mastkonstruktion wird mittels rundeiserner Kreuzverbände versteift. Die Maste sind mit besonderen Schutzseilen ausgerüstet, damit u. U. beim Herabfallen eines Leiters die Kreuzverbände nicht beschädigt werden (Abb. 9). Auf der Leitungsstrecke Imatra—Wiborg sind

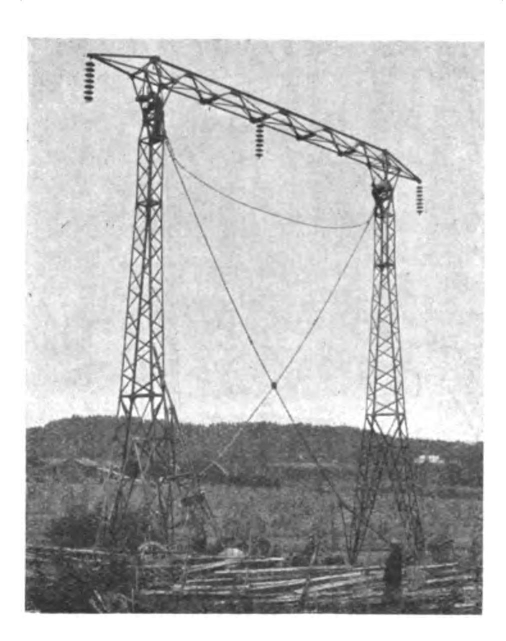


Abb. 9. Tragmast für die Fernleitung nach Westfinnland.

die Traversen der Tragmaste nicht als Fachwerkkonstruktion, sondern als Rohre aus Eisenblech ausgeführt. Die Leitungsmaste haben aufgeteilte Fundamente aus armiertem Beton und das Volumen derselben beträgt bei den Abspannmasten rd. 12 m³ und bei den Tragmasten rd. 6 m³. Die Form der Fundamente ist obeliskenartig, mit einer unten anschließenden Grundplatte.

Bei der im Bau befindlichen Leitung Helsingfors—Wirkby werden ebenfalls Gittermaste verwendet, wobei die Konstruktion der Maste leichter ausgeführt ist als bei den vorerwähnten Hauptleitungen und grundsätzlich von der früher beschriebenen Konstruktion dadurch abweicht, daß die Maste selbst in der Leitungsrichtung mit Stahlseilen am Erdboden verankert werden (Abb. 10). Besonders interessant bei dieser Leitungsstrecke ist, daß nur Tragmaste und gar keine Abspannmaste im üblichen Sinne vorhanden sind. Nur an Weg- und Bahnkreuzungen sind Abspannmaste verwendet worden.

Die Spannweiten sind bei den Leitungen nach Westfinnland 250 ... 300 m und auf der Leitungsstrecke Imatra—Wiborg 225 ... 250 m.

Als Seilverbinder wurden für sämtliche Leitungen sogenannte „Stoßverbinder" benutzt. Auch die Abspannklemmen sind auf den Hauptstrecken nach dem gleichen System ausgeführt und auf Anregung des Wasserkraftamtes konstruiert worden. Als Erdungsseile sind 50 mm²-Stahlseile benutzt worden, welche an der oberen Kante der Traverse befestigt sind.

Die Leitungseile sind an Isolatorenketten aus Porzellan aufgehängt; es gelangten hauptsächlich V-Ringisolatoren normaler Größe zur Verwendung. Die Gliederzahl ist bei den Tragketten 7 und bei den Abspannketten 8. Auf der Leitungsstrecke Hikiä—Åbo wurden die Abspannketten mit viergliedrigen Motorisolatoren ausgerüstet.

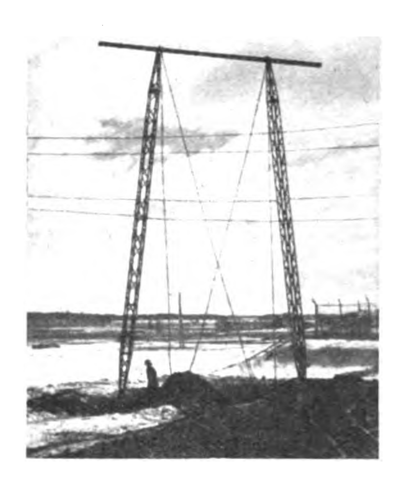


Abb. 10. Mast auf der Strecke Helsingfors—Wirkby.

Die Unterwerke.

In den Unterwerken wird die 120 kV-Übertragungspannung auf 35 kV bzw. 10 kV umgespannt und die Energie direkt an die Abnehmer abgegeben. Beim Aufbau der Unterwerke sind in der Hauptsache die gleichen Gesichtspunkte maßgebend gewesen wie bei den Schaltanlagen des Kraftwerkes selbst. Auch hier sind die 120 kV-Anlagen als Freiluftanlagen und die Mittelvoltanlagen in Schalthäusern nach dem Hallenbausystem ausgeführt. Besonders wurde darauf geachtet, daß die verschiedenen Unterwerke möglichst einheitlich ausgeführt wurden.

Vorläufig sind fünf Unterwerke errichtet worden, u. zw. in Wiborg, Willmanstrand, Hikiä, Helsingfors und Åbo. Das Unterwerk in Wirkby befindet sich noch im Bau. Von den vorerwähnten Unterwerken sind die in Helsingfors und Åbo die größten und sind mit je zwei 10000 kVA-Drehstrom-Transformatoren ausgerüstet. Diese Transformatoren sind als Kerntransformatoren für Freiluftmontage ausgeführt und mit drei Wicklungen für 120, 35 und 6,6 kV versehen. Die dritte Wicklung für 6,6 kV ist ausschließlich für die synchronen Phasenkompensatoren, von denen in Åbo zwei Stück von je 7500 kVA aufgestellt sind, vorgesehen. In dem Unterwerk Helsingfors ist diese Wicklung noch unbenutzt, weil die Regelung der Phasenverschiebung vorläufig mit den Generatoren des städtischen Elektrizitätswerkes Helsingfors vorgenommen wird. In Wiborg, Willmanstrand und Hikiä sind je vier Einphasentransformatoren von je 2000 kVA aufgestellt. Der vierte Transformator dient als Reserve und kann jederzeit während des Betriebes als Ersatz für einen anderen eingeschaltet werden. Die Transformatoren sind ebenfalls im Freien aufgestellt und auf der 35 kV-Seite mit Stufenschaltern ausgerüstet, die bei Belastung eine weitgehende Regelung der Spannung gestatten. Sowohl diese Stufenschalter als auch die Ölschalter werden vom Kommandoraum aus mit elektrischer Fernsteuerung betätigt.

Mittels einer Hochfrequenztelephonie-Anlage sind das Kraftwerk in Imatra, die Unterwerke und das Hauptbüro in Helsingfors in der Lage, sich miteinander beliebig zu verständigen.

Verfahren zur Ermittlung von Dauerkurzschluß-Stromstärken in Netzen.

(Eine Zusammenstellung.)

Von Dipl.-Ing. **Wolfgang Flade**, Leipzig.

Übersicht. Nach der vom VDE durchgeführten Normung eines genauen Verfahrens zur Kurzschlußberechnung, das alle Bedürfnisse weitgehend befriedigt, kann die Frage im gewissen Sinne als gelöst betrachtet werden. Die vorliegende Abhandlung verfolgt den Zweck, einen Rückblick auf den Weg zu geben, den Forschung und Entwicklung nahmen.

Nach Festlegung eines Verfahrens durch die Kommission für Wechselstrom-Hochspannungschaltgeräte[1] wird eine Übersicht über verschiedene rechnerische und zeichnerische Verfahren willkommen sein, damit man sich in Kürze über die umfangreiche Literatur informieren kann, die die Grundlage für diese Festlegung abgegeben haben mag.

Die in dem Aufatz verwendeten Bezeichnungen bedeuten:

- E Spannung im Stator- (Außen-) Kreis des Generators, verkettete Spannung [V],
- E_0 Spannung der Maschine bei Vollasterregung und Leerlauf [V],
- E_s Streuspannung [V],
- e_T Kurzschlußspannung des Transformators in % der Betriebspannung,
- I_n Normalstromstärke, Nennstromstärke [A].
- I_d Dauerkurzschluß-Stromstärke des Generators bei Vollasterregung, normalem $\cos\varphi$ und normaler Drehzahl [A],
- I_{d_0} Dauerkurzschluß-Stromstärke bei Klemmenkurzschluß und Vollasterregung,
- I_k Dauerkurzschluß-Stromstärke bei Leerlauferregung [A],
- N Leistung: $N = \frac{\sqrt{3}}{1000} E\,I$ [kVA],
- z_{G_d} Generatorimpedanz für Dauerkurzschlußstrom [Ω],
- z_a Ankerreaktanz,
- z_s Streureaktanz,
- z Impedanz angeschlossener Leitungen und Apparate [Ω]
- r Ohmscher Widerstand der durchflossenen Strombahnen [Ω],
- S, L Induktivität [H] der Maschine, der angeschlossenen Apparate und Leitungen,
- u relative Spannung, bezogen auf die Nennspannung,
- v relative Erregerstromstärke, bezogen auf Leerlauferregung,
- a numerische Kurzschlußentfernung[2],
- c Faktor der Spannung, $c = 1,0 \dots 1,4$,
- f Frequenz des Wechselstromes, 50 Hz,
- ω Kreisfrequenz, $\omega = 2\pi f$,
- ε_s Streuung in %,
- k Koeffizient von Foerster.

Im folgenden wollen wir uns nur mit dem Dauerkurzschlußstrom befassen. Bei diesem tritt nach dem Abklingen der Extraströme praktisch Sinusform ein, was die Anwendung der üblichen Rechenmethoden mit Effektivwerten ermöglicht. Eine große Schwierigkeit bietet bei allen rechnerischen Verfahren die Berücksichtigung der Form der Magnetisierungskennlinie.

In nicht allzu ausgedehnten Netzen kann die Spannung als konstant und gleich der Nennspannung des Kraftwerks angesehen werden. Man rechnet im allgemeinen damit, daß die Regler die Spannung auf den Betrag der Leerlaufspannung E_0 heraufzusetzen suchen und nimmt E_0 um 40 % höher an als die Betriebspannung E. Unter derselben Bedingung kann meist der Ohmsche Widerstand gegenüber dem induktiven vernachlässigt werden. Den gesamten bei Klemmenkurzschluß auftretenden Spannungsabfall im Inneren des Generators (einschließlich der Ankerrückwirkung) denkt man sich durch die sog. Generatorimpedanz z_G hervorgerufen. Den angegebenen Formeln liegt Sternschaltung zugrunde; Umrechnungsformeln für Transformatoren finden sich in den R.E.H.[3].

[1] Anhang zu den Regeln für die Konstruktion, Prüfung und Verwendung von Wechselstrom-Hochspannungschaltgeräten (R.E.H.), ETZ 1929, S. 242 u. 279. — Über die Begründung der im Anhang zu den R.E.H. gegebenen Berechnungsweise werden in der ETZ anfangs nächsten Jahres mehrere Aufsätze veröffentlicht werden.

[2] Vgl. ETZ 1929, S. 245.

[3] ETZ 1929, S. 244 u. 245.

1. Der dreiphasige Kurzschluß.

Der beim dreiphasigen Kurzschluß auftretende Dauerkurzschlußstrom soll als weitaus wichtigster zunächst ausschließlich behandelt werden. Für Überschlagsrechnungen wird vom VDE der Wert $I_d = 3\,I_n$ vorgeschlagen, ein Betrag, der bei Berücksichtigung der VDE-Vorschriften (R.E.M.) beim Bau großer Generatoren nicht überschritten werden könne. Das überstrichene Gebiet wird meist mit $I_d = 1,5 \dots 3\,I_n$ oder $I_d = 1,4 \dots 2,8\,I_n$ angegeben.

Verfahren von BBC.

Jeder Berechnung von Kurzschlußstromstärken liegt das Ohmsche Gesetz zugrunde; auf dessen einfachste Form ist das Verfahren von BBC aufgebaut[4]. Die Verfasser gehen von der normalen Generator-EMK aus und schreiben

$$I_d = \frac{\frac{E}{\sqrt{3}}}{z_{G_d}}.$$

Ist der Generator über Widerstände kurzgeschlossen, so treten weitere Reaktanzen im Nenner hinzu:

$$I_d = \frac{\frac{E}{\sqrt{3}}}{z_{G_d} + z}.$$

Verfahren von Panzerbieter.

Panzerbieter[5] geht einen Schritt weiter und entwickelt ein Rechenverfahren, das sich von dem eben erwähnten nur durch die Hinzufügung eines Faktors c zur Spannung E unterscheidet, der die ungünstige Wirkung der Schnellregler berücksichtigen soll. Je nach der Größe der Impedanzen zwischen Kraftwerk und Störungsstelle soll der Wert c zwischen 1 und 1,4 schwanken.

Verfahren R.E.H.

Der Entwurf zu den R.E.H.[6] erweitert den Nenner zur vollständigen Reaktanz

$$\sqrt{(z_{G_d} + z)^2 + r^2}.$$

Die Kommision gibt mit dieser Gleichung die vereinfachte Form von Resultaten Biermannsscher Untersuchungen[7]. Im allgemeinen bedeutet die Berücksichtigung des Ohmschen Widerstandes bei normalem $\cos\varphi$ gegenüber der Ungenauigkeit der bisher angeführten Formeln eine unangebrachte und kaum lohnende Verbesserung. Zur Überschlagsrechnung empfiehlt auch der VDE die Vernachlässigung der Ohmschen Widerstände:

$$I_d = \frac{\frac{1,4\,E}{\sqrt{3}}}{z_{G_d} + z}.$$

Im Anhang zu den R.E.H.[8] finden sich Gleichungen, die einen ähnlichen Aufbau aufweisen. Nur die Berechnung der Maschinenreaktanzen zeigt Abweichungen:

$$I_d = \left(\frac{I_d}{I_k}\right)\frac{\frac{E}{\sqrt{3}}}{z_a + z_s + z} = \left(\frac{I_d}{I_k}\right)\frac{\frac{E}{\sqrt{3}}}{z_a + a\,z_s}.$$

Allen angeführten rechnerischen Verfahren liegt eine geradlinige Ersatzcharakteristik (sog. Charakteristik der ungesättigten Maschine) zugrunde. Die zuletzt angeführte Formel gilt angeblich für eine Ersatzgerade durch den Ursprung und den Punkt normaler Betriebspannung bei Leerlauferregung, also für eine verhältnismäßig steil verlaufende Linie. Zu genauerer Ermittlung der Ströme kann ein verbessernder Kurzschlußfaktor k hinzutreten, der einer Tafel zu entnehmen ist; er gleicht die Unterschiede der Werte von I_d aus, die durch die Einführung der für die Rechnung unerläßlichen Ersatzgeraden im Gegensatz zur Charakteristik entstehen. Die sich hierbei ergebenden Näherungswerte sind sehr gut, die Lage der Ersatzgeraden entspricht aber nicht der Gleichungsform.

[4] BBC-Mitt. Baden Bd. 7, S. 31 u. 70.

[5] Panzerbieter, Siemens-Z. Bd. 2, S. 436 u. 592.

[6] ETZ 1923, S. 997.

[7] Biermanns, ETZ 1919, S. 593, 612, 633, 648. Arch. El. Bd. 8, S. 278.

[8] ETZ 1929, S. 280.

Verfahren von Biermanns.

Biermanns[9] legt die Ersatzgerade durch den Punkt der Leerlaufspannung und den Nullpunkt, was bei Anwendung der Gleichungsform

$$I_d = \frac{\frac{E_0}{\sqrt{3}}}{\sqrt{z^2 + r^2}}$$

ebenfalls unzulässig erscheint. Foerster (s. u.) zeigt die analytisch zutreffende Lage der Ersatzgeraden.

Verfahren von Rüdenberg.

Unbestritten die genauesten Werte der Dauerkurzschluß-Stromstärken ergibt das zeichnerische Verfahren von Rüdenberg[10], weil dabei der Kennlinienverlauf volle Berücksichtigung erfährt. In die Leerlaufcharakteristik $E = f(I_{err})$ wird vom Vollasterregungspunkt (vgl. Abb. 1) aus rückwärts die Kurzschlußcharakteristik unter einem Winkel α aufgetragen:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E_{s_0}}{I_{d_0}} = \omega S \text{ bzw. } \operatorname{tg} \alpha = \frac{E_s + E}{I_d} = \omega S + \omega L.$$

Der Schnittpunkt beider Kennlinien ergibt den wirklichen Arbeitspunkt des Systems. Bei Klemmenkurzschluß ($\omega L = 0$) erreicht der Strom seinen Höchstwert, die Spannung einen Wert E_{s_0}, der dem Wert der Streuspannung E_s bei Normalstrom im Potierschen Dreieck entspricht. Rüdenberg hat an gleicher Stelle auch ein Verfahren für Vorbelastung ausgearbeitet, welches die Scheidung des Gesamtstroms in Nutz- und Kurzschlußstrom bei jedem beliebigen Netzkurzschluß festzustellen gestattet. Durch eine einfache rechnerische Verbesserung ist es möglich, auch Ohmsche Widerstände zu berücksichtigen, d. h. mit diesem Verfahren ist jede zeichnerisch mögliche Genauigkeit zu erzielen. Für genauere Bestimmungen hat die Kommission für Hochspannungschaltgeräte[11] dieses Verfahren prinzipiell übernommen.

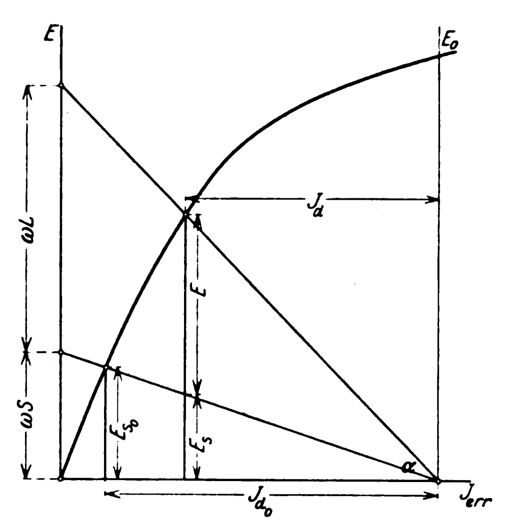


Abb. 1. Verfahren von Rüdenberg.

Verfahren von Foerster.

Das zeichnerische Verfahren von Rüdenberg gab Foerster[12] Anlaß zur Aufstellung und Begründung eines besseren rechnerischen Näherungsverfahrens. In Entwicklung des Verfahrens von Panzerbieter stellt er grundlegend fest, daß die Ersatzcharakteristik (Ersatzgerade) nicht durch den Nullpunkt, sondern durch den Klemmenkurzschlußpunkt als unteren Punkt zu legen ist. Diese Behauptung wird durch eine Nachrechnung bewiesen. Durch Verlegung des oberen Punktes von E_0 nach $k E_0$ auf einer Parallelen zur Ordinate E versucht Foerster eine noch engere Anschmiegung der Ersatzgeraden an die Kennlinie. Diese Verlegung begründet er mit dem Hinweis darauf, daß die Charakteristik meist nur in dem Gebiet unterhalb des Knies zur Ermittlung von Kurzschlußströmen gebraucht werde. Der Abstand Kennlinie — Ersatzkennlinie ist bei diesem letzten Näherungsverfahren am geringsten, der begangene Fehler zwischen wahrer und errechneter Stromstärke sehr klein. Die entsprechende Gleichung lautet

$$I_d = \frac{\frac{k E_0}{\sqrt{3}}}{k z_G + z}.$$

Ich will versuchen, dem Leser die analytische Darstellung dieser Gleichung durch eine elementare Beweisführung noch deutlicher zu machen (vgl. Abb. 2).

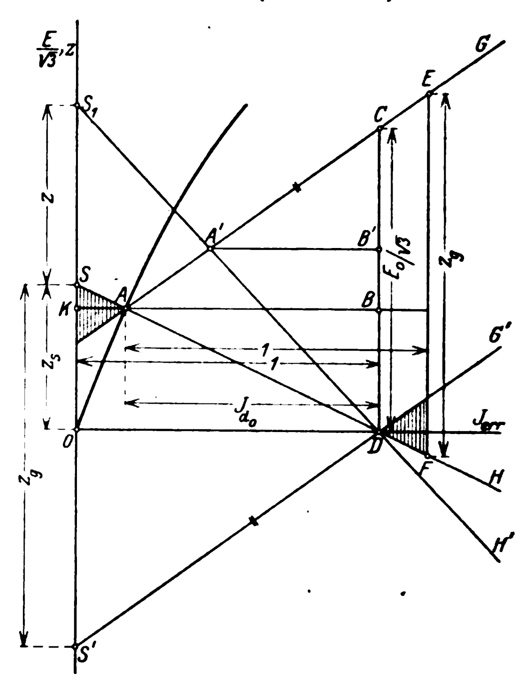


Abb. 2. Lage der Ersatzkennlinie nach Foerster.

Die Verhältnisse bei Klemmenkurzschluß eines Generators sind durch die Gleichung

$$z_G = \frac{\frac{E_0}{\sqrt{3}}}{I_{d_0}} \quad \text{(1)}$$

dargestellt. z_G bezeichnet man als „synchrone Reaktanz" oder einfach (Generator-)Reaktanz (reine Rechengröße!), $\frac{E_0}{\sqrt{3}}$ sei die Leerlaufspannung, I_{d_0} der Klemmenkurzschlußstrom des betrachteten Generators. In A (Abb. 2) schneiden sich zwei Gerade G und H. Zwei einander parallele Gerade im Abstande I_{d_0} und 1 vom Punkte A (senkrecht zum Strahl von A) werden von G und H geschnitten; die entstehenden Strecken zwischen G und H heißen $CD = \frac{E_0}{\sqrt{3}}$ und $EF = z_G$. Man erkennt die Proportion

$$\frac{\frac{E_0}{\sqrt{3}}}{I_{d_0}} = \frac{z_G}{1}.$$

Die Strecke 1 stellt eine Widerstandseinheit dar. Durch Punkt D wird eine Parallele G' zu G gelegt. Die Strecke 1 werde nun von B aus über A hinaus angetragen (Endpunkt K). Ein Lot auf BAK in K schneidet H in S, eine Parallele zu BAK durch D in O und G' in S'. Die Strecke SS' stellt wiederum die synchrone Reaktanz z_G dar (Gleichheit der schraffierten Dreiecke). Bezeichnet man die Strecke BD mit E_{s_0} (für Vollast; Potiersches Dreieck, entspricht der Streuspannung bei Normalstrom) und schreibt

$$\frac{\frac{E_{s_0}}{\sqrt{3}}}{I_{d_0}} = z_s, \quad \text{(2)}$$

so wird z_s im gleichen Maßstab wie z_G durch die Strecke OS dargestellt (z_s sog. Streureaktanz). Bei Netzkurzschluß treten außer z_G (bzw. z_s) noch weitere Widerstände auf. Es liegt dann etwa die Gleichung

$$I_d = \frac{\frac{E_0}{\sqrt{3}}}{z_G + z} \quad \text{(3)}$$

[9] Biermanns, Überströme in Hochspannungsanlagen, S. 259. Verlag Julius Springer, Berlin 1926.

[10] Rüdenberg, Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken. Verlag Julius Springer, Berlin 1925.

[11] Anhang zu den R.E.H., ETZ 1929, S. 279.

[12] F. Foerster, ETZ 1926, S. 1104.

vor. Von S aus wird auf der Geraden durch SOS' der Widerstand $z = SS_1$ nach oben angetragen. Die Gerade H erhält die neue Lage H' durch S_1 und D, hat also eine Drehung um Punkt D ausgeführt und schneidet die Gerade G im Punkte A'. Eine Parallele zu AB durch A' schneidet CD in B'. Die Richtigkeit der analytischen Proportion für Gl. (3)

$$\frac{A'B'}{CD} = S'S_1$$

kann in derselben Weise wie bei Gl. (1) nachgewiesen werden. Die Strecken z werden oft als Vielfache von z_s betrachtet. Dementsprechend wird die Summe

$$z_s + z = a\,z_s$$

vom Nullpunkte O des Systems (Spannung, Erregerstrom) aus direkt angetragen.

Verfahren von Ruschowy.

Eine fortlaufende graphische Bestimmung der Dauerkurzschlußstromstärken längs des ganzen Netzes entwickelte Ruschowy[13]. An Hand des einfachen Rüdenbergschen Diagramms zeigt er zunächst die Entstehung der sog. Belastungskennlinien, die er durch Gerade ersetzt. Durch deren Schnittpunkt mit sog. Abfallgeraden (entsprechend den Hypotenusen der Kurzschlußdreiecke für Netzkurzschluß oder Generatorkurzschluß) erhält man die Höhe der Kurzschlußströme an der Störungsstelle und die dazugehörige Kraftwerkspannung durch Horizontal- und Vertikal-Achsenabstände. Dieses Verfahren eignet sich besonders zur graphischen Erfassung mehrfach gespeister Netze.

Einfluß der Netzform.

Biermanns und andere erwähnen die Ermittlung der Kurzschlußstromstärken mittels eines sog. Netzmodells, ein Verfahren, das namentlich für verzweigte und rechnerisch schwer zu erfassende Netzsysteme angewandt wird. Die in Frage kommenden Leitungen werden in entsprechendem Maßstab nachgebildet und mit elektrischen Eigenschaften (ωL, R) versehen. Bei Anlegen geeigneter Spannung läßt sich die Stromstärke der Kurzschlußströme an jeder beliebigen Stelle des Netzmodells messen. Der Betrieb des Modells kann bei Verwendung nur Ohmscher Widerstände auch mit Gleichstrom erfolgen.

2. Der zweipolige Kurzschluß.

Neben dem dreipoligen kommt auch dem zweipoligen Dauerkurzschlußstrom Bedeutung zu, während der einpolige nach den Ansichten der meisten Verfasser (Rüdenberg, Ollendorff, VDE) normalerweise gänzlich zurücktritt.

Die Genauigkeit der zeichnerischen Ermittlung ist auch hierbei allen rechnerischen Verfahren um vieles voraus. Rüdenberg gibt den einfachsten Weg an, der auch für die Aufstellung der Regeln maßgebend gewesen ist. Der Betrag des Streuwiderstandes z_s im Diagramm ist zu verdoppeln. Die nun steiler verlaufende Kurzschlußkennlinie schneidet die Leerlaufkennlinie an einem Punkte höherer Spannung und — scheinbar — geringerer Stromstärke. Zur Bestimmung der wahren Größe von $I_{d(2)}$ ist der Diagrammwert — aus Gründen der Anordnung der am Kurzschluß beteiligten Wicklungen — mit $\sqrt{3}$ zu multiplizieren. Rüdenberg bemerkt nebenbei, daß der zweipolige Kurzschlußstrom im Mittel das 1,5fache des dreipoligen beträgt, die R.E.H.[14] geben das Verhältnis beider Stromstärken zu 1,3 an. Der Anhang zu den R.E.H.[15] gibt außerdem noch Gleichungen zur rechnerischen Ermittlung zweipoliger Dauerkurzschlußströme. Genau wie beim dreipoligen Kurzschluß dient eine Formel

$$I_{d\,(2)} = \left(\frac{I_d}{I_k}\right) \frac{E}{z_a + 2\,a\,z_s}$$

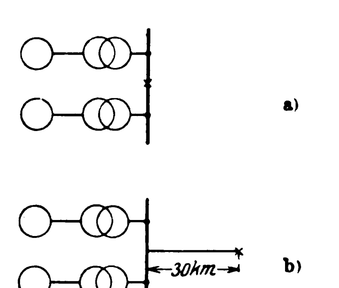
(für die ungesättigte Maschine) zur angenäherten Berechnung, deren Ergebnis durch Hinzunahme des Faktors k nachträglich verbessert werden kann.

3. Rechenbeispiele.

Aus naheliegenden Gründen ist mir die Durchführung einer weitergehenden Rechnung hier unmöglich. Ich wählte drei der einfachsten Fälle (Abb. 3), um die Genauigkeit der angeführten Verfahren daran nachzuprüfen:

Fall a) Sammelschienenkurzschluß,
Fall b) einseitig gespeister Netzkurzschluß,
Fall c) doppelseitig gespeister Netzkurzschluß.

Die Speisung versieht eine kleine Kraftstation von $N = 30\,000$ kVA Leistung. Zwei gleiche Generatoren arbeiten über Transformatoren auf Sammelschienen. Die Transformatoren spannen von 6000 V auf 50 000 V um. Die Streuung der Maschinen beträgt $\varepsilon_s = 24$ %.



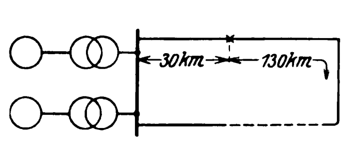


Abb. 3. Drei Kurzschlußfälle.

Allgemein wird für Berechnungen von Leitungsnetzen zur Vereinfachung ein einheitlicher Leistungsfaktor angenommen. Für den vorliegenden Fall ist sein Betrag nahezu $\cos\varphi = 0$; die Berechnung erfolgt also nur für Blindströme, wofür auch die zeichnerischen Verfahren exakt gelten. Additionen und Subtraktionen der Blindgrößen erfolgen rein algebraisch. Für praktische Rechnungen wird die $\sqrt{3}$ der Spannung meist mit der Reaktanz im Nenner vereinigt. Die in jeder Rechnung wiederkehrenden Widerstandsgrößen seien vorausgeschickt. Nach der Angabe von Panzerbieter beträgt der induktive Widerstand z symmetrischer Drehstrom-Freileitungen im Mittel $z = 0{,}4\ \Omega$/km. Dann erhält man für Einfachleitungen von der Länge

$$l = 30 \text{ km} \qquad z\sqrt{3} = 20{,}8\ \Omega$$
$$l = 130 \text{ km} \qquad z\sqrt{3} = 90{,}0\ \Omega.$$

Die Widerstände der angeschlossenen Transformatoren erhalten bei einer Kurzschlußspannung von $e_T = 4{,}5$ % (entspr. einer Oberspannung von 50 kV) folgende Werte:

$$z_T\sqrt{3} = \frac{e_T}{100}\,\frac{E^2\sqrt{3}}{N\,.\,1000} = 13\ \Omega.$$

In Anlehnung an eine Angabe des R.E.H.-Anhanges[16] ist für die aufgestellten Maschinen das Verhältnis $I_k/I_n = 0{,}7$ (Turbogeneratoren) eingehalten worden. Für die Maschinen wurde weiterhin der Wert $m_d = I_d/I_n = 1{,}8$ zugrunde gelegt (R.E.M.). Sämtliche Rechengrößen wurden auf die Spannung von 50 kV bezogen. Alle Untersuchungen wurden für den ungünstigsten Fall (Vollasterregung) durchgeführt. Allen Diagrammen liegt die Normalcharakteristik des VDE[16] zugrunde.

Verfahren von BBC.

Turbogenerator:

$$z_G\sqrt{3} = \frac{E^2\sqrt{3}}{m_d\,N\,.\,1000} = \frac{50\,000^2\,.\,\sqrt{3}}{1{,}8\,.\,15\,000\,.\,1000} = 160\ \Omega.$$

Turbogenerator und Transformator in Reihe:

$$z_G\sqrt{3} + z_T\sqrt{3} = 160 + 13 = 173\ \Omega.$$

Fall a) $\quad I_{d_0}' = I_{d_0}'' = \dfrac{50\,000}{173} = 289$ A

$$I_{d_0} = I_{d_0}' + I_{d_0}'' = \underline{578\ \text{A}}$$

Fall b) $\quad I_d = \dfrac{50\,000}{\dfrac{173}{2} + 20{,}8} = \underline{466\ \text{A}}$

Fall c) $\quad I_d' = \dfrac{50\,000}{173 + 20{,}8} = 258$ A

$$I_d'' = \frac{50\,000}{173 + 90} = 190\ \text{A}$$

$$I_d = I_d' + I_d'' = \underline{448\ \text{A}}.$$

Verfahren von Panzerbieter.

$$z_G\sqrt{3} = \frac{c\,E^2\sqrt{3}}{m_d\,N\,.\,1000} = \frac{1{,}4\,.\,50\,000^2\,.\,\sqrt{3}}{1{,}8\,.\,15\,000\,.\,1000} = 224\ \Omega$$

$$z_G\sqrt{3} + z_T\sqrt{3} = 237\ \Omega.$$

Fall a) $\quad I_{d_0}' = I_{d_0}'' = \dfrac{1{,}4\,.\,50\,000}{237} = 295$ A

$$I_{d_0} = \underline{590\ \text{A}}$$

Fall b) $\quad I_d = \dfrac{1{,}4\,.\,50\,000}{\dfrac{237}{2} + 20{,}8} = \underline{502\ \text{A}}$

---

[13] Ruschowy, Siemens-Z. Bd. 7, S. 530 u. 595.
[14] Wie Fußnote 6.
[15] Wie Fußnote 1.
[16] ETZ 1929, S. 243.

Fall c)
$$I_d' = \frac{1{,}4 \,.\, 50\,000}{237 + 20{,}8} = 271 \text{ A}$$
$$I_d'' = \frac{1{,}4 \,.\, 50\,000}{237 + 90} = 214 \text{ A}$$
$$I_d = \underline{485 \text{ A}}.$$

Verfahren von Foerster.

$z_G \sqrt{3} = 224\,\Omega$; $z_G \sqrt{3} + z_T \sqrt{3} = 237\,\Omega$, vgl. Panzerbieter.

$k = 1{,}6$ (Vollasterregung)

$k\,E_0 = 1{,}6 \,.\, 1{,}4 \,.\, 50\,000 = 112\,000$ V

$k\,z \sqrt{3} = 1{,}6 \,.\, 237 = 380\,\Omega$.

Fall a)
$$I_{d_0}' = I_{d_0}'' = \frac{112\,000}{380} = 295 \text{ A}$$
$$I_{d_0} = \underline{590 \text{ A}}$$

Fall b)
$$I_d = \frac{112\,000}{\frac{380}{2} + 20{,}8} = \underline{532 \text{ A}}$$

Fall c)
$$I_d' = \frac{112\,000}{380 + 20{,}8} = 280 \text{ A}$$
$$I_d'' = \frac{112\,000}{380 + 90} = 238 \text{ A}$$
$$I_d = \underline{518 \text{ A}}.$$

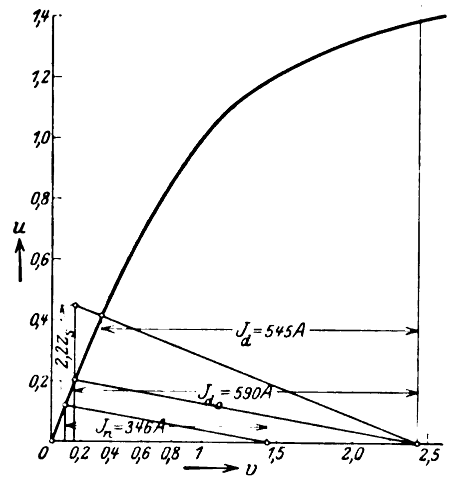


Abb. 4. Verfahren von Rüdenberg, Fall b).

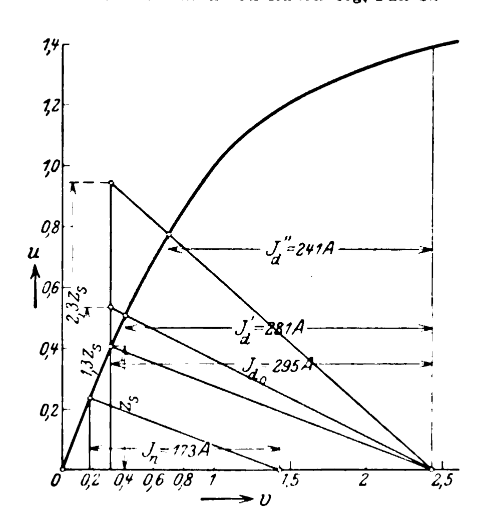


Abb. 5. Verfahren von Rüdenberg, Fall c).

Verfahren von Rüdenberg (Abb. 4 u. 5).

Normalstrom I_n von Generator und Transformator:
$$I_n = \frac{1000\,N}{\sqrt{3}\,E} = \frac{1000 \,.\, 15\,000}{\sqrt{3} \,.\, 50\,000} = 173 \text{ A}.$$

Hilfsgrößen für das Diagramm:

Fall a) $a = 1$

Fall b)
$$z_s \sqrt{3} = \frac{\varepsilon_s\,E}{I_n} = \frac{\frac{0{,}24}{2} \,.\, 50\,000}{346} = 17{,}3\,\Omega$$
$$z_s \sqrt{3} + z \sqrt{3} = 17{,}3 + 20{,}8 = 38{,}1 = 2{,}2 \,.\, 17{,}3\,\Omega$$
$$a = 2{,}2$$
$$I_{d_0} = \frac{1{,}4 \,.\, 50\,000}{\frac{237}{2}} = 590 \text{ A}$$
$$I_n = 2 \,.\, 173 = 346 \text{ A}$$
$$\frac{I_{d_0}}{I_n} = 1{,}70,\quad \frac{I_k}{I_n} = 0{,}7,\quad \frac{I_{d_0}}{I_k} = \frac{1{,}70}{0{,}70} = 2{,}43,$$
$$\frac{1}{\frac{I_k}{I_n}} = \frac{I_n}{I_k} = \frac{1}{0{,}7} = 1{,}43$$

Fall c)
$$z_s \sqrt{3} = \frac{\varepsilon_s\,E}{I_n} = \frac{0{,}24 \,.\, 50\,000}{173} = 69{,}3\,\Omega$$
$$z_s \sqrt{3} + z \sqrt{3} = 69{,}3 + 20{,}8 = 90{,}1 = 1{,}30 \,.\, 69{,}3\,\Omega$$
$$a' = 1{,}3$$
$$z_s \sqrt{3} + z \sqrt{3} = 69{,}3 + 90 = 159{,}3 = 2{,}30 \,.\, 69{,}3\,\Omega$$
$$a'' = 2{,}3$$
$$I_{d_0} = 295 \text{ A}$$
$$I_n = 173 \text{ A}$$
$$\frac{I_{d_0}}{I_n} = 1{,}70,\quad \frac{I_k}{I_n} = 0{,}7,\quad \frac{I_{d_0}}{I_k} = 2{,}43,\quad \frac{I_n}{I_k} = 1{,}43.$$

Wegen der vollständigen Übereinstimmung von Generatoren und Transformatoren können die Teilstromstärken I' und I'' aus einem Diagramm ermittelt werden.

Verfahren R.E.H.

$$z_a = \left(\frac{1}{\frac{I_k}{I_n}} - \varepsilon_s\right) \frac{E}{I_n \sqrt{3}} = (1{,}43 - 0{,}24)\,\frac{50\,000}{173\,\sqrt{3}} = 199\,\Omega$$
$$z_a \sqrt{3} = 344\,\Omega$$
$$z_s = \frac{0{,}24 \,.\, 50\,000}{173 \,.\, \sqrt{3}} = 40\,\Omega \qquad z_s \sqrt{3} = 69{,}3\,\Omega$$
$$z_a \sqrt{3} + z_s \sqrt{3} = 413{,}3\,\Omega$$
$$v = 1{,}08 + \left(4{,}45\,\varepsilon_s + \frac{1}{\frac{J_k}{J_n}} - 0{,}43\right) F(\cos\varphi)$$
$$= 1{,}08 + (4{,}45 \,.\, 0{,}24 + 1{,}43 - 0{,}43) \,.\, 1 = 3{,}15.$$

Damit ist nahezu $\frac{I_{d_0}}{I_k} = 3{,}15$.

Fall a)
$$I_{d_0}' = I_{d_0}'' = \left(\frac{I_{d_0}}{I_k}\right) \frac{E}{z_a \sqrt{3} + z_s \sqrt{3}}$$
$$= 3{,}15\,\frac{50\,000}{413{,}3} = 381{,}5 \text{ A}$$
$$I_{d_0} = \underline{763 \text{ A}}$$

Fall b)
$$I_d = 3{,}15\,\frac{50\,000}{\frac{413{,}3}{2} + 20{,}8} = \underline{693 \text{ A}}$$

Fall c)
$$I_d' = 3{,}15\,\frac{50\,000}{413{,}3 + 20{,}8} = 362 \text{ A}$$
$$I_d'' = 3{,}15\,\frac{50\,000}{413{,}3 + 90} = 313 \text{ A}$$
$$I_d = \underline{675 \text{ A}}.$$

Zahlentafel 1. Vergleich der Ergebnisse.

Verfahren	Fall a)	Fall b)	Fall c)	
	Werte I_d in Amp.			
Rüdenberg	295	545	281	241
R.E.H.	295	535	281	241
Foerster	295	532	280	238
Panzerbieter	295	502	271	214
BBC	295	475	263	194

Zahlentafel 1 gestattet einen Vergleich zwischen dem genauen zeichnerischen Ergebnis und den rechnerischen Näherungsverfahren. Die Werte nach BBC und R.E.H. sind durch Multiplikation mit dem Verhältnis der Klemmenkurzschlußströme[17] vergleichsfähig gemacht worden


17 $\left(\frac{I_{d_0}}{I_k}\right)_1 : \left(\frac{I_{d_0}}{I_k}\right)_2 = \frac{I_{d_{01}}}{I_{d_{02}}}$, da $I_{k_1} = I_{k_2}$.

(Reduktion auf den gemeinsamen Klemmenkurzschlußstrom I_{d_0}). Sinnfälliger als jede Zusammenstellung führt die graphische Darstellung (Abb. 6 u. 7) vor Augen, was von den einzelnen Rechenverfahren an Genauigkeit verlangt werden kann.

Die besten Näherungswerte gibt das Verfahren des VDE; in kurzem Abstand folgt das Verfahren von Foerster, dessen Genauigkeit übrigens durch Variation des Faktors k für jeden Einzelfall beliebig gesteigert werden kann. Der große Vorteil der beiden Verfahren R.E.H. und Foerster besteht darin, daß die Genauigkeit (wegen des zweiten Schnittes von Kennlinie und Ersatzkennlinie im Nutzbereich) mit steigenden Netzreaktanzen rasch wieder zunimmt. Als besonderer Vorteil des Rechenverfahrens R.E.H. erweist sich der Umstand, daß die Werte sehr leicht auf andere Erregungsverhältnisse umzurechnen sind. Durch Auftragen der Fehlerwerte (absolut oder prozentual) über der numerischen Kurzschlußentfernung a kann man ein weiteres Bild von der Genauigkeit der Verfahren erhalten.

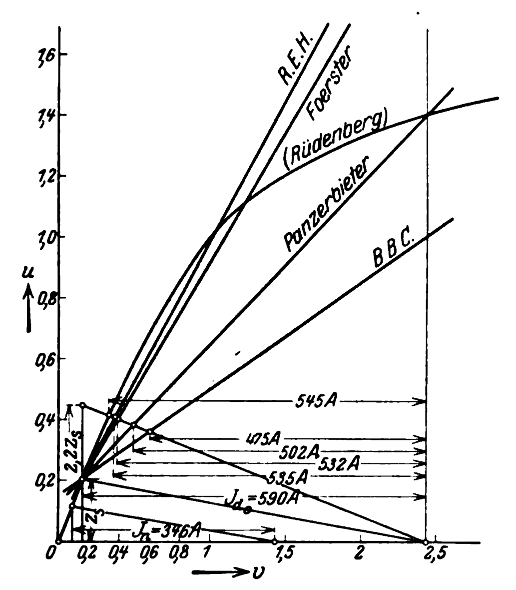


Abb. 6. Vergleich der Ergebnisse, Fall b).

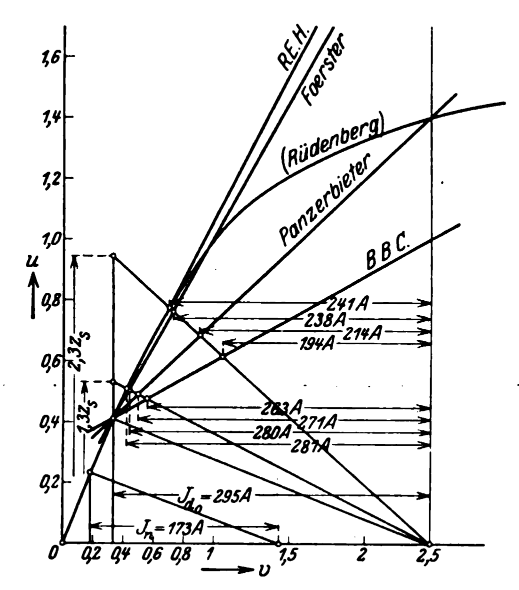


Abb. 7. Vergleich der Ergebnisse, Fall c).

Die Größe kapazitiver Stromstärken kann in genau der gleichen Weise wie die der induktiven bestimmt werden. Durch nachträgliche geometrische Addition der kapazitiven und Ohmschen Widerstände erfolgt die Korrektur der Stromstärken[18].

Bei Kabelbetrieb ist insbesondere darauf zu achten, daß die Kapazität der Leitungen n i e m a l s die Größenordnung der Induktivität der angeschlossenen Maschinen und Apparate erreichen kann, da sonst Resonanz auftritt. Durch Einbau oder Zuschalten von Drosselspulen o. ä. hat man die Möglichkeit, sich weit genug vom Resonanzgebiet entfernt zu halten.

[18] **Rüdenberg, wie Fußnote 10; ferner: Kapazität bei 220 kV-Freileitungen, ETZ 1929, S. 970.**

Die Verwendung der SA-Telephontechnik für die Steuerung von Elektropostanlagen.

Von C. **Beckmann**, Berlin-Zehlendorf.

Übersicht. Die Wirkungsweise der Elektropost für Aktenbeförderung wird beschrieben. Die Schaltung der in großen Anlagen zur Anwendung kommenden elektrischen Steuerung der Elektropostwagen mit Hilfe von Teilen der SA-Telephonie wird eingehend an Hand des Stromlaufes erläutert.

Die mechanische Aktenförderung findet in neuzeitlichen Bürogebäuden immer mehr Eingang, weil sich gezeigt hat, daß durch die selbsttätige Förderung nicht allein Botenlöhne erspart werden, sondern auch Ersparnisse an Beamtenzeit stattfinden, indem ihnen die Schriftstücke durch die mechanische Förderung fließend zugeführt werden. Die Beamten bleiben bei ihrer Arbeit an ihren Plätzen und haben keine Veranlassung, Schriftstücke ihren Kollegen etwa persönlich zu überbringen.

Die Elektropost ist eine Elektrohängebahn, die in Wechselwirkung mit elektrisch betriebenen Aufzügen steht. Ihre Wirkungsweise ist in Abb. 1 dargestellt. Die Wagen der Elektrohängebahn haben einen Behälter für die zu transportierenden Akten. Die Aufzüge sind mit je einem gleichartigen Sende- und Empfangsfach ausgerüstet. In der obersten Stellung der Aufzüge befindet sich das Sendefach oberhalb, das Empfangsfach unterhalb des Wagenbehälters. Der Wagen und das Empfangsfach des Aufzuges sind mit Rechen versehen, die während der Vorbeifahrt des Wagens den Inhalt aus den Fächern herausstreifen und in das in diesem Augenblick darunter befindliche Fach gleiten lassen. Um mehrere Aufzüge oder Stationen mit einem Wagen zu bedienen, rüstet man den Wagen mit so viel Fächern aus als Stationen vorhanden sind (Abb. 2).

Infolge der Größe der Wagen bei Verwendung vieler Fächer stellen sich aber schon bei 5 ... 6 Stationen Schwierigkeiten in der Ausführung ein, weil die Anlagen wegen zu großer Dimensionen nicht mehr in den Büroräumlichkeiten untergebracht werden können. Die Mix & Genest AG.

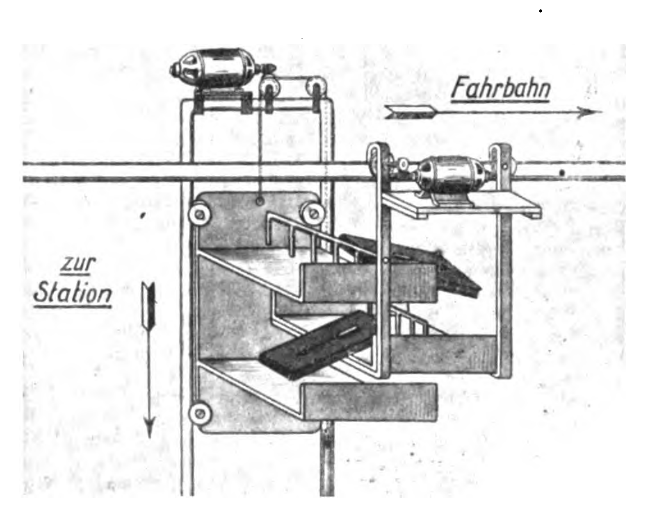


Abb. 1. Wirkungsweise der Elektropost.



verwendet daher ein ihr patentiertes Verfahren, bei dem jeder Wagen wie in Abb. 1 nur ein Aufnahmefach enthält und die Förderung der Akten nach der gewünschten Station mit Hilfe einer elektrischen Steuerung erfolgt, die nachstehend näher erläutert wird. Bei diesem System besteht die Möglichkeit, beliebig viele Stationen eines Bürogebäudes durch eine einzige Elektrohängebahn zu verbinden und zu bedienen. Abb. 3 zeigt die Anordnung einer solchen größeren Anlage, bei der die Stationen sich in verschiedenen Stockwerken befinden. Es sind dem Bedarf entsprechend eine Anzahl Wagen vorgesehen, die untereinander durch eine Blockschaltung bekannter Art in richtiger Entfernung gehalten werden. Die Steuerung der Sendungen erfolgt durch Wählscheiben genau so wie bei der automatischen Telephonie nach dem SA-System. Abb. 4 zeigt eine Station mit Nummernwähler. Das Empfangsfach der Station wird in der untersten Stellung des Aufzuges schräg gestellt, so daß die mitgeführten Akten herausgleiten können. Durch zweimalige Betätigung der Nummernscheibe werden zwei am Aufzug befindliche Drehwähler eingestellt, die die vorgenommene Wählung für den nächsten leeren Wagen bereithalten. Sobald ein leerer Wagen — ein besetzter Wagen fährt vorüber, ohne irgend etwas zu betätigen — sich einer Station nähert, laufen die beiden Drehwähler ab und übertragen die eingestellte Nummer auf zwei im Wagen befindliche Drehwähler. Der Aufzug ist inzwischen bis in die Fahrbahn gestiegen und der Wagen nimmt die Sendung entgegen. Er ist jetzt für die gewünschte Station eingestellt und betätigt den Aufzug derselben, sobald er sich genügend genähert hat. Bei der Vorbeifahrt gibt der Wagen die Sendung ab, gleichzeitig werden die Wähler auf 0 gestellt, so daß der Wagen wieder für eine neue Sendung bereit ist. Wenn mehrere Stationen das gleiche Ziel eingestellt haben, so sammelt der Wagen von diesen Stationen ein, auch wenn er bereits beladen ist. Die Einsammlung erfolgt aber nur so lange, bis der Wagen bis zu einer Höchstgrenze vollgeladen ist. Ist diese überschritten, so nimmt er keine weiteren Sendungen auf. Für die Betätigung der Schaltung während der Vorbeifahrt der Wagen an den Stationen sind Schleif- und Unterbrecherkontakte vorgesehen. Das Prinzip dieser Schaltung ist in der Abb. 5 dargestellt, aus der auch die Innenschaltung des Wagens ersichtlich ist.

Die einzelnen Vorgänge bei der Wählung und die Ein- und Abstellung der Apparate sind nachstehend erläutert. Alle in dem Schaltsatz der Station angebrachten Schaltwerke, Relais, Widerstände usw. finden sich unterhalb der strichpunktierten Linie. Oberhalb der Linie befinden sich diejenigen Schaltorgane, die an dem Gleis der Elektropost an jeder Station befestigt sind. Soll eine Sendung abgeschickt werden, z. B. nach Station 23, so ist die Nummernscheibe zunächst auf die Ziffer 2 einzustellen. Infolgedessen fließt ein Strom von Minus über Relais R_1, Kontakt n_1, n_2 der Nummernscheibe zur Erde. v_1 zieht an und schließt die Kontakte v_{1a} und danach v_{1b}. Hierauf wird nunmehr Relais A_1, von Minus über Kontakt v_{1a} und n_4, n_3 geschlossen. Beim Rücklauf der Nummernscheibe werden durch n_4 und n_3 zwei Unterbrechungen hergestellt, die bewirken, daß der Wähler *DA* zwei Stromstöße erhält. Sie fließen von minus über die Wählerwicklung *DA*, W_2, — Kontakt r_1, v_{1b}, a_1 zur Erde. Der *A*-Wähler hat also zwei Schritte gemacht und die Kontaktarme auf Nr. 2 eingestellt. Nach Ablauf kommt die Nummernscheibe zur Ruhe und die Kontakte n_3, n_4, n_5 werden geschlossen, n_1, n_2 und n_3 werden unterbrochen.





Abb. 2. Elektropostwagen älterer Bauart mit zehn Fächern für Anlagen ohne Steuerung.

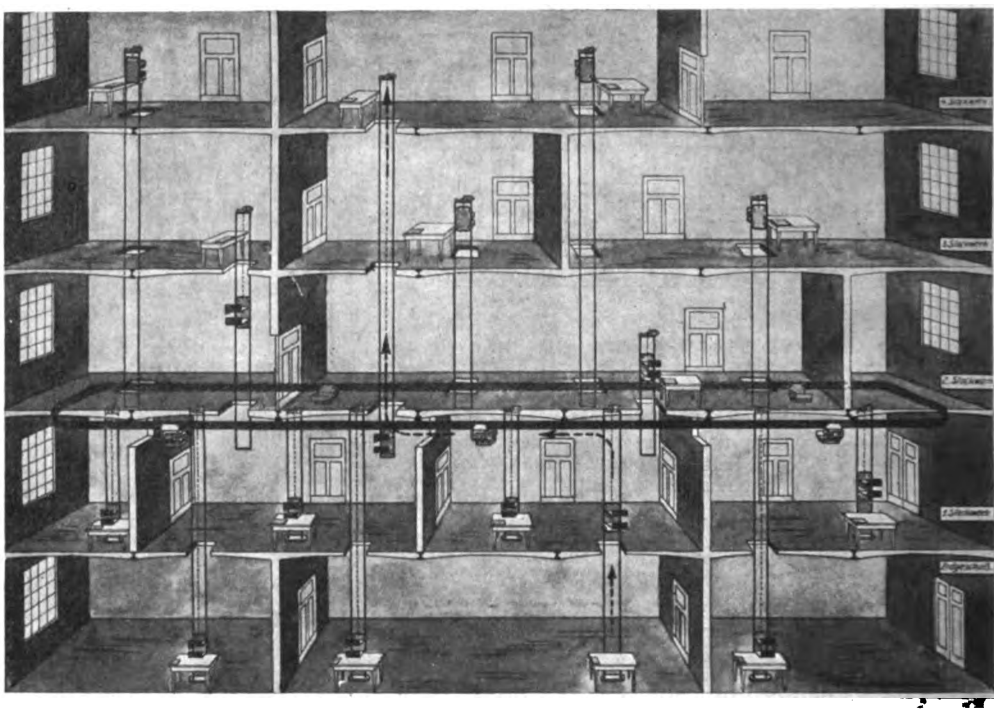


Abb. 3. Elektropostanlage für ein Verwaltungsgebäude.

Durch Schließung von Kontakt n_5 und n_4 sowie n_3 bei der Nummernscheibe fließt ein Strom von Minus über R_1 in den 3. Kontaktkranz des *A*-Wählers und die Kontakte n_5, n_4, n_3 zur Erde. Das Relais R_1 zieht an, betätigt die mit R_1 bezeichneten Kontakte und hält sich selbst über Minus, 1. Wicklung von R_1, 3. Kranz des *A*-Wählers, 2 Wicklung R_1 und Kontakt r_2 nach Erde.

Die Nummernscheibe wird das zweite Mal, u. zw. auf Nr. 3 gedreht. Die Relais V_1 und A_2 werden wieder betätigt. Beim Rücklauf der Nummernscheibe fließen drei Stromstöße, da jetzt A_1 dreimal abfällt, von Minus über *DB*, W_2, über r_1, v_{1b}, a_1 zur Erde. Der *B*-Wähler stellt infolgedessen seinen Schalthebel auf Nr. 3. Ist die Nummernscheibe in der Endstellung angekommen, so trennt sie n_1, n_2 und n_3 und schließt n_3, n_4 und n_5. Infolgedessen fließt von Minus der Strom über den Haltemagneten *HM*, durch den die Nummernscheibe gesperrt wird, über den 3. Kontaktkranz des *B*-Wählers und n_5, n_4, n_3 der Nummernscheibe nach Erde. Weitere Wählungen können vorläufig nicht erfolgen.

In der Nähe der Laufschiene sind die Kontakte *I, II, III* und *IV* angebracht. Je 10 Kontakte sind bei *I A* und *B* angebracht, die mit den korrespondierenden Kontakten der *A*- und *B*-Wähler der Station in Verbindung stehen. Außerdem sind noch zwei besondere Kontakte A_l und B_l vorhanden. Von diesen Kontakten sind infolge der Wählung bei *A* Kontakte Nr. 2, bei *B* Kontakte Nr. 3 vorbereitet. Ein vorbeifahrender Wagen berührt mit seinen korrespondierenden Kontaktbürsten *A* und *B* die entsprechenden Kontakte *A* und *B* der Stationen. Der Abstand

der beiden Kontaktreihen ist bei dem Wagen und bei der Station gleich. Jeder leere Wagen besitzt eine Schaltung, durch die er bei der Station die Kontakte A_l und B_l überbrückt. Zu diesem Zwecke sind am Wagen Kontaktbürsten A_l und B_l vorgesehen, die in der Nullstelung des *B*-Wählers durch den 2. Kontaktarm überbrückt werden. Infolgedessen wird jeder Wagen, der noch keine Wählung besitzt, bei der Station die *l* Kontakte überbrücken und dadurch das Relais R_2 über minus, Wicklung von R_2, den 2. Kontaktkranz des *A*-Wählers über A_l durch den Wagen nach B_l, den 2. Kranz des *B*-Wählers nach Plus betätigt. R_2 schließt die Kontakte r_2 und hält sich selbst von Minus über seine Wicklung, den Kontakt r_2 und den Endschalter *ES*. Der zweite r_2-Kontakt betätigt das Aufzugwendeschütz *AW*. Der Aufzug steigt nach oben und stellt sich in die Fahrbahn des Wagens. Ist dagegen bei dieser Station nicht gewählt, so ist auch der Stromweg über A_l und B_l nicht vorbereitet und der Aufzug kann nicht aufsteigen. Kommt aber ein Wagen, dessen Wähler auf 23 bereits eingestellt sind, so ist zwar die Brücke zwischen den Kontaktbürsten A_l und B_l im Wagenwähler unterbrochen, aber er hat dafür an den Bürsten A_2 und B_3 eine Brücke und bringt den Aufzug in der gleichen Weise zum Aufsteigen, indem er einen Strom schließt von Minus über Wicklung R_2, den ersten Arm des *A*-Wählers, Leitung 2, nach *I*, Kontakt A_2, im Wagen von Kontaktbürste A_2 nach dem 1. Kranz des *A*-Wählers Leitung 2, nach *Age* über den Zuladekontakt *ZL* nach *Bf*, von *Bf* über den ersten Arm des *B*-Wählers nach B_3, Bürste B_3 zum Kontakt $I\,B_3$ der Station, von hier durch Leitung B_3 nach dem ersten Arm des *B*-Wählers zur Erde. Wenn der Wagen jedoch soweit beladen ist, daß der Zuladeschütz-Kontakt *ZL* unterbrochen wird, so kann er den Aufzug nicht betätigen. Die Zuladung findet also nur so lange statt, als der Zuladeschütz-Kontakt *ZL* geschlossen ist, d. h. solange das Fach des Wagens noch Platz zur Aufnahme einer neuen Sendung hat.

Bei seiner Weiterfahrt hat der Wagen die Sendung abgestreift und passiert nun die Kontaktschienenreihe *III* und *IV*. Die Kontaktreihe *III* hat den Zweck, die beiden Wagenwähler durch Kontaktgebung auf Null einzustellen. Dies geschieht von Minus über die Unterbrecherkontakte *o* (*III*), die Kontaktbürsten A_0, einen Widerstand, den in der Arbeitsstellung des Wählers geschlossenen Wellenkontakt des Wählers *DA*, Leitung *Am*, Bürsten *Am*, zur Schiene *m*, die über r_2 an Erde liegt. Die Rückstellung des Wählers *B* auf dem Wagen erfolgt in der gleichen Weise über die Kontakte *III*, Bürste B_0, den Wellenarbeitskontakt, den Drehmagnet *DB* und die Bürsten *Bm*. Die Wähler laufen demnach während des Passierens der Unterbrecherkontakte *III o* in ihre Nullstellung zurück.

Bei der Weiterfahrt passiert der Wagen die beiden parallelliegenden Kontaktreihen *p IV* und *q IV*. Durch sie wird die Einstellung der Stationswähler auf die Wagenwähler übertragen. Dies geschieht dadurch, daß die Wähler mit den Wählern der Stationen in Reihe geschaltet werden und auf der Kontaktschiene Unterbrechungen hervorrufen, die einerseits die Einstellung der Wagenwähler und anderseits die Abstellung der Stationswähler bewirken. Der Stromweg für die *A*-Wähler ist der folgende:

Von Minus über *DA*, über einen Wellenarbeitskontakt nach der Schiene *p* und der Kontaktbürste *Ap* am Wagen, von *Ap* über den Drehmagneten *DA* des *A*-Wählers nach *Am*, von *Am* über die *M*-Schiene zur Erde. Da der *A*-Wähler der Station auf zwei Schritte eingestellt war, macht er jetzt 10 Schritte vorwärts bis zu seiner Nullstellung, d. h. bis der Wellenarbeitskontakt unterbrochen wird. Der Wagenwähler hat gleichfalls 10 Schritte gemacht, da aber bei ihm die Reihenfolge der angeschlossenen Kontakte umgekehrt ist, so steht sein Wählarm jetzt auf Kontakt Nr. 2. Bei dem *B*-Wähler erfolgt die Einstellung in der gleichen Weise über die *q*-Kontaktschiene. Der Strom fließt von Minus über *DB*, den Wellenkontakt des Wählers *B* zum Kontakt r_2, Kontaktschiene *q*, Kontaktbürste *Bq* des Wagens zum Drehmagneten des *B*-Wählers nach Kontaktbürste *Bm* über die Schiene *m*, den Kontakt r_2 nach Plus. Der *B*-Wähler der Station macht neun Schritte vorwärts, bis er die Nullstellung erreicht hat, der *B*-Wähler des Wagens macht gleichfalls neun Schritte und stellt sich demnach auf Kontakt Nr. 3 ein. Die Wähler des Wagens sind daher so eingestellt, daß sie die Kontaktbürsten A_2 und B_3 über den Zuladekontakt *ZL* miteinander verbinden. Bei der Weiterfahrt betätigt der Wagen den Endschalter *ES*, infolgedessen wird der Strom von R_2 unterbrochen, das Aufzugswendeschütz *AW* fällt ab, der Aufzug kehrt in die Ruhelage zurück und ist für eine neue Sendung frei.

Abb. 4. Elektropost-Station mit Nummernwähler.

Der Wagen fährt nun mit der übernommenen Sendung weiter und passiert alle Stationen, deren Nummer nicht der von seinen Wählern eingenommenen Stellung entspricht. Sobald er die Station 23 erreicht, passiert er zunächst die Kontakte *I AB* und erreicht dann die beiden Kontakte *II AB*, d. h. die Charakteristik der Station 23. Jetzt entsteht ein Stromstoß von Minus über R_4, Kontakt *II* A_2, Kontaktbürste A_2 am Wagen, *Age*, Zuladekontakt *ZL* nach *Bf* zum Kontakt B_3 am ersten Kranz des *B*-Wählers zur Kontaktbürste B_3 nach dem Kontakt *II* B_3 zur Erde. Wenn der Zuladekontakt *ZL* des Wagens unterbrochen ist, dann fließt der Strom von *Age* über *Am* zur Bürste *Am*, über die Schiene *II m* bei der Station nach der Kontaktbürste *Bm*, von *Bm* über *Bf* nach B_3. Das Relais R_4 zieht an und betätigt dadurch das Relais R_2. Das Empfangschütz *E* betätigt einen am Aufzugskorb befindlichen Rechen, der die im Wagenfach befindlichen Gegenstände in das Empfangsfach des Aufzuges abstreift. Durch das Relais R_2 wird, wie bereits oben beschrieben, der Aufzug in Bewegung gesetzt, der Wagen passiert ihn bei seiner Weiterfahrt, ladet, da das Empfangschütz *E* angezogen ist, die Sendung ab und nimmt evtl. eine neue Sendung

mit, falls die Station eingestellt war. Bei der weiteren Fahrt erfolgt die Rückstellung der Wagenwähler wie oben beschrieben an den Schienen *III* und die neue Einstellung an der Schiene *IV*, vorausgesetzt daß die Nummernscheibe vorher betätigt war. Hat der die Station Bedienende sich bei der Zählung geirrt, so kann er durch Aufdrücken auf

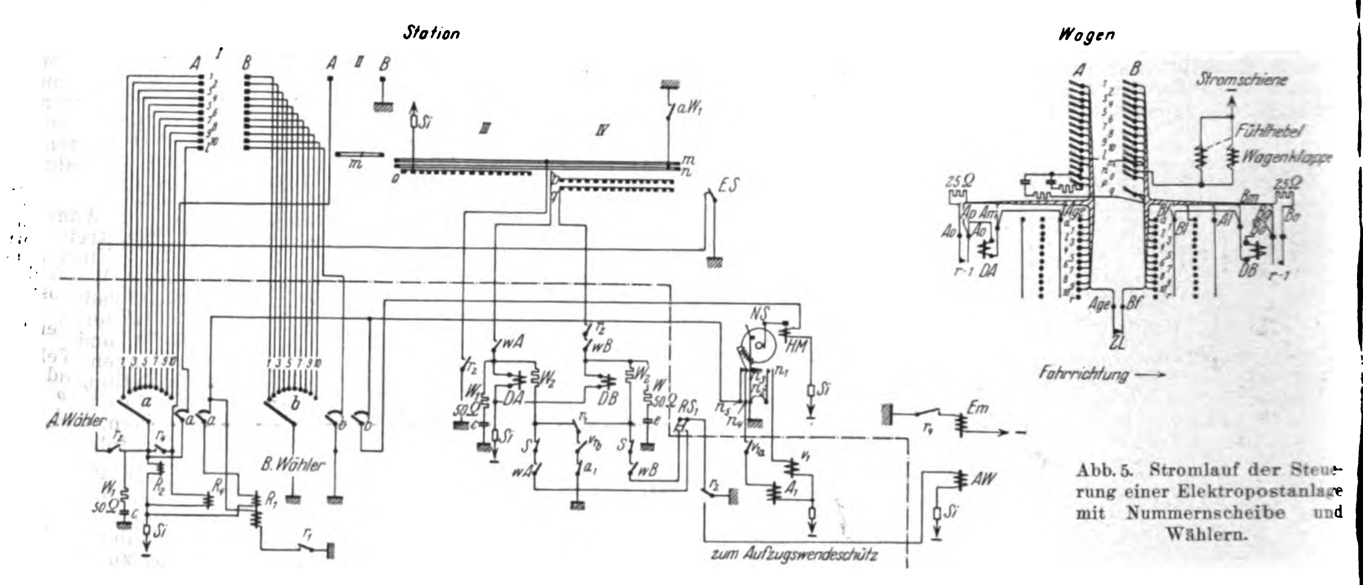


Abb. 5. Stromlauf der Steuerung einer Elektropostanlage mit Nummernscheibe und Wählern.

die Rückstelltaste RS_1 die Wähler in die Nullstellung zurücklaufen lassen.

Für die Dauer der Durchfahrt des Wagens durch einen hochgezogenen Aufzug sind noch zwei weitere Funktionen notwendig. Erstens muß der Fühlhebel hochgezogen werden, der den Zweck hat, zu verhüten, daß der Wagen überladen wird. Zweitens muß eine auf der Rückseite des Wagenkastens befindliche Klappe geöffnet werden, die verhindert, daß die Sendungen während der Fahrt herausfallen. Zu diesem Zweck sind auf dem Wagen zwei Magnete für Fühlhebel und Wagenklappe vorgesehen, deren Leitungen einerseits mit Minus, anderseits mit der Bürste *n* verbunden sind. Die Bürste *n* gleitet während der Durchfahrt durch den Aufzug auf der Schiene *n*, die über einen Kontakt des Aufzugswendeschützes mit Erde verbunden ist. Hiernach erfolgt die Betätigung der beiden Magnete nur dann, wenn der Aufzug sich in der oberen Lage befindet.

Das amerikanische Wechselstrom-Floating-Signalsystem.

(Ein ganzselbsttätiges Ladesystem für Batterien.)

Von Dipl.-Ing. **Fritz Schaper,** Hannover.

Übersicht. Der Grundgedanke des Floatingsystems — Stromversorgung für Signalzwecke durch kleine mit dem Wechselstromnetz in einer Art Pufferschaltung arbeitende Batterien — wird erläutert und sein Aufbau kurz beschrieben. Dann folgt die Besprechung der einzelnen Aufbauteile: Speiseeinrichtungen, Transformatoren, Gleichrichter und Batterien. Zum Schluß ist eine kurze Wertung des Floatingsystems gegeben.

Bei der großen Ausbreitung, die der Wechselstrom in den letzten Jahren erfahren hat, ist es für die Eisenbahn besonders auf langen Strecken von größter Bedeutung, sich dieses Betriebsmittel für Signal-, Weichen- und Kontrollkreise in zweckmäßigster Form zunutze zu machen. Da für diese Anlagen eine möglichst hohe Betriebsicherheit erforderlich ist, kommt reiner Wechselstrom kaum in Frage, denn bei der geringsten Störung an den Zuleitungen oder im Kraftwerk wären die Signalanlagen und damit der gesamte Verkehr lahmgelegt. Durch Schnee und Rauhreif kann die Belastung der Signal- und Weichenmotoren erheblich vergrößert werden, so daß die nur wenig überlastbaren Wechselstrommotoren nicht mehr ausreichen würden. Relais sind für Wechselstrom bedeutend komplizierter, da ihre Kerne aus Blechen hergestellt werden müssen und die Anker besonders schwer auszuführen sind, um durch das Gewicht die nötige Trägheit zu erhalten.

Bei Gleichstrom lassen sich die aufgeführten Nachteile ziemlich vermeiden. Die Betriebsicherheit wächst durch Aufspeicherung in Akkumulatorenbatterien ganz erheblich. Gleichstrommotoren sind bis über das Doppelte ihres Nenndrehmomentes überlastbar und die Relais bedeutend einfacher und billiger. Sofern aber die Anwendung von Gleichstrom mit der Anlage besonderer Kraftwerke oder großer Umformerstationen verbunden ist und auf langen Strecken sehr hohe Leitungsunkosten auftreten, erscheint seine Verwendung höchst unwirtschaftlich. Wechselstrom hat in dieser Beziehung ganz wesentliche Vorteile aufzuweisen.

Die Vorzüge beider Stromarten unter weitgehender Vermeidung ihrer Nachteile finden wir in dem amerikanischen Floating-Signalsystem vereinigt, das bei einfachster Bauart weitgehenden Anforderungen an Betriebsicherheit, Billigkeit und Anpassungsfähigkeit entspricht. Vor der eingehenden Behandlung der einzelnen Teile des Floatingsystems sei eine Erklärung des dem System zugrunde liegenden Floatingprinzips und eine kurze Beschreibung des Gesamtaufbaues gegeben. Die Bezeichnung „floating" (schwimmend, schwebend) ergibt sich aus der Arbeitsweise der Batterie. Das Wesen der Floatingbatterie besteht darin, daß sie bei beliebiger Stromentnahme gleichzeitig durch einen ununterbrochenen, gleichmäßigen, meistens geringen Ladestrom im geladenen Zustand schwebend (floating) erhalten wird. Sie ist also, wie die Schaltung Abb. 1 erkennen läßt, parallel zu dem verbrauchenden Signalkreis ohne Unterbrechungsmöglichkeit an die Ladeeinrichtung angeschlossen.

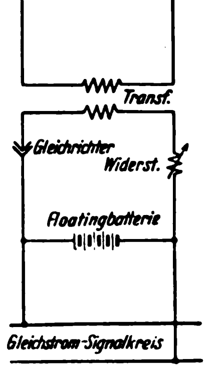


Abb. 1. Wechselstrom-Floatingschaltung.

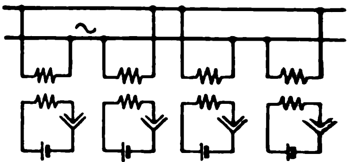


Abb. 2. Doppelwellenausnutzung.

An Hand dieses Grundgedankens läßt sich nun leicht das Schaltbild einer Floatinganlage, die z. B. als Kraftquelle für eine selbständige Signalanlage dienen soll, ent-



werfen. Der Verbrauchstrom wird einer Wechselstromspeiseleitung entnommen und dem Transformator zugeführt, der die Netzspannung auf die Apparatspannung übersetzt. Der in der Sekundärwicklung des Transformators erzeugte Wechselstrom wird durch einen Kleingleichrichter in pulsierenden Gleichstrom umgewandelt. Dieser Gleichstrom dient dazu, die Floatingbatterie dauernd geladen zu erhalten und mit ihr zusammen die hohen, aber nur kurzzeitigen Stromstöße für die Signalstellung usw. zu liefern. Die Floatingschaltung ist eine Art Pufferschaltung, bei der der gesamte Energieverbrauch gering ist, sich aber aus verhältnismäßig sehr hohen, kurzzeitigen Stromstößen in weiten Abständen zusammensetzt. Der Speisestrom, der durch den Widerstand genau auf den zeitlichen Durchschnittswert des Verbrauchs eingestellt ist, wird also auf wenige Prozente der Stromstoßhöhe im Signalkreis beschränkt. Der Wegfall jeglicher Bedienung, der gute Wirkungsgrad und die hohe Betriebsicherheit, wie sie durch die Batterie in der Floatingschaltung erreicht werden, machen das System besonders geeignet als Stromquelle für selbsttätige Anlagen.

Nachdem im vorhergehenden die einzelnen Aufbauteile des Floatingsystems und dessen Arbeitsweise in großen Umrissen erfaßt worden sind, sollen im folgenden, von der Kraftquelle fortschreitend bis zum Verbrauchskreis, die Einzelheiten genauer beleuchtet werden. Es ergibt sich da zunächst die Frage: Was für eine Kraftquelle hat man für das Floatingsystem zu wählen? Zwei Möglichkeiten bieten sich:

1. ein in dem zu versorgenden Gebiet zentral gelegenes eigenes Kraft- oder Umspannwerk,
2. die Verwendung des für die Bahnhofsbeleuchtung sowieso vorhandenen Lichtnetzes als Kraftquelle.

Es leuchtet hier ohne weiteres ein, daß die unter 2. genannte Anordnung ganz hervorragende wirtschaftliche Vorteile aufzuweisen hat; denn die hohen Unkosten für das zentrale Werk fallen vollkommen aus und die Leitungsunkosten lassen sich für Fall 2. auf ein Minimum reduzieren. Die Leitungslänge ist ja erheblich vermindert, da die Signale meistens nahe bei dem Bahnhof liegen, und der Leitungsquerschnitt kann geringer gewählt werden, da man den Spannungsabfall, der bei zentraler Versorgung sehr groß werden kann, nicht mehr zu berücksichtigen hat. Eine wesentliche Erleichterung läßt sich im Fall 2. noch erreichen, wenn man den Transformator des Floatingsystems in das Bahnhofsgebäude verlegt, um die Zuleitungen, die ja dann nur sehr geringe Spannungen führen, mit auf den Bahntelegraphenstangen verlegen zu können. Für sehr lange Strecken bietet das Floatingsystem ganz besondere Vorteile, da man die erforderliche Energie zunächst auf Hochspannungsleitungen zuführen kann und sie dann von einzelnen Punkten aus über Niederspannungs-Verteilernetze ihrem Verbrauchsort zuleitet. Von dieser Methode ist auf den langen amerikanischen Strecken in ausgiebiger Weise Gebrauch gemacht.

Am Verbrauchsort wird zunächst die Spannung heruntertransformiert und dann gleichgerichtet. Die Schaltung der Sekundärseite der Transformatoren ist wesentlich durch die Eigenschaften der Gleichrichter bestimmt. Es kommen hier bekanntlich die Halbwellen-, die Doppelwellen-Graetz- und die Doppelwellen-Transformatorschaltung in Frage. Hierzu ist besonders zu bemerken, daß man mit der einfachen Halbwellenschaltung leicht beide Wellenhälften ausnutzen kann, wenn man die Anschlüsse auf der Primärseite der Transformatoren nach Abb. 2 anordnet. Sind an derselben Stelle mehrere Spannungen erforderlich, z. B. für eine Gleisbatterie (2 V) und eine Signalbatterie (10 V), so kann man auf der Sekundärseite des Transformators zwei oder mehrere Wicklungen anbringen, die dann, von einer Primärwicklung gespeist, auf die getrennten Verbrauchskreise arbeiten. Die Anpassungsfähigkeit des Floatingsystems ist also sehr gut.

Nachdem so alle Vorteile des Wechselstromes bei der Übertragung und der Herstellung der verschiedenen Gebrauchspannungen ausgenutzt sind, wird die Umformung in Gleichstrom durchgeführt, der durch die Aufspeicherung und die günstigen Betriebsbedingungen weitere Vorteile bietet. An Kleingleichrichtern, die für die Umformung im Floatingsystem Bedeutung erlangt haben oder noch erlangen werden, sind vier Typen zu nennen:

a) Pendelgleichrichter,
b) Elektrolytgleichrichter,
c) Trockengleichrichter,
d) Glimmlicht- und Glühkathodengleichrichter.

Der Pendelgleichrichter, der bis 1925 in den amerikanischen Floatinganlagen benutzt wurde, scheidet heute aus, ebenso ist der Glimmlichtgleichrichter für ein ganzselbsttätiges System infolge seiner geringen Lebensdauer unbrauchbar. Der Glühkathodengleichrichter kommt in Frage bei Spannungen von 20 und mehr Volt, obwohl auch hier die geringe Lebensdauer von größtem Nachteil ist.

In Amerika ist seit 1925 für Floatinganlagen nur der Elektrolytgleichrichter (Balkite-Gleichrichter, Abb. 3) im Gebrauch. Da er sich im praktischen Betrieb gut bewährt hat, aber in Deutschland nur wenig bekannt geworden ist, sei eine kurze Schilderung seines Aufbaues und seiner wesentlichen Eigenschaften gegeben[1]. In ein Glasgefäß mit verdünnter Schwefelsäure (spez. Gew. 1,25) sind eine Tantalplatte und ein Bleistab als Elektroden getaucht. Diese Zusammenstellung ist gewählt worden, da die Schwefelsäure nur einen sehr geringen Widerstand besitzt, Blei von ihr nur sehr wenig und Tantal bei guter Gleichrichterwirkung so gut wie gar nicht angegriffen wird. Die Kontrolle des Gleichrichters beschränkt sich darauf, daß man ungefähr in Abständen von einem Jahr destilliertes Wasser nachfüllen muß, um den durch Vergasung entstehenden Verlust zu ersetzen. Der Wirkungsgrad der Balkite-Gleichrichter beträgt im günstigsten Fall (10 V, 05 ... 1 A) nach den Angaben des amerikanischen Bureau of Standards über 43 %. Kurz zusammengefaßt hat der Balkite-Gleichrichter folgende Haupteigenschaften:

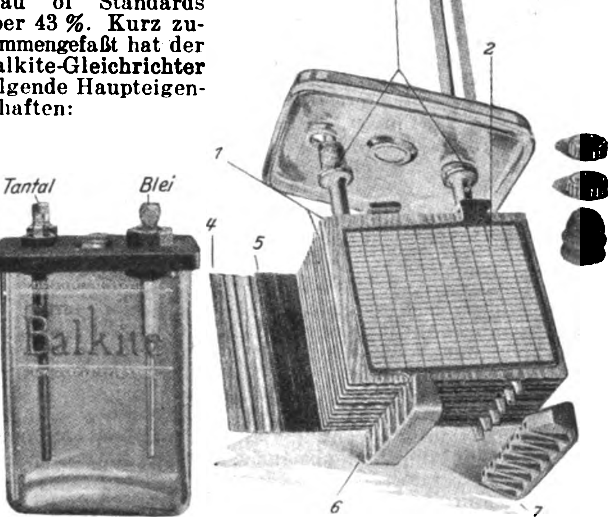


Abb. 3. Balkite-Gleichrichter.

1 Positive Platten, *2* Negative „, *3* Gummidichtung, *4* Holztrennwand, *5* Gummitrennwand, *6* Plattenfuß für Negative, *7* „ „ Positive

Abb. 4. Amerikanischer Bleiakkumulator.

1. Hohe Haltbarkeit und Lebensdauer,
2. geringen inneren Widerstand in der Durchgangsrichtung,
3. hohen rückwärtigen Widerstand,
4. geringe Anschaffungskosten,
5. verhältnismäßig guten Wirkungsgrad,
6. einfache Kontrolle.

Trotz der guten Eignung des Balkite-Gleichrichters scheint das Ideal für das Floatingsystem der von den SSW herausgebrachte Trockengleichrichter[2] zu sein, er scheint dem Balkite-Gleichrichter besonders in bezug auf Lebensdauer, Anschaffungskosten und Einfachheit der Kontrolle bei weitem überlegen. Damit sind die Ladeeinrichtungen für das Floatingsystem in großen Zügen klargestellt.

Wir kommen jetzt zu dem wichtigsten Teil des Systems: der Batterie. Ihre Arbeitsweise ist schon oben gekennzeichnet. Wir haben im Signalkreis zu unterscheiden:

1. Dauernde Belastung mit nur geringer Stromstärke, die in den erforderlichen Relais verbraucht und direkt vom Gleichrichter geliefert wird. Die Beleuchtung der Signale geschieht normal mit von einer besonderen Transformatorwicklung geliefertem Wechselstrom. Sie wird aber beim Ausbleiben des Wechselstromes durch ein Relais auf die Batterie geschaltet.

2. Kurzzeitige Belastung mit hoher Stromstärke. Hierzu gehören besonders die kurzen, aber starken Stromstöße, die der Flügelmotor zur Signalstellung erfordert (z. B. 3 s lang 7 A). Diese Stromstöße werden von der Signalbatterie geliefert, die wiederum durch den viel geringeren Lade-

[1] Vgl. ETZ 1927, S. 10[illegible]6.
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 15[illegible]6.

strom, aber in erheblich längerer Zeit (Erholungszeit der Batterie) auf den Ausgangszustand gebracht wird. Der dauernde Ladestrom läßt sich als zeitlicher Durchschnittswert der Entladestromstöße errechnen zu

$$J = \frac{\sum_{t=0}^{t=T} i\, t}{T}.$$

Bei täglich 100 Signalstellungen (3 s, 7 A) ergibt sich der Ladestrom also zu

$$J = \frac{100 \cdot 7 \cdot 3}{24 \cdot 3600} = 0{,}025 \text{ A}.$$

Der Gleichrichter und alle anderen Speiseeinrichtungen (Transformator, Speiseleitung und Kraftquelle) haben also nur 25 mA zu liefern, zu denen jeweils die entsprechenden Verluste in der Batterie, im Gleichrichter, Transformator und Speiseleitung hinzukommen, während sonst alle Speiseeinrichtungen für einen Strom von ungefähr 7 A zu bemessen wären. Durch dies Zahlenbeispiel kommt ein wesentlicher Vorteil des Systemes klar zum Ausdruck: Trotzdem die Stromstöße im Verbrauchskreise sehr hoch sind, kann man dank der Floatingbatterie die Speiseeinrichtungen sehr klein und billig gestalten, da der Speisestrom weniger als ein Hundertstel der Verbrauchstromspitzen beträgt. Dieser geringe Stromverbrauch (bzw. große Entladezeit) ermöglicht es, für die positiven Platten Masseplatten zu verwenden, was für die Kapazität und die Lebensdauer der Batterie von Vorteil ist. Ein Beispiel der in Amerika benutzten Zellen zeigt uns Abb. 4.

In der obigen verlustlos durchgeführten Berechnung wurde schon auf die Verluste in der Batterie hingewiesen. Der Wirkungsgrad der Batterie (normal 0,9 ... 0,96 max.) ergibt sich als

$$\eta_w = \frac{\text{entladene}}{\text{geladene}} \text{ Amperestunden.}$$

Da die Floatingschaltung der Pufferschaltung ähnlich ist, in der man bekanntlich den höchsten Batteriewirkungsgrad erzielt, ist der Wirkungsgrad der Floatingbatterie sehr hoch, was durch Versuche bestätigt wurde. Die auftretenden Verluste sind wesentlich durch Selbstentladung bedingt, während die Verluste durch chemische Umsetzungen bei der Gasbildung so gut wie ganz fortfallen, was schon durch die Wahl der Zellenbatteriespannung klar zum Ausdruck kommt.

Man kann durch geeignete Wahl des Ladestromes die Betriebspannung in dem in Frage kommenden Bereich beliebig verändern. Es handelt sich nun darum, die günstigste Spannung zu wählen. Zu diesem Zwecke sind folgende zwei Bedingungen möglichst gut zu erfüllen:

1. geringste Verluste,
2. größte Kapazität.

Die erste Bedingung ist bei einer Spannung von 2,1 V erfüllt, während die zweite je nach der Zellentype eine Spannung von 2,4 ... 2,7 V erfordert. Aus eingehenden Überlegungen und Versuchen hat sich eine Zellenbetriebspannung von 2,15 V als günstigste erwiesen, damit fallen also die Verluste durch Gasentwicklung bei starker Ladung fast vollständig aus. Die Ursache der Verluste in der Floatingbatterie bleibt also wesentlich die Selbstentladung. Aus Versuchen ergab sich z. B. für die AFA-Type Mn2 ein Stromverlust durch Selbstentladung von ungefähr 60 mA, also weniger als 1 % des zehnstündigen Entladestromes (6,6 A). Für die oben errechneten Verhältnisse ergibt sich nun insgesamt ein Ladestrom von weniger als 0,1 A, der bei höchsten Belastungen auf Güterbahnhöfen bis zu 0,5 A wachsen kann.

Mit diesem Ladestrom sind wir in der Lage, die Klemmenspannung der Floatingbatterie konstant zu halten. Um hiervon ein genaueres Bild zu geben, sei der Verlauf der Floating-Klemmenspannung an Hand des Oszillogrammes Abb. 5 erläutert, u. zw. für einen Entladestromstoß von 7 A und 3 s Dauer. Beim Einschalten fällt die Spannung zunächst schnell dann langsam ab, bis sie beim Ausschalten der Belastung zunächst wieder steil (innerer Widerstand), dann aber ganz allmählich bis zum Ausgangswert ansteigt. Die Zeit vom Ausschalten bis zum Wiedererreichen der Floatingspannung (Erholungszeit) betrug im vorliegenden Falle bei einer Floatingspannung von 2,2 V über 5 min. Sie läßt sich aber durch Erniedrigung der Floatingspannung auf 2,1 ... 2,15 V noch wesentlich verringern. Damit dürfte die Arbeitsweise der Floatingbatterie in großen Zügen geklärt sein. Aus dieser Arbeitsweise ergeben sich für den praktischen Betrieb einige wichtige Tatsachen.

Die Unterbringung von gewöhnlichen Batterien ist besonders durch die Frostgefahr erschwert. Bei vorschreitender Entladung sinkt mit der Klemmenspannung auch die Säuredichte. Damit kommt der Gefrierpunkt der Säure in den Bereich der im Winter herrschenden Temperaturen, so daß man die Batterie gegen Frost besonders schützen muß. Für Floatingbatterien sind solche Maßnahmen nicht nötig, da bei ihnen die Säuredichte immer über 1,2 bleibt, so daß ihr Gefrierpunkt erst bei — 50° erreicht wird.

Diese hohe Frostsicherheit ermöglicht es, die Floatingbatterien im Freien neben dem Signal aufzustellen. So ist z. B. in amerikanischen Anlagen die Floatinganlage in einem am Mast sitzenden Schrank oder auch in einer betonierten Grube neben dem Mast untergebracht.

Abb. 5. Verlauf der Spannung eines Akkumulators bei einem Stromstoß.

Das Floatingsystem muß also infolge seiner geringen Ansprüche an Platz und Raum und seiner guten Anpassungsfähigkeit an jede Umgebung den gegenwärtig im Eisenbahnsignalwesen benutzten Stromversorgungssystemen vorgezogen werden. Auf langen Strecken ist es das einzig mögliche System, da seine Unterbringung auf freier Strecke in keinem Falle Schwierigkeiten bereitet. Aber auch auf dem Güterbahnhof, dem anderen Extrem, kann es sich mindestens mit den übrigen Systemen messen was Raumbedarf anbetrifft, in bezug auf seine Anpassungsfähigkeit und Sicherheit ist es ihnen bestimmt überlegen.

Bei solchen oft auf sehr kleinem Raum zusammengepferchten Floatinganlagen darf man auf keinen Fall die Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit vernachlässigen. Batteriegefäße und solche für elektrolytische Gleichrichter sind aus Glas herzustellen, damit der Kontrollbeamte auf den ersten Blick ihren Zustand übersehen kann. Im übrigen lassen sich diese beiden Bedingungen bei geschickter Anordnung der Einzelteile gut und leicht erfüllen. Je besser die Übersichtlichkeit und Zugänglichkeit sind, desto einfacher werden Bedienung und Kontrolle. Bedienung des Floatingsystemes ist zwar im normalen Betriebe nicht nötig, sie ist nur für neuaufgestellte Batterien bis zur genauen Einstellung auf die Betriebspannung erforderlich. Ist eine neue Batterie aufgestellt, so wird man sie zunächst erst einmal vollkommen aufladen, was durch Verringern des Regelwiderstandes erreichbar ist. Dann schaltet man den Widerstand langsam wieder ein, bis die Batterie die gewünschte Spannung erreicht hat. Am sichersten läßt sich dieser Punkt erfassen, wenn man an die Klemmen der Batterie ein schreibendes Voltmeter legt. Diese erste Einstellung muß sehr sorgfältig erfolgen, da auf ihr der gesamte spätere Betrieb aufgebaut ist. Ist sie genügend sorgfältig geschehen, so ist die Kontrolle nur in sehr großen Zwischenräumen erforderlich. Sie kann mit der Kontrolle des Signales zusammengefaßt werden. Der Kontrollbeamte hat dabei im wesentlichen auf den Zustand von Batterien und Gleichrichter zu achten. Ein Nachfüllen von destilliertem Wasser zu der Schwefelsäure ist nur selten nötig, da die Gasentwicklung nur gering ist. In Amerika hat man die Kontrollzeiten auf ein halbes bis sogar ein ganzes Jahr ausgedehnt, was den besten Beweis für den vollkommen selbsttätigen Betrieb des Floatingsystems liefert.

Faßt man alle Einzelheiten zusammen, so ergibt sich, daß das Floatingsystem technisch infolge seiner hohen Betriebsicherheit und Anpassungsfähigkeit und wirtschaftlich durch seine geringen Anschaffungs- und Betriebsunkosten allen anderen Systemen überlegen ist. Unter allen Vorteilen verleiht dem Floatingsystem den größten Vorzug seine hohe Betriebsicherheit, die es durch den vollselbsttätigen Betrieb erreicht. Unabhängig von Stromunterbrechungen und ganz besonders von menschlicher Wartung liefert es jederzeit die zum Signaldienst erforderliche Energie als wesentlichste Grundlage einer vorzüglichen Sicherheit im Eisenbahnverkehr. Zum Schluß sei noch kurz darauf hingewiesen, daß die Floatingschaltung auch in vielen anderen Betrieben große Vorteile bietet.

Materialgewichte und Trommelraumbedarf elektrischer Kabel.

Von Dr.-Ing. **Hans Müller**, Meißen.

Übersicht. Es werden zwei Nomogramme für die Materialgewichtsermittlung und die Berechnung der Trommelabmessungen für elektrische Kabel angegeben. Bei dieser Gelegenheit werden insbesondere die spezifischen Gewichte der im Kabel vorkommenden Stoffe einschließlich der Imprägniermassen zahlenmäßig festgelegt und auf ihren Genauigkeitsgrad hin kritisch gewürdigt.

A. Die Materialgewichte der Kabel.

Bei nur wenigen industriellen Erzeugnissen nehmen die Materialkosten eine so überragende Stellung innerhalb der Selbstkosten ein wie beim elektrischen Kabel. Die Ermittlung der Materialgewichte ist aber infolge der nach Art und Form großen Mannigfaltigkeit, in der die einzelnen Stoffe im Kabel vorkommen, reichlich unbequem. Es liegt daher nahe, nach einem graphischen Verfahren hierfür zu suchen. Die rechnerische Gewichtsermittlung geht den üblichen Weg der Multiplikation des Volumens mit dem spezifischen Gewicht. Bei der Bestimmung des Volumens ist davon auszugehen, daß alle Stoffe durch das ganze Kabel hindurch die gleichen Querschnittsflächen beibehalten; multipliziert man eine solche Fläche in mm² mit der Länge in km, so erhält man das Volumen in dm³, der Bezugseinheit für die spezifischen Gewichte in kg. Man erhält also durch Multiplikation des Querschnitts des betreffenden Materials in mm² mit dem spezifischen Gewicht das Materialgewicht in kg für 1 km Kabel bzw. es ist

$$G = \gamma F,$$

wenn G das Gewicht in kg/km Kabel, γ das spezifische Gewicht und F die Querschnittsfläche in mm² bedeuten. Betrachtet man den Querschnitt eines Dreileiter-Starkstromkabels mit runden Leitern, so erkennt man, daß die meisten Stoffe in einem kreisringförmigen Querschnitt oder einem Vielfachen davon auftreten. Sind d_a der Außendurchmesser und d_i der Innendurchmesser des Kreisringes, so ist

$$F = (d_a^2 - d_i^2)\,\frac{\pi}{4}$$

bzw.

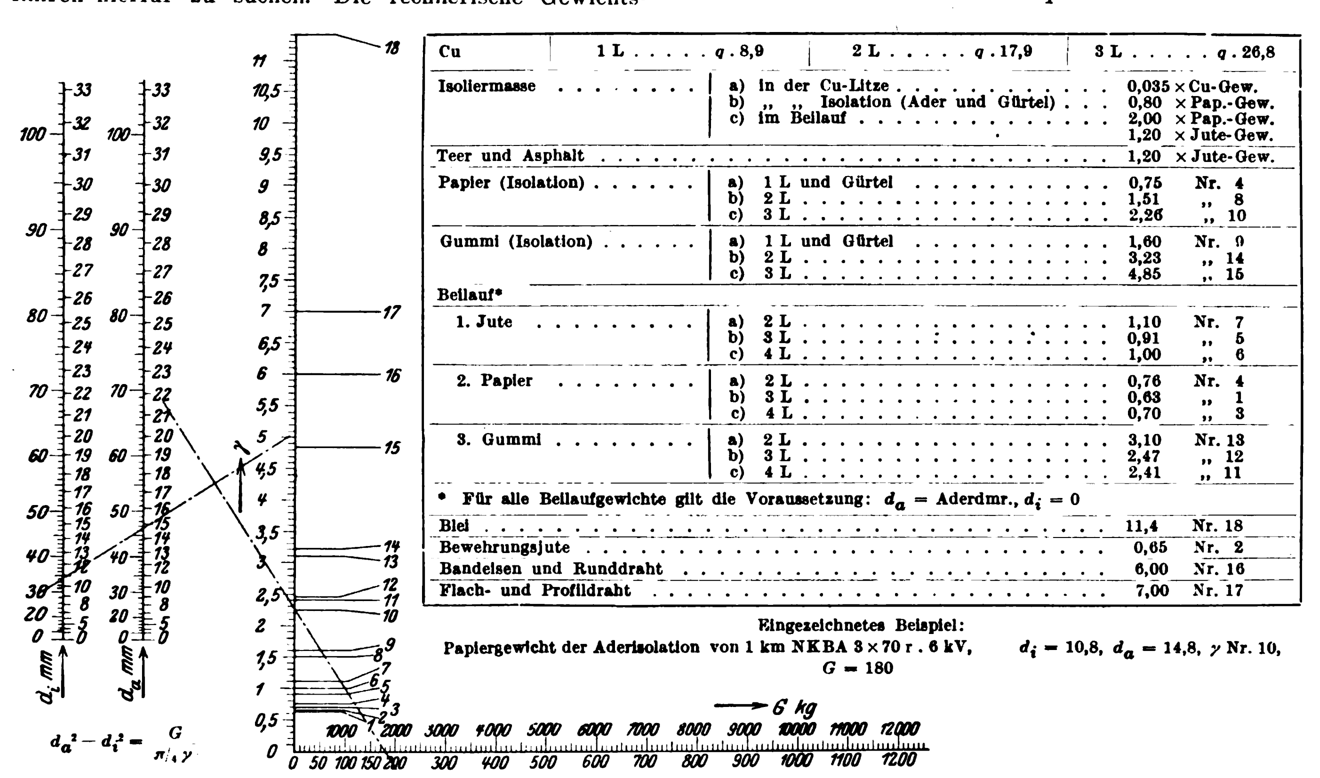
$$G = \gamma\,\frac{\pi}{4}\,(d_a^2 - d_i^2). \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Geeignete Verfahren zur Herstellung von Nomogrammen für 4 Veränderliche sind von Prof. C. v. Dobbeler angegeben worden[1]. Da es sich hier um additive und multiplikative Glieder handelt, kommt das dort beschriebene Beispiel in Frage, in dem zwei parallele und zwei sich senkrecht schneidende Skalen von zwei aufeinander senkrecht stehenden Geraden geschnitten werden; für diese Anordnung ist die Beziehung

$$\eta - \xi = \alpha\,\frac{\vartheta}{\zeta} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

abgeleitet worden, wo η und ξ die Teilung der parallelen Skalen, α ihren Abstand voneinander und ζ und ϑ die Teilung der sich senkrecht schneidenden Skalen bedeuten. Gl. (1) wäre dementsprechend auf die Form zu bringen:

$$d_a^2 - d_i^2 = \frac{G}{\frac{\pi}{4}\gamma} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1a)$$



Cu	1 L . . . . . q . 8,9	2 L . . . . . q . 17,9	3 L . . . . . q . 26,8
Isoliermasse	a) in der Cu-Litze	0,035 × Cu-Gew.	
	b) „ „ Isolation (Ader und Gürtel)	0,80 × Pap.-Gew.	
	c) im Beilauf	2,00 × Pap.-Gew.	
		1,20 × Jute-Gew.	
Teer und Asphalt		1,20 × Jute-Gew.	
Papier (Isolation)	a) 1 L und Gürtel	0,75	Nr. 4
	b) 2 L	1,51	„ 8
	c) 3 L	2,26	„ 10
Gummi (Isolation)	a) 1 L und Gürtel	1,60	Nr. 9
	b) 2 L	3,23	„ 14
	c) 3 L	4,85	„ 15
Beilauf*			
1. Jute	a) 2 L	1,10	Nr. 7
	b) 3 L	0,91	„ 5
	c) 4 L	1,00	„ 6
2. Papier	a) 2 L	0,76	Nr. 4
	b) 3 L	0,63	„ 1
	c) 4 L	0,70	„ 3
3. Gummi	a) 2 L	3,10	Nr. 13
	b) 3 L	2,47	„ 12
	c) 4 L	2,41	„ 11
* Für alle Beilaufgewichte gilt die Voraussetzung: d_a = Aderdmr., $d_i = 0$			
Blei		11,4	Nr. 18
Bewehrungsjute		0,65	Nr. 2
Bandeisen und Runddraht		6,00	Nr. 16
Flach- und Profildraht		7,00	Nr. 17

Eingezeichnetes Beispiel:
Papiergewicht der Aderisolation von 1 km NKBA 3 × 70 r . 6 kV, $d_i = 10{,}8$, $d_a = 14{,}8$, γ Nr. 10, $G = 180$

Abb. 1. Nomogramm der Materialgewichte.

Ein geeignetes Nomogramm erhält man etwa mit den Werten:

$$\eta = 0{,}02\,d_a^2, \qquad \xi = 0{,}02\,d_i^2, \qquad \alpha = \frac{100}{\pi},$$

$$\zeta = \frac{\pi}{4}\,\frac{100}{\pi}\,\gamma \text{ und } \vartheta = 0{,}02\,G.$$

Für d_i und d_a werden ungefähr die Werte von 0 ... 105, für γ von 0 ... 11,4 und für G von 0 ... 12 000 gebraucht. Da durch die quadratische Teilung der beiden parallelen Skalen die kleinen Werte für d_i und d_a sehr dicht zusammenfallen, empfiehlt es sich, in das Nomogramm noch einen zweiten Maßstab einzuzeichnen, der für d_i und d_a etwa die Werte von 0 ... 30 berücksichtigt, für G ergibt sich dann ein Bereich von 0 ... 1200. Diesen zweiten Maßstab erhält man, wenn man bei η, ξ und ϑ den Faktor 0,02 durch 0,2 ersetzt. Ein Nomogramm mit diesen zwei Maßstäben ist in Abb. 1 dargestellt. Man beachte, daß zu den an der linken Seite der parallelen Skalen eingetragenen Werten für d_i und d_a in den Grenzen zwischen 0 und 105 auf der Skala für G die oberen Werte von 0 ... 12 000 gehören, während die rechten Seiten der parallelen Skalen zu der unteren Skala für G von 0 ... 1200 gehören.

Man hat jetzt die γ-Skala für die γ-Werte der im Kabel vorhandenen Stoffe einzurichten, wobei man durch

[1] ETZ 1928, S. 467.

entsprechende Umrechnung dieses Faktors auch Abweichungen von der für das Nomogramm zugrunde gelegten kreisringförmigen Querschnittsform berücksichtigen kann; γ ist dann nicht mehr das tatsächliche spezifische Gewicht, sondern das spezifische Gewicht, welches der betreffende Stoff haben würde, wenn er unter Beibehaltung seines wirklichen Gewichtes das Volumen einnehmen würde, das für ihn in dem Nomogramm zugrunde gelegt wurde.

Das festgewickelte Papier der Aderisolation von Starkstromkabeln mit runden Leitern bildet einen genau kreisringförmigen Querschnitt, sein spezifisches Gewicht ist $\gamma = 0{,}75$ für Einleiterkabel. In Zwei- und Dreileiterkabeln tritt dieses Papier zwei- und dreimal auf, außerdem sind infolge der Verseilung die Adern etwa 0,5 % länger als das Kabel. Beide Abweichungen werden durch den Faktor γ ausgeglichen, wenn man

für Zweileiterkabel $\gamma = 2 \cdot 1{,}005 \cdot 0{,}75 = 1{,}51$ und
„ Dreileiterkabel $\gamma = 3 \cdot 1{,}005 \cdot 0{,}75 = 2{,}26$

setzt. Bei Vierleiterkabeln ist meistens der vierte Leiter als Nulleiter schwächer ausgebildet; man ermittelt in diesem Falle die Papiergewichte am besten getrennt für 3 + 1 Ader. Für die Gürtelisolation gilt dasselbe γ wie für die Aderisolation bei Einleiterkabeln. Dabei ist es zweckmäßig, die zwei Lagen Papier, welche in der Regel über dem Bleimantel als Unterlage für die Jutebedeckung aufgebracht werden, mit der Gürtelisolation zusammen zu erfassen, indem man den Durchmesser über der Gürtelisolation bei der Gewichtsermittlung um 1 mm größer einsetzt. Die angegebenen Papiergewichte beziehen sich auf festgewickeltes Papier mit einem mittleren Feuchtigkeitsgehalt von 9 %.

Besteht die Ader- und Gürtelisolation aus Gummi, so erhält man die Werte:

$\gamma = 1{,}6$ für Einleiterkabel und Gürtelisolation,
$\gamma = 2 \cdot 1{,}01 \cdot 1{,}6 = 3{,}23$ für Zweileiterkabel und
$\gamma = 3 \cdot 1{,}01 \cdot 1{,}6 = 4{,}85$ „ Dreileiterkabel.

(Da Gummikabel in der Regel mit kürzerem Drall verseilt werden, wurde für den Längenunterschied zwischen Ader und Kabel 1 % eingesetzt.)

Für den Bleimantel, welcher ebenfalls eine genau kreisringförmige Querschnittsfläche bildet, ist $\gamma = 11{,}4$.

Von der Bewehrung sei zunächst die Eisenschicht besprochen. Sie besteht entweder aus zwei Lagen Bandeisen mit einer negativen Überlappung von 25 % des Vorschubes ($k = -0{,}25$), aus Runddrähten, aus trapezförmigen Flachdrähten oder aus besonderen Profildrähten. Beim Bandeisen ist die kreisringförmige Querschnittsfläche nur zu 75 % ausgefüllt, beim Runddraht besteht etwa das gleiche Verhältnis, nämlich $\frac{\pi}{4} : 1$ (entsprechend $\frac{\pi}{4} d^2 : d^2$, wenn d der Durchmesser des Eisendrahtes ist), der Mittelwert aus beiden ist etwa 0,77. Mit einem spezifischen Gewicht für Eisendraht und Bandeisen von 7,8 erhält man für die Skala den Wert $\gamma = 0{,}77 \cdot 7{,}8 = 6{,}0$. Bei den Flach- und Profildrähten ist theoretisch die Querschnittsfläche voll ausgefüllt, es ist jedoch für die Abrundungen an den Berührungsflächen der Einzeldrähte ein Abzug zu machen, der sich zwischen 8 und 12 % bewegt. In diesem Falle ist also $\gamma = 7{,}0$ ein geeigneter Mittelwert.

Die Jute ist ein Stoff, der bedeutend weniger homogen ist und dessen Gewicht sich nicht so scharf erfassen läßt wie das der übrigen Stoffe. Den Ausgangspunkt müssen daher hier empirische Werte bilden. Ich habe aus vielen Messungen folgendes als brauchbare Durchschnittswerte ermittelt: Mit einer Jute C Nr. 0,5 metrisch (bekanntlich eine Jute der C-Qualität, von der ein 0,5 km langer Faden 1 kg wiegt) erreicht man einen Auftrag von 1,5 mm, d. h. die Wandstärke der kreisringförmigen Querschnittsfläche einer solchen Jutebelegung beträgt 1,5 mm. Als spezifisches Gewicht der ungetränkten Jute, bezogen auf das Volumen des entsprechenden Hohlzylinders von der Wandstärke 1,5 mm, ergab sich aus diesen Messungen $\gamma = 0{,}65$. Dieser Wert ist in die γ-Skala als spezifisches Gewicht für die ungetränkte Jutebedeckung unter und über der Bewehrung einzusetzen. Für eine annähernd richtige Gewichtsermittlung der Jute ist natürlich außer γ auch die Zugrundelegung einer richtigen Wandstärke von ausschlaggebender Bedeutung. Es sei daher hier noch angegeben, wie man die Stärken anderer Jutefäden, ausgehend von den oben erwähnten empirischen Werten, errechnet. Der Auftrag der Jute sei dem Durchmesser des einzelnen Jutefadens gleichgesetzt (die tatsächlich erfolgende Deformierung der Jutefäden wird relativ für alle Jutestärken etwa die gleiche sein). Dann hat 1 kg eines Jutefadens C Nr. 0,50 das Volumen 0,88 dm³. Dividiert man dieses Volumen durch die Länge eines Jutefadens in km, die dem Gewicht von 1 kg entspricht, d. h. also durch die Nummer der Jutedimension, so erhält man den Querschnitt des Jutefadens in mm² und hieraus den Durchmesser bzw. den Auftrag des Jutefadens. Bezeichnet man mit s den Auftrag der Jute in mm und mit J die Nummer der Jutedimension, so entspricht der obigen Überlegung die Formel

$$s^2 \frac{\pi}{4} = \frac{0{,}88}{J}$$

oder

$$s = \frac{1{,}06}{\sqrt{J}} \quad \text{. . . . . (3)}$$

Aus dieser Formel erhält man z. B. mit Jute C Nr. 0,8 für s den Wert 1,185 und mit Jute C Nr. 0,3 für s den Wert 1,935, also knapp 1,2 und 2,0. Diese Werte habe ich durch Messungen bestätigt gefunden.

Auch die Beilaufjute läßt sich in das dem Nomogramm zugrunde gelegte System einordnen. Die Dichte der Juteausfüllung in den Beilaufräumen sowie die Größe der Querschnittsflächen der Beilaufräume habe ich an anderer Stelle behandelt[2]. Ich habe für γ 0,5 ... 0,6 angegeben. Die Spanne zwischen dem Wert von γ für die Bewehrungsjute und dem kleinsten Wert von γ für die Beilaufjute von 0,65 bis herunter auf 0,5 erklärt sich aus der Tatsache, daß elastische Stoffe wie Jute sich in einem Raum mit wenigstens nach einer Richtung hin kleiner Ausdehnung (z. B. geringe Wandstärke bei der Bewehrungsjute) stärker zusammenpressen als in Räumen mit größeren Ausdehnungen. Infolgedessen gilt auch für die Beilaufjute von den beiden Grenzwerten für γ der Wert 0,6 für schwache Kabel mit kleinen Beilaufräumen und der Wert 0,5 für starke Kabel mit großen Beilaufräumen. Für das Nomogramm soll der Mittelwert von 0,55 zugrundegelegt werden. Die Querschnittsflächen der Beilaufräume sind $1{,}571\, d^2$ für Zweileiterkabel, $1{,}291\, d^2$ für Dreileiterkabel und $1{,}434\, d^2$ für Vierleiterkabel, wenn d der Aderdurchmesser ist. Setzt man in dem Nomogramm $d_a = d$ und $d_i = 0$, so erhält man eine Fläche $\frac{\pi}{4} d^2$. Man kann den Faktor γ derart vergrößern, daß man mit dieser Bezugsfläche die richtigen Beilaufgewichte erhält; daher ist in die Skala einzusetzen:

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1{,}571}{\pi} \cdot 0{,}55 = 1{,}1 \text{ für Zweileiterkabel,}$$

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1{,}291}{\pi} \cdot 0{,}55 = 0{,}91 \text{ „ Dreileiterkabel,}$$

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1{,}434}{\pi} \cdot 0{,}55 = 1{,}0 \text{ „ Vierleiterkabel.}$$

Die angegebenen Zahlen für Jutegewichte gelten für Jute mit einem mittleren Feuchtigkeitsgehalt von 15 %. Beim Beilauf ist außerdem darauf zu achten, daß die Ausfüllung der Hohlräume tatsächlich in der beschriebenen[3] Dichte erfolgt; nur dann sind die Zahlen richtig. Man trifft auch Kabel, die weniger dicht ausgefüllt sind und die deshalb noch nicht unrund sind. Diese Kabel leisten aber geringeren Widerstand gegen Eindrücken des Bleimantels und enthalten entsprechend der fehlenden Jute mehr Imprägniermasse.

Benutzt man Papiergarn als Beilauf, so legt man als spezifisches Gewicht der Raumausfüllung die Hälfte des Wertes für festgewickeltes Papier zugrunde und erhält unter Berücksichtigung der Flächenreduzierung in derselben Weise wie bei der Jute:

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1{,}571}{\pi} \cdot 0{,}38 = 0{,}76 \text{ für Zweileiterkabel,}$$

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1{,}291}{\pi} \cdot 0{,}38 = 0{,}63 \text{ „ Dreileiterkabel,}$$

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1{,}434}{\pi} \cdot 0{,}38 = 0{,}70 \text{ „ Vierleiterkabel.}$$

Bezüglich des Feuchtigkeitsgehaltes gilt hier dasselbe, was für das Isolationspapier festgelegt wurde. Außerdem ist wie beim Jutebeilauf der Ausfüllungsgrad der Hohlräume zu beachten.

Erfolgt die Ausfüllung der Beilaufräume durch Gummi, so werden nur die äußeren Beilaufzwickel ausgefüllt; die Querschnittsflächen der Beilaufräume sind dann $1{,}571\, d^2$ für Zweileiterkabel, $1{,}251\, d^2$ für Dreileiterkabel und $1{,}219\, d^2$ für Vierleiterkabel. Mit einem spezi-

[2] ETZ 1927, S. 420.
[3] Wie Fußnote 2.

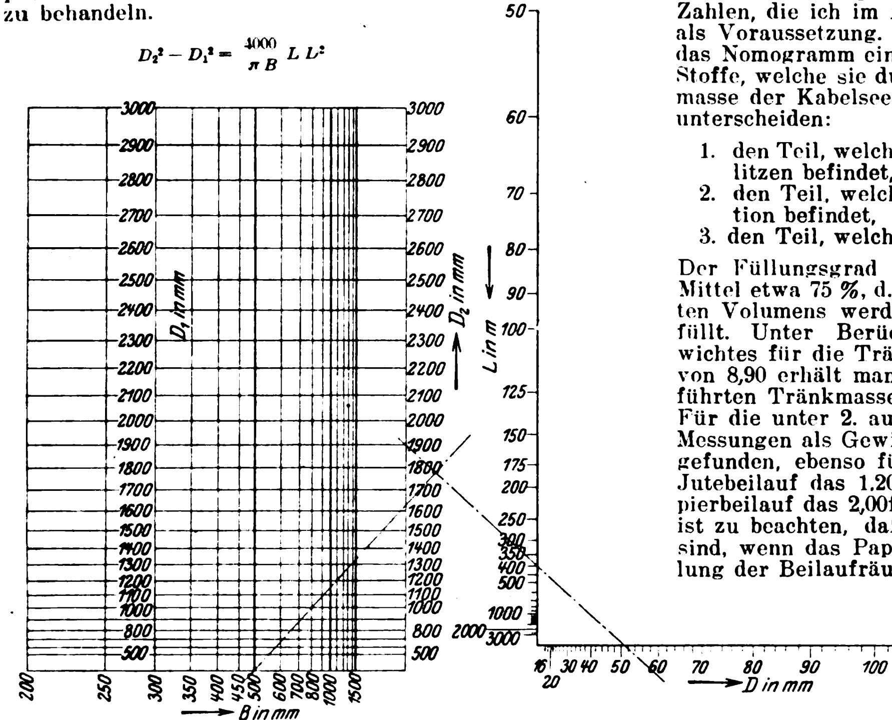
fischen Gewicht für Ausfüllgummi von 1,55 erhält man in der gleichen Weise wie für Jute und Papierbeilauf:

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1{,}571}{\pi} \cdot 1{,}55 = 3{,}10 \text{ für Zweileiterkabel,}$$

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1{,}251}{\pi} \cdot 1{,}55 = 2{,}47 \text{ „ Dreileiterkabel,}$$

$$\gamma = \frac{4 \cdot 1{,}219}{\pi} \cdot 1{,}55 = 2{,}41 \text{ „ Vierleiterkabel.}$$

Zu beachten ist, daß es sich hier nur um die Ausfüllung der Zwickel handelt; die im gleichen Arbeitsvorgang umpreßte äußere Hülle ist als Gürtelisolation zu behandeln.



Eingezeichnetes Beispiel: Trommel für 400 m NKBA 3 × 70 r · 6 kV
$D = 51$ $D_1 = 1000$ $D_2 = 1630$ $B = 800$

Abb. 2a. Trommel-Nomogramm.

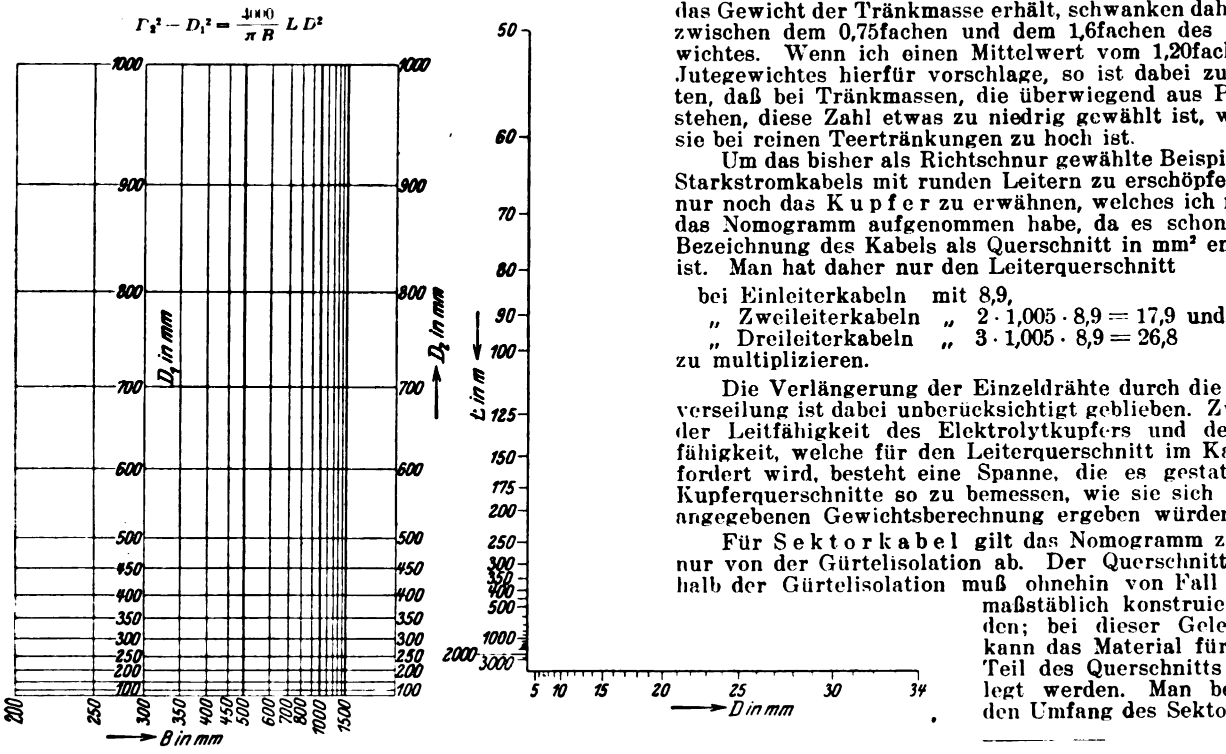


Abb. 2b. Trommel-Nomogramm.

War bei den bisher behandelten Stoffen ein teilweise vollkommen und in den übrigen Fällen wenigstens annähernd gleichmäßiges Vorkommen festzustellen, so wird die Angabe einheitlicher Werte für die jetzt zu besprechenden T r ä n k m a s s e n wegen der großen Verschiedenartigkeit an ganz bestimmte Voraussetzungen bezüglich des Sättigungsgrades der Tränkung gebunden sein müssen. Für die T r ä n k u n g d e r K a b e l s e e l e bedeutet es einen großen Unterschied, ob ein Kabel heiß aus der Tränkmasse herausgehoben wird, so daß ein großer Teil der in heißem Zustand sehr dünnflüssigen Masse wieder herausfließen kann, oder ob man das Kabel in der Tränkmasse lo lange erkalten läßt, bis die Tränkmasse vollständig salbenartige Struktur besitzt. Für die Zahlen, die ich im folgenden angebe, gilt der letzte Fall als Voraussetzung. Ich werde die Tränkmassen nicht in das Nomogramm einführen, sondern sie als Vielfaches der Stoffe, welche sie durchsetzen, bestimmen. Für die Tränkmasse der Kabelseele hat man dabei folgende Anteile zu unterscheiden:

1. den Teil, welcher sich in den Hohlräumen der Kupferlitzen befindet,
2. den Teil, welcher sich in der Ader- und Gürtelisolation befindet,
3. den Teil, welcher sich im Beilauf befindet.

Der Füllungsgrad der Kupferlitze ist bekanntlich[4] im Mittel etwa 75 %, d. h. 25 % des von der Litze beanspruchten Volumens werden beim Tränken durch Masse ausgefüllt. Unter Berücksichtigung eines spezifischen Gewichtes für die Tränkmasse von 0,92 und für das Kupfer von 8,90 erhält man für das Gewicht der unter 1. aufgeführten Tränkmasse das 0,035fache des Kupfergewichtes. Für die unter 2. aufgeführte Tränkmasse habe ich durch Messungen als Gewicht das 0,80fache des Papiergewichtes gefunden, ebenso für die unter 3. aufgeführte Masse bei Jutebeilauf das 1,20fache des Jutegewichtes und bei Papierbeilauf das 2,00fache des Papiergewichtes. Auch hier ist zu beachten, daß die angegebenen Zahlen nur richtig sind, wenn das Papier fest gewickelt ist und die Ausfüllung der Beilaufräume die vorgeschriebene Dichte hat.

Bei der T r ä n k u n g d e r B e w e h r u n g s j u t e liegen die Verhältnisse noch ungleichmäßiger als bei der Tränkung der Kabelseele. Es werden teerartige und pechartige Stoffe verwandt, es wird teilweise die Jute vor der Verarbeitung getränkt und geschleudert, teilweise bei der Verarbeitung bespült. Die Werte, welche man für das Gewicht der Tränkmasse erhält, schwanken daher auch zwischen dem 0,75fachen und dem 1,6fachen des Jutegewichtes. Wenn ich einen Mittelwert vom 1,20fachen des Jutegewichtes hierfür vorschlage, so ist dabei zu beachten, daß bei Tränkmassen, die überwiegend aus Pech bestehen, diese Zahl etwas zu niedrig gewählt ist, während sie bei reinen Teertränkungen zu hoch ist.

Um das bisher als Richtschnur gewählte Beispiel eines Starkstromkabels mit runden Leitern zu erschöpfen, wäre nur noch das K u p f e r zu erwähnen, welches ich nicht in das Nomogramm aufgenommen habe, da es schon in der Bezeichnung des Kabels als Querschnitt in mm² enthalten ist. Man hat daher nur den Leiterquerschnitt

bei Einleiterkabeln mit 8,9,
„ Zweileiterkabeln „ $2 \cdot 1{,}005 \cdot 8{,}9 = 17{,}9$ und
„ Dreileiterkabeln „ $3 \cdot 1{,}005 \cdot 8{,}9 = 26{,}8$
zu multiplizieren.

Die Verlängerung der Einzeldrähte durch die Litzenverseilung ist dabei unberücksichtigt geblieben. Zwischen der Leitfähigkeit des Elektrolytkupfers und der Leitfähigkeit, welche für den Leiterquerschnitt im Kabel gefordert wird, besteht eine Spanne, die es gestattet, die Kupferquerschnitte so zu bemessen, wie sie sich aus der angegebenen Gewichtsberechnung ergeben würden.

Für S e k t o r k a b e l gilt das Nomogramm zunächst nur von der Gürtelisolation ab. Der Querschnitt innerhalb der Gürtelisolation muß ohnehin von Fall zu Fall maßstäblich konstruiert werden; bei dieser Gelegenheit kann das Material für diesen Teil des Querschnitts festgelegt werden. Man bestimmt den Umfang des Sektorleiters

[4] ETZ 1927, S. 988.



und erhält durch Division durch π den Wert[5] für d_i und durch Hinzufügen der doppelten Isolationswandstärke den Wert für d_a. Mit Hilfe dieser beiden Werte kann man das Gewicht der Aderisolation aus dem Nomogramm entnehmen. Die Beilaufflächen errechnet man mit ausreichender Genauigkeit, indem man von der durch die Gürtelisolation umschlossenen Querschnittsfläche ein entsprechendes Vielfaches von $d_a^2 \frac{\pi}{4}$ abzieht. (Dieser Faktor hängt von der Art der Sektorkonstruktionen ab, die bei den einzelnen Werken verschieden ausgeführt werden.)

Bei Schwachstromkabeln benutzt man das Nomogramm erst vom Bleimantel ab; denn die Kabelseele besteht durchweg aus gleichen Gebilden, so daß man hierfür die Materialgewichte verhältnismäßig einfach errechnen kann, indem man von dem entsprechenden Element, der Ader, dem Paar oder dem Vierer ausgeht. Treten hierbei einzelne Lagen von Papier auf (wie sie übrigens auch bei anderem Material vorkommen, z. B. imprägniertes Band bei Gummikabeln), so errechnet man ihr Gewicht zweckmäßig aus der Oberfläche, da in der Regel das Quadratmetergewicht derartigen Materials bekannt ist. Multipliziert man eine Dimension einer Fläche in mm mit der anderen Dimension in km, so erhält man die Fläche in m². Multipliziert man also den Durchmesser in mm, über dem das Material aufgebracht ist, mit dem π-fachen Quadratmetergewicht des Materials, so erhält man sein Gewicht für 1 km Länge. Dabei ist die Überlappung, wenn sie positiv ist, durch Zuschläge entsprechend der prozentualen Überlappung, im umgekehrten Fall durch entsprechende Abzüge zu berücksichtigen. Bei der Baumwoll- und Seidenbespinnung dünner Drähte geht man zur Gewichtsermittlung zweckmäßig andere Wege, die schon früher von S. Ledermann an dieser Stelle erörtert wurden[6]. Das gleiche Verfahren läßt sich sinngemäß auch auf Beflechtungen anwenden.

B. Das nutzbare Trommelvolumen.

Zu den Materialkosten im weiteren Sinne gehören auch die Kosten für das Verpackungsmaterial, in diesem Falle also für die Kabeltrommeln. Es sei daher hier noch ein Verfahren zur Ermittlung der richtigen Trommelabmessungen angegeben. Eine von mir früher angegebene Berechnungsmethode für das Fassungsvermögen der Trommeln benutzt das nutzbare Volumen der Trommel und das Volumen des Kabels mit dem Quadrat des Durchmessers als Querschnitt[7]. Sind L die Kabellänge, D_1 der Kerndurchmesser, D_2 der nutzbare Flanschdurchmesser, B die lichte Weite der Trommel und D der Kabeldurchmesser, so entspricht diesem Annäherungsverfahren die Gleichung

$$D_2^2 - D_1^2 = \frac{4000}{\pi B} L D^2, \quad \dots\dots\dots (4)$$

wo L in m und alle übrigen Abmessungen in mm einzusetzen sind. Auch für die Darstellung der Gl. (4) läßt sich das schon einmal besprochene Nomogramm verwenden, dem die Beziehung $\eta - \xi = \alpha \frac{\vartheta}{\zeta}$ zugrunde liegt, wobei in diesem Falle, da 5 Veränderliche gebraucht werden, der Abstand α der parallelen Skalen veränderlich ist; man erhält also eine Schar vieler paralleler Skalen für die ξ- bzw. D_1-Werte. Mit den Maßstäben

$$\eta = 0{,}000\,02\, D_2^2, \quad \xi = 0{,}000\,02\, D_1^2, \quad \alpha = 7{,}5\,\pi \frac{4000}{\pi B},$$

$$\zeta = \frac{0{,}1\,\pi}{0{,}000\,02\, L} \quad \text{und} \quad \vartheta = \frac{0{,}1}{7{,}5} D^2$$

erzielt man ein brauchbares Nomogramm. In der gleichen Weise wie beim ersten Nomogramm läßt sich auch in dieses Nomogramm ein zweiter Maßstab eintragen, wenn man

$$\eta = 0{,}000\,2\, D_2^2, \quad \xi = 0{,}000\,2\, D_1^2 \quad \text{und} \quad \vartheta = \frac{1}{7{,}5} D^2$$

setzt. In Abb. 2a und 2b sind diese Nomogramme mit den beiden Maßstäben getrennt dargestellt (dies geschah mit Rücksicht auf den einfarbigen verkleinerten Druck; wenn man das Nomogramm zeichnet, verwendet man zweckmäßig für beide Maßstäbe verschiedene Farben). Für die Benutzung des Nomogramms sei noch daran erinnert, daß die zugrunde gelegte Formel eine Annäherungsformel ist, die dann ungenau wird, wenn es sich um sehr kurze Längen handelt, die nur eine bis zwei Lagen auf der Trommel bilden. Für diese Fälle, welche z. B. bei den oft sehr kurzen hochpaarigen Anschlußkabeln der Reichspost auftreten, läßt sich die Rechnung mit der genauen Formel[8] nicht vermeiden.

[5] ETZ 1926, S. 147.
[6] ETZ 1923, S. 843.
[7] ETZ 1927, S. 423.
[8] Wie Fußnote 7.

C. Beispiel.

Abschließend möchte ich an Hand eines Beispiels die Verwendung der beschriebenen Nomogramme für die Materialgewicht- und Trommelraum-Ermittlung im Zusammenhang zeigen. Ich wähle ein Dreileiterkabel für 6000 V mit runden Leitern vom Querschnitt 70 mm², dessen Bezeichnung nach den VDE-Vorschriften NKBA 3×70 r · 6 kV lautet. Für dieses Kabel gelten folgende Konstruktionsdaten:

Kupferlitze	10,8 mm Dmr.
Papierisolierte Ader . .	14,8 „ „
3 verseilte Adern . . .	31,9 „ „
Gürtelisolation	35,9 „ „
Bleimantel	39,9 „ „
1. Jutebedeckung . . .	43,9 „ „
2 Lagen Bandeisen . .	47,1 „ „
2. Jutebedeckung . . .	51,1 „ „ .

Zum Aufsuchen der jedesmal zusammengehörigen vier Skalenschnittpunkte verwendet man zweckmäßig anstatt eines rechtwinkligen Dreiecks eine Zelluloidplatte, auf der man zwei sich rechtwinklig überschneidende Geraden einritzt. Wollte man sich auf das Dreieck beschränken, so müßte man die Nomogramme sehr weit auseinanderziehen. In der nachfolgenden Zahlentafel sind die vier Skalenschnittpunkte d_a, d_i, γ und G für die Ermittlung eines jeden Materials zusammengestellt.

	d_i mm	d_a mm	γ Nr.	G kg
Papier der Aderisolation	10,8	14,8	10	180
Beilaufjute	0	14,8	5	155
Papier der Gürtelisolation u. 2 Lagen über dem Bleimantel	31,9	36,9	4	200
Blei	35,9	39,9	18	2700
Jute der ersten Bedeckung (ohne die 2 Papierlagen)	40,9	43,9	2	130
Bandeisen	43 9	47,1	16	1370
Jute der zweiten Bedeckung . . .	47,1	51,1	2	200

Es folgen die Materialgewichte, die ohne Nomogramm zu ermitteln sind:

Kupfer: 70 · 26,8 . . . . 1876 kg
Tränkmasse der Isolation:
1. 0,035 × *Cu*-Gewicht . . . . . . 66 „
2. 0,80 × Gewicht des Ader- und Gürtelisolationspapiers . . . . 304 „
3. 1,20 × Gewicht der Beilaufjute . . 186 „
Zusammen 556 kg.
Tränkmasse der Bewehrung:
1,20 × Gewicht der Bewehrungsjute . . 400 „ .

Damit sind sämtliche Materialgewichte bezogen auf 1 km Kabel ermittelt.

Will man das Gesamtgewicht des Kabels haben, so hat man von der Summe der Materialgewichte von 7767 kg die herausgetrocknete Feuchtigkeit abzuziehen, also in diesem Beispiel 9 % des Papiergewichts gleich 34 kg und 15 % des Gewichtes der Beilaufjute gleich 23 kg. Das Gesamtgewicht des Kabels beträgt dann etwa 7700 kg. (In dem gewählten Beispiel spielt das Gewicht des herausgetrockneten Wassers kaum eine Rolle; bei Höchstspannungskabeln ist das Verhältnis jedoch anders.) Ich erwähne noch — was aus dieser Rechnung bereits hervorgeht —, daß die angegebenen Zahlen keinerlei Zuschläge für bei der Fabrikation entstehende Abfälle enthalten.

Für die Festlegung der Trommelabmessungen sei angenommen, daß der Kunde das Kabel in Einzellängen von 400 m verlangt. Mit Rücksicht auf den Kabeldurchmesser sei D_1 = 1000 mm angenommen. Demnach sind jetzt die Skalenpunkte $D = 51$, $L = 400$ und $D_1 = 1000$ bestimmt. Legt man die beiden senkrechten Geraden durch diese drei Punkte, so findet man, daß zu jedem Wert von B ein entsprechender von D_2 gehört; man muß also für eine der beiden Größen noch eine Entscheidung treffen, die bezüglich der Breite B etwa durch die Breite des Transportgerätes und bezüglich des Durchmessers D_2 durch die Höhen der zu passierenden Tore und Brückenbogen bedingt sein mag. Es soll für den vorliegenden Fall $B = 800$ mm angenommen werden, dann ergibt sich für D_2 etwa 1630 mm. Zu diesem Wert für D_2 sind etwa 10 % zu addieren, da über dem nutzbaren Raum der Trommel außen je etwa 5 % des Flanschdurchmessers freibleiben müssen. Man erhält also folgende Trommelabmessungen:

äußerer Flanschdurchmesser . .	1800 mm
Kerndurchmesser	1000 „
lichte Weite	800 „

Damit ist auch der Trommelraumbedarf des als Beispiel gewählten Kabels bestimmt.

Die Stromwendungschwankungen der Spannung von Gleichstromerzeugern.

II. Teil*

(Wicklungen mit mehr als 2 Spulenseiten in 1 Nut.)

Von Ing. Dr. techn. **Heinrich Sequenz,** Wien.

Übersicht. Für Gleichstromankerwicklungen mit mehr als zwei Spulenseiten in einer Nut, bei denen die Nuten- und Stegzahl durch die Paarzahl der Ankerstromzweige ganzzahlig teilbar sind und die ebenso viele Pole wie Ankerstromzweige haben, werden Formeln für den Ungleichförmigkeitsgrad der Spannung hergeleitet. Dabei wird eine neue Art der Wicklungsdarstellung verwendet, die in einer Verbindung des Spannungsvielecks mit dem reduzierten Schema von A r n o l d besteht. Vorausgesetzt wird bei diesen Formeln, daß die Feldmagnete der Gleichstrommaschine ein zeitlich unveränderliches Feld erzeugen, dessen Normalkomponente der Induktion am Ankerumfang sinusförmig verteilt ist.

Einleitung.

Im ersten Teile dieses Aufsatzes* wurden jene Wicklungen auf die Spannungschwankungen untersucht, die dieselbe Nutenzahl wie Stegzahl hatten, bei denen also in einer Nut nur zwei Spulenseiten untergebracht waren.

In diesem zweiten Teile sollen nun Wicklungen betrachtet werden, wo mehr als zwei Spulenseiten in einer Nut liegen. Hier wird die Stegzahl daher ein Vielfaches der Nutenzahl sein. Die Untersuchungen sollen aber nicht für alle möglichen Fälle durchgeführt, sondern mit folgenden Einschränkungen gemacht werden:

1. Ausgeschieden seien Wicklungen, bei denen die Nutenzahl N, die Stegzahl K und die Polpaarzahl p durch die Paarzahl der Ankerstromkreise nicht ganzzahlig teilbar sind. Nur bei ganzzahligen Werten der angeführten Verhältnisse decken sich die a Spannungsvielecke der Wicklnug völlig und nur solche Wicklungen mögen hier untersucht werden. Bei Werten der Verhältnisse $\frac{N}{a}$, $\frac{K}{a}$ und $\frac{p}{a}$, die nicht ganzzahlig sind, decken sich die a Spannungsvielecke nicht; sie liegen gegeneinander verschoben und es können Ausgleichströme entstehen, die zu Bürstenfeuer führen.

2. Ferner seien Wicklungen aus der Betrachtung ausgeschlossen, die Spannungsvielecke mit nach innen gerichteten Ecken aufweisen.

Wenn auch die jetzt genannten Fälle noch in den Kreis der Untersuchungen aufgenommen worden wären, so würde der Umfang der Arbeit unerträglich groß geworden sein. In diesem Aufsatze ist aber das Verfahren, nach dem der Ungleichförmigkeitsgrad der Spannung ermittelt wurde, so oft verwendet worden, daß eine Anwendung auf einen Sonderfall aus den hier nicht betrachteten Wicklungen keinerlei Schwierigkeit bereiten kann.

I. Bedingung für Spannungsvielecke mit nur nach außen gerichteten Ecken.

In den Abb. 7 u. 8 meiner Arbeit[1] „Die Symmetriebedingungen für Gleichstromankerwicklungen" sind Wicklungen dargestellt, deren Spannungsvielecke Ecken aufweisen, die nach innen gerichtet sind. Auch in R. R i c h t e r, „Ankerwicklungen für Gleich- und Wechselstrommaschinen"[2] ist auf S. 58 in Abb. 53 ein Spannungsvieleck einer eingängigen Wellenwicklung gezeichnet, das nach innen gerichtete Ecken enthält.

Für die Ableitung der Formeln für die Spannungsschwankungen wird es nun nicht gleichgültig sein, ob das Spannungsvieleck nur Ecken enthält, die nach außen gerichtet sind, oder auch solche, die nach innen gerichtet sind. Es soll daher die Bedingung zuerst gesucht werden, die erfüllt werden muß, damit das Spannungsvieleck nur nach außen gerichtete Ecken aufweist.

Bekanntlich zeichnet man das Spannungsvieleck einer Wicklung (nach dem angeführten Buche von Richter) auf folgende Weise:

1. entwirft man den Spannungstern, wobei der Phasenwinkel zwischen ungleichphasigen Strahlen

$$\alpha' = \frac{t_1}{N} \cdot 360°$$

beträgt, wenn t_1 der größte Teiler ist, den die Nutenzahl N und die Polpaarzahl p gemeinsam haben;

2. beziffert man einen beliebigen Strahl mit $1, 2, \ldots, \frac{s_n}{2}$, wobei s_n die Zahl der Spulenseiten in einer Nut bedeutet; dann beziffert man jenen Strahl, der um den Winkel

$$\alpha = \frac{p}{N} \cdot 360°$$

gegen den zuerst bezifferten Strahl phasenverschoben ist, mit $\frac{s_n}{2} + 1, \frac{s_n}{2} + 2, \ldots, s_n$; dann den um abermals $\alpha°$ phasenverschobenen Strahl mit $s_n + 1$, $s_n + 2$, $\ldots, s_n + \frac{s_n}{2}$, usw;

3. beginnt man das Spannungsvieleck zu zeichnen, indem man einen beliebigen Spannungstrahl mit der Bezifferung x aufträgt; an diesen Strahl setzt man den Spannungstrahl des Sternes mit der Bezifferung $(x + y_K)$, an diesen den Strahl $(x + 2y_K)$ usw. y_K ist dabei der Stegschritt.

Bei einer e i n g ä n g i g e n S c h l e i f e n w i c k l u n g ist nun $y_K = 1$. Beginnt man das Spannungsvieleck mit dem Strahle „1" zu zeichnen, so hat man an diesen den Strahl $1 + y_K =$ „2" zu reihen, an diesen den Strahl $2 + y_K =$ „3", usw. Liegen $\frac{s_n}{2}$ Spulenseiten in der Nut nebeneinander, so haben bei gewöhnlichen Schleifenwicklungen mit Spulen gleicher Weite $\frac{s_n}{2}$ Spulen dieselbe Phase; d. h. ein Strahl des Spannungsternes trägt die Bezifferung $1, 2, \ldots, \frac{s_n}{2}$. Es kommen daher $\frac{s_n}{2}$ Spannungsstrahlen in dieselbe Phasenlage. Das Spannungsvieleck hat somit $\frac{N}{a}$ Ecken und jede seiner Seiten enthält $\frac{s_n}{2}$ gleichgerichtete Spulenspannungen. Das Spannungsvieleck weist also n u r n a c h a u ß e n g e r i c h t e t e E c k e n auf. Bekanntlich ist aber für solche eingängige Schleifenwicklungen die Polzahl $2p$ gleich der Ankerstromzweigzahl $2a$, also

$$a = p.$$

Es liegt die Vermutung nahe, daß alle Wicklungen mit soviel Ankerstromzweigen als Polen nur nach außen gerichtete Ecken im Spannungsvieleck haben werden.

Abb. 1. Spannungstern einer Wellenwicklung mit $a = p$.

Betrachten wir die W e l l e n w i c k l u n g e n. Die Wicklungsformel lautet hier:

$$y_K = \frac{K \mp a}{p}.$$

Ist $a = p$, dann wird daraus

$$y_K = \frac{K \mp a}{a} = \frac{K}{a} \mp 1.$$

Wir zeichnen nun den Spannungstern, dessen Strahlen um den Winkel

$$\alpha' = \frac{t_1}{N} \cdot 360°$$

in der Phase verschoben sind. Dann beziffern wir den ersten Strahl mit $1, 2, \ldots, \frac{s_n}{2}$. Nun suchen wir den Strahl, der gegen den jetzt bezifferten um den Winkel

$$\alpha = \frac{p}{N} \cdot 360° = \frac{a}{N} \cdot 360° \text{ (für } p = a)$$

phasenverschoben ist. Wir haben aber im Spannungstern $\frac{N}{t_1}$ Strahlen, wobei t_1 der größte Teiler ist, den N und $p = a$ gemeinsam haben. Gehen wir daher um den Winkel α weiter, so kommen wir zu einem Strahl, der gegen den zuerst bezifferten der a-te Strahl ist, wenn

$$a = a\, t_1$$

---

* I. Teil: ETZ 1929, S. 1221.
[1] ETZ 1928, S. 1217.
[2] Berlin 1920, Verlag Julius Springer.

gesetzt wird. Diesen neuen Strahl beziffern wir nun mit $\frac{s_n}{2}+1,\ \frac{s_n}{2}+2, \ldots, s_n$ (siehe Abb. 1). $\frac{N}{t_1}$, die Zahl der Strahlen des Spannungsternes, ist selbstverständlich durch a nicht teilbar, da ja t_1 der größte Teiler ist, den N und a gemeinsam haben. Daher trägt der letzte Strahl die Bezifferung $\left(\frac{K}{a}-\frac{s_n}{2}\right)\ldots\frac{K}{a}$. Zeichnen wir nun das Spannungsvieleck auf, indem wir mit dem Strahl „1" beginnen, so haben wir daran den Strahl $1+y_K=1+\frac{K}{a}\mp 1$ zu fügen. Dies gibt für linksgängige Wicklungen den Strahl mit der Bezifferung „$\frac{K}{a}$" und für rechtsgängige Wicklungen den Strahl $\left(\frac{K}{a}+2\right)$ = „2'". Nun haben wir für linksgängige Wicklungen den Strahl $1+2\,y_K=1+2\left(\frac{K}{a}-1\right)=2\,\frac{K}{a}-1$, d. h. den Strahl $\frac{K}{a}-1$ anzufügen. Für rechtsgängige Wicklungen ist der Strahl $1+2y_K=1+2\left(\frac{K}{a}+1\right)=2\frac{K}{a}+3$, d. h. der Strahl „3" anzusetzen usw. Jetzt sehen wir, daß bei rechtsgängigen Wicklungen die aneinanderzureihenden Strahlen 1, 2, 3, ... in dieselbe Gerade zu liegen kommen und bei linksgängigen Wicklungen die Strahlen $\frac{K}{a}, \frac{K}{a}-1$, ... ebenso. Das heißt aber, daß wir bei solchen W e l l e n w i c k l u n g e n, f ü r d i e $a=p$ ist, wie bei der gewöhnlichen Schleifenwicklung ein Spannungsvieleck erhalten, das n u r n a c h a u ß e n g e r i c h t e t e E c k e n aufweist.

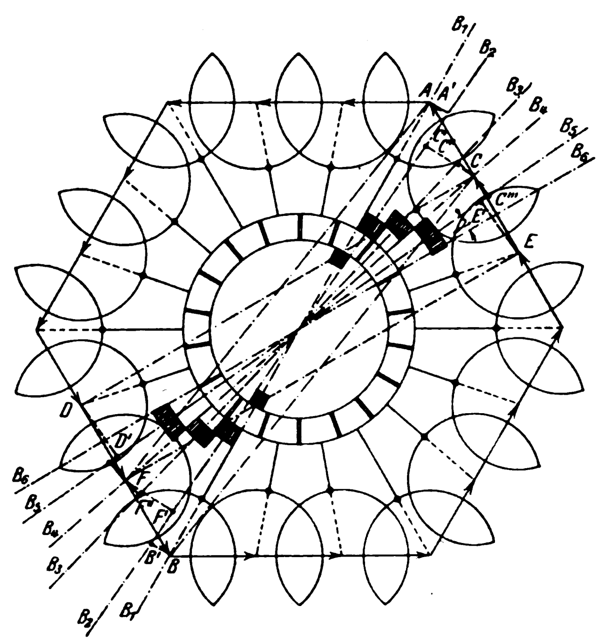


Abb. 2. Spannungsvieleck und reduziertes Schema für $\frac{N}{a}$ gerade, $\frac{s_n}{2}$ ungerade.

Auch der Beweis von der negativen Seite her ist leicht zu führen. Ist der Spannungstern gezeichnet, so hat man an den Strahl „1" im Spannungsvieleck den Strahl $\left(1+\frac{K\mp a}{p}\right)$ zu fügen. Damit dieses Spannungsvieleck aber keine nach innen gerichteten Ecken aufweise, muß dieser zweite Strahl die Bezifferung „2" oder „$\frac{K}{a}$" tragen, d. h. zu 1 muß entweder $\left(\frac{K}{a}+1\right)$ oder $\left(\frac{K}{a}-1\right)$ dazugezählt werden. Das bedeutet aber nichts anderes, als daß $y_K=\frac{K}{a}\pm 1$ sein muß, oder $a=p$ ist.

In jedem anderen Falle würde, wie man sich leicht überzeugen kann, zwischen zwei parallelen Strahlen eine Anzahl anders gerichteter Strahlen liegen, was aber schon nach innen gerichtete Ecken liefert.

Daher gilt allgemein: W i c k l u n g e n, f ü r d i e d i e P o l z a h l g l e i c h d e r A n k e r s t r o m z w e i g z a h l i s t, g e b e n S p a n n u n g s v i e l e c k e m i t E c k e n, d i e n u r n a c h a u ß e n g e r i c h t e t s i n d. Dies gilt aber nur für Wicklungen, deren Spulen alle gleiche Weiten haben. Treppenwicklungen verhalten sich anders. Auf diese soll in dieser Untersuchung aber nicht eingegangen werden.

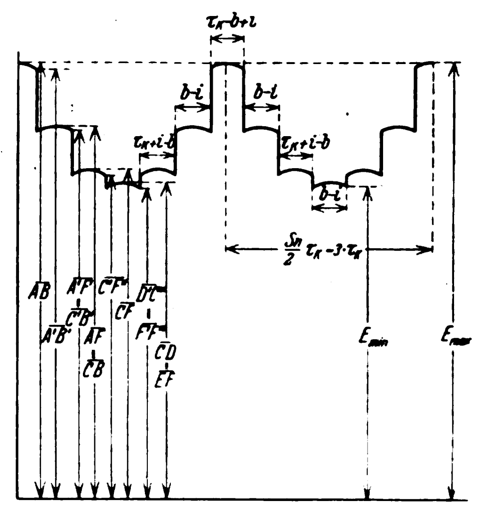


Abb. 3. Spannungschwankungen für $\frac{N}{a}$ gerade, $\frac{s_n}{2}$ ungerade.

II. Bürstenbreite kleiner als eine Stegteilung ($b<\tau_K$).

a) $\frac{N}{a}$ g e r a d z a h l i g.

α) $\frac{s_n}{2}$ ungerade.

Wie aus den Abb. 2 u. 3 zu ersehen ist, ist der Höchstwert der Spannung gleich dem Durchmesser $2R$ des dem Spannungsvieleck umschriebenen Kreises und tritt bei der Bürstenstellung B_1B_1 auf.

$$E_{\max}=\overline{AB}=2\,R.$$

Der Kleinstwert dagegen ist die Projektion des Durchmessers des dem Spannungsvieleck einbeschriebenen Kreises auf die Bürstenstellung B_5B_5, also

$$E_{\min}=\overline{E'F'''}=\overline{D'C'''}=2\,R\cos\frac{\pi\,a}{N}\cos\frac{2\,\pi\,a}{K\,\tau_K}\cdot\frac{b-i}{2}.$$

Die Spannungschwankungen in Hundertteilen vom Mittelwert werden daher

$$\varepsilon\%=\pm\frac{E_{\max}-E_{\min}}{E_{\max}+E_{\min}}100\%=\pm\frac{1-\cos\frac{\pi a}{N}\cos\frac{\pi a}{K}\cdot\frac{b-i}{\tau_K}}{1+\cos\frac{\pi a}{N}\cos\frac{\pi a}{K}\cdot\frac{b-i}{\tau_K}}100\%.$$

β) $\frac{s_n}{2}$ gerade.

Aus den Abb. 3 u. 4 erkennt man, daß der Kleinstwert der Spannung bei einem geradzahligen $\frac{s_n}{2}$, d. h. für den Fall, daß in einer Nut eine gerade Anzahl von Spulenseiten nebeneinander liegen, den Wert

$$E_{\min}=2\,R\cos\frac{\pi a}{N}\cos\frac{2\,\pi\,a}{K\,\tau_K}\cdot\frac{\tau_K+i-b}{2}$$

annimmt, weil hier

$$\gamma=\frac{2\,\pi\,a}{K\,\tau_K}\cdot\frac{\tau_K+i-b}{2}$$

ist, während früher

$$\gamma=\frac{2\,\pi\,a}{K\,\tau_K}\cdot\frac{b-i}{2}$$

war. Die Spannungschwankungen sind in diesem Falle

$$\varepsilon\%=\pm\frac{1-\cos\frac{\pi a}{N}\cos\frac{\pi a}{K}\cdot\frac{\tau_K+i-b}{\tau_K}}{1+\cos\frac{\pi a}{N}\cos\frac{\pi a}{K}\cdot\frac{\tau_K+i-b}{\tau_K}}100\%.$$

Die Frequenz der Spannungschwankungen ist

$$f=\frac{2\,v_K}{s_n\,\tau_K}=N\frac{n}{60}\ [\text{Hz}].$$

b) $\frac{N}{a}$ ungeradzahlig.

α) $\frac{s_n}{2}$ gerade.

Der Höchstwert der Spannung ist, wie die Abb. 5 u. 6 lehren, gleich $\overline{AB}$.

$$E_{\max} = \overline{AB} = R + R\cos\frac{\pi a}{N} = 2\,R\cos^2\frac{\pi a}{2N}\,.$$

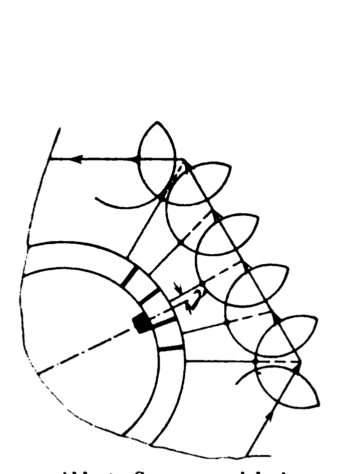


Abb. 4. Spannungsvieleck und reduziertes Schema für $\frac{N}{a}$ gerade, $\frac{s_n}{2}$ gerade.

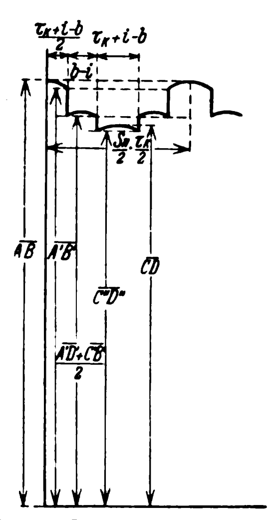


Abb. 6. Spannungschwankungen für $\frac{N}{a}$ ungerade, $\frac{s_n}{2}$ gerade.

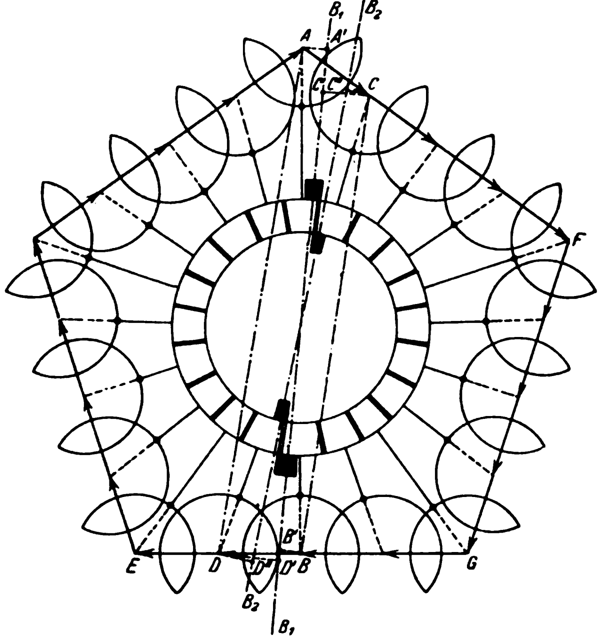


Abb. 5. Spannungsvieleck und reduziertes Schema für $\frac{N}{a}$ ungerade, $\frac{s_n}{2}$ gerade.

Der Kleinstwert der Spannung ist die Projektion der Vielecksehne $\overline{CD}$ auf die Bürstenverbindungslinie B_2B_2; daher ist

$$E_{\min} = \overline{C''D''} = \overline{CD}\cos\frac{\pi a}{K}\,\frac{\tau_K+i-b}{\tau_K}$$
$$= 2\,R\cos^3\frac{a\pi}{2N}\cos\frac{\pi a}{K}\,\frac{\tau_K+i-b}{\tau_K}\,.$$

Die Spannungschwankungen werden damit

$$\varepsilon\,\% = \pm\frac{1-\cos\frac{a\pi}{2N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{\tau_K+i-b}{\tau_K}}{1+\cos\frac{a\pi}{2N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{\tau_K+i-b}{\tau_K}}\;100\,\%.$$

Diese Formel gilt für ein geradzahliges $\frac{s_n}{4}$, für das sie abgeleitet wurde. Für ein ungerades $\frac{s_n}{4}$ wird die Ungleichförmigkeit der Spannung

$$\varepsilon^0{}_0 = \pm\frac{1-\cos\frac{a\pi}{2N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_K}}{1+\cos\frac{a\pi}{2N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_K}}\cdot 100\,\%.$$

β) $\frac{s_n}{2}$ ungerade.

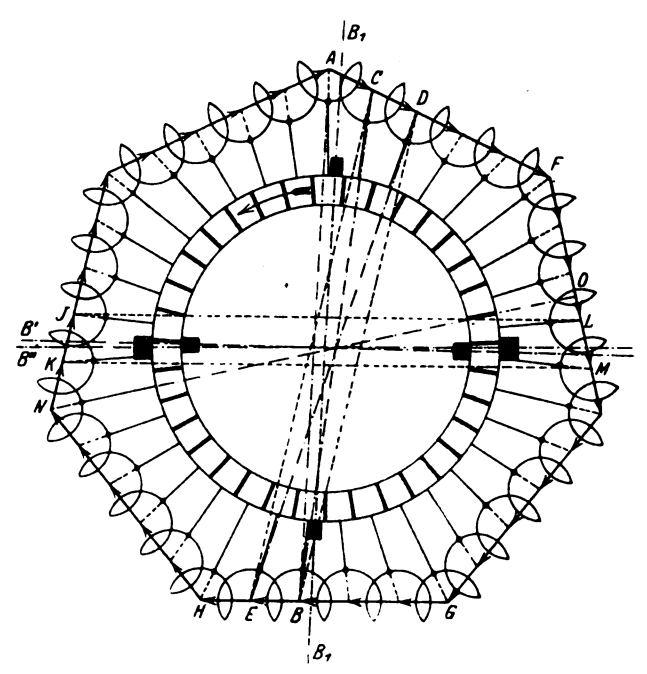


Abb. 7. Spannungsvieleck und reduziertes Schema für $\frac{N}{a}$ ungerade, $\frac{s_n}{2}$ ungerade, $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$ gerade.

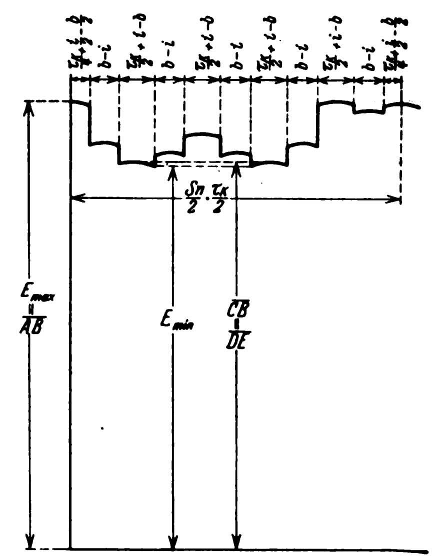


Abb. 8. Spannungschwankungen für $\frac{N}{a}$ ungerade, $\frac{s_n}{2}$ ungerade, $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$ gerade und $b < \frac{\tau_K}{2}$.

A. Bürstenbreite kleiner als eine halbe Stegteilung $\left(b < \frac{\tau_K}{2}\right)$.

Der Höchstwert ist hier offenbar $\overline{AB}$. Macht man die Annahme, daß der zu einer Vielecksehne gehörige Peripheriewinkel im gegenüberliegenden Eckpunkte durch die Verbindungsgeraden der Endpunkte der Spannungstrahlen in dieser Vielecksehne mit diesem gegenüberliegenden



Eckpunkte in gleiche Teile zerlegt wird, so erhält man für den Spannungshöchstwert

$$E_{\max} = \overline{AB} = 2\,R\,\frac{\cos^2 \frac{\pi a}{2\,N}}{\cos \frac{\pi a}{s_n\,N}}\,.$$

Abb. 9. Spannungsvieleck und reduziertes Schema für $\frac{N}{a}$ ungerade, $\frac{s_n}{2}$ ungerade, $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$ ungerade.

Bei der Ermittlung des Mindestwertes der Spannung hat man zwei Fälle zu unterscheiden, nämlich den Fall, daß $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$ geradzahlig, und den Fall, daß dieser Wert ungeradzahlig ist. Es soll zuerst der erste Fall behandelt, also die Untersuchungen für ein g e r a d z a h l i g e s $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$ durchgeführt werden.

Dieser Fall ist in Abb. 7 gezeichnet $\left(\frac{\frac{s_n}{2}-1}{2}=2\right)$. Der Mindestwert der Spannung tritt bei der dargestellten Wicklung (35 Spulen in jedem Paar der Ankerstromzweige, die in 7 Nuten untergebracht sind) zweimal in einer Periode der Stromwendungschwankungen auf, wie man aus der Abb. 8 erkennen kann. Diese Mindestwerte sind

$$E_{\min} = \overline{CB} \cos \frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2}+i-b\right)$$
$$= \overline{DE} \cos \frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2}+i-b\right).$$

Die Diagonalen $\overline{CB}$ und $\overline{DE}$ können angenähert gerechnet werden zu

$$\overline{CB} = \overline{DE} = \frac{1}{2}\,(\overline{CE}+\overline{DB})\,\frac{1}{\cos \frac{\pi a}{K}}\,.$$

Mit diesen Werten findet man den Mindestwert der Spannung

$$E_{\min} = 2\,R \cos \frac{a\,\pi}{2\,N}\left[\cos^2 \frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2 \frac{a\,\pi}{2\,N}\right]$$
$$\times \cos \frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2}+i-b\right)\frac{1}{\cos \frac{\pi a}{K}}\,.$$

Die Ungleichförmigkeit der Spannung ist daher für ein geradzahliges $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$:

$$\varepsilon\,\% = \pm \frac{\cos \frac{a\,\pi}{2\,N} \cos \frac{a\,\pi}{K} - \left[\cos^2 \frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2 \frac{a\,\pi}{2\,N}\right] \cos \frac{a\,\pi}{2\,K} \cos \frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2}+i-b\right)}{\cos \frac{a\,\pi}{2\,N} \cos \frac{a\,\pi}{K} + \left[\cos^2 \frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2 \frac{a\,\pi}{2\,N}\right] \cos \frac{a\,\pi}{2\,K} \cos \frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2}+i-b\right)}\,100\,\%.$$

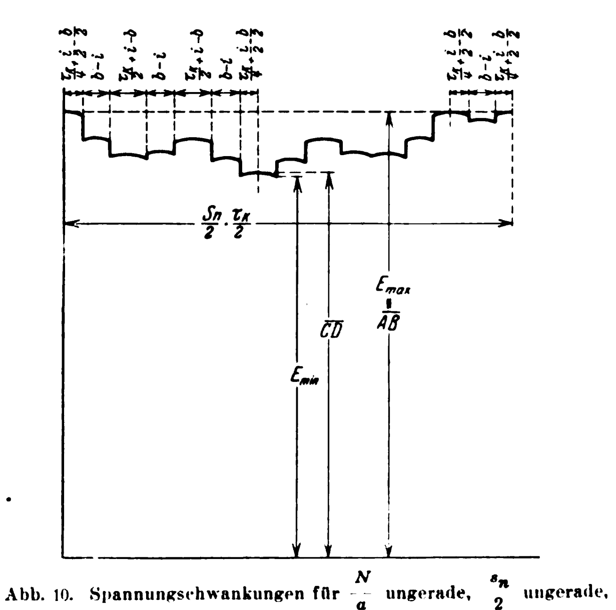


Abb. 10. Spannungsschwankungen für $\frac{N}{a}$ ungerade, $\frac{s_n}{2}$ ungerade, $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$ ungerade und $b < \frac{\tau_K}{2}$.

Nimmt man nun $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$ u n g e r a d z a h l i g an, so ist nach Abb. 9 u. 10 der Spannungshöchstwert wie früher

$$E_{\max} = \overline{AB} = 2\,R\,\frac{\cos^2 \frac{a\,\pi}{2\,N}}{\cos \frac{a\,\pi}{2\,K}}\,.$$

Der Spannungskleinstwert wird dagegen

$$E_{\min} = \overline{CD} \cos \frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2}+i-b\right)$$
$$= 2\,R \cos \frac{a\,\pi}{2\,N}\left[\cos^2 \frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2 \frac{a\,\pi}{2\,N}\right]$$
$$\times \cos \frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2}+i-b\right).$$

Die Ungleichförmigkeit der Spannung wird daher für ein ungeradzahliges $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$:

$$\varepsilon\,\% = \pm \frac{\cos \frac{a\,\pi}{2\,N} - \left[\cos^2 \frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2 \frac{a\,\pi}{2\,N}\right] \cos \frac{a\,\pi}{2\,K} \cos \frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2}+i-b\right)}{\cos \frac{a\,\pi}{2\,N} + \left[\cos^2 \frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2 \frac{a\,\pi}{2\,N}\right] \cos \frac{a\,\pi}{2\,K} \cos \frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2}+i-b\right)}\,.\,100\,\%\,.$$

(Schluß folgt.)

RUNDSCHAU.

Elektromaschinenbau.

Synchronmotoren mit wandernder Erregerachse. — Von V. A. Fynn werden in El. u. Maschinenb. Motoren beschrieben, die einigen bekannten Formen von Mehrphasen-Induktions-Kommutatormotoren nahe verwandt sind. Der Läufer trägt die über Schleifringe mit dem Netz verbundene Dreiphasenwicklung sowie die Kommutatorwicklung, die die Erregung liefert. Der Ständer enthält die Erregerwicklungen, die ebenso wie die Kommutatorbürsten verstellbar angeordnet sind. An zahlreichen Kreisdiagrammen zeigt A. Fynn, wie sich in Abhängigkeit von der Lage der Drehfeldachse bei den verschiedenen Stellungen der Bürsten und Erregerwicklungen zueinander das synchronisierende Moment M, der Leistungsfaktor $\cos\varphi$ und das der Läuferdurchflutung entsprechende Feld $\mathfrak{F}_a$ ändern.

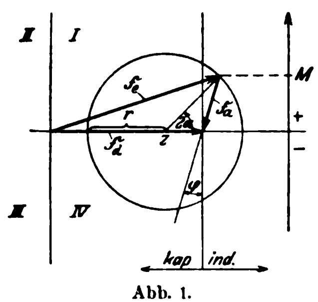
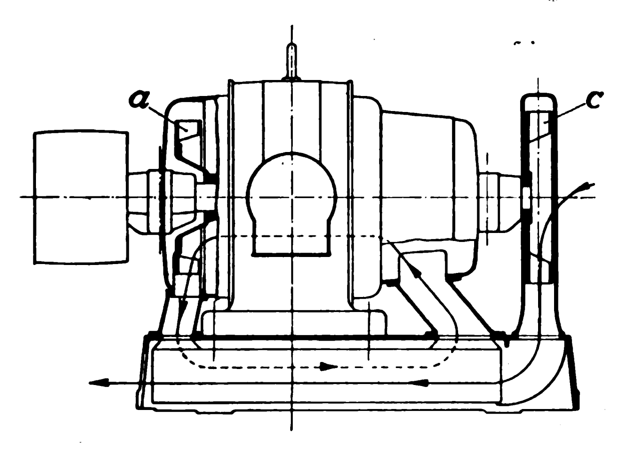


Abb. 1.

Zur Vereinfachung der immerhin noch unübersichtlichen Diagramme ist die Erregerwicklung statt dreiphasig nur zweiphasig angenommen. Ein Kreisdiagramm sei in Abb. 1 vereinfacht wiedergegeben: Es stellen dar $\mathfrak{F}_d$ das zur angelegten Spannung gehörige Drehfeld, $\mathfrak{F}_e$ das Erregerfeld, $\mathfrak{F}_a$ das Ankerfeld. $\mathfrak{F}_d = \mathfrak{F}_e + \mathfrak{F}_a$. Das Drehmoment ist bei gegebenem $\mathfrak{F}_d$ proportional der zu $\mathfrak{F}_d$ senkrecht stehenden Komponente von $\mathfrak{F}_e$. Bekanntlich ergibt sich ein Wechseldrehmoment mit doppelter Schlupffrequenz des Motors. Die Spitze von $\mathfrak{F}_e$ bewegt sich also mit doppelter Winkelgeschwindigkeit um Z. Die Lage des Mittelpunktes Z sowie der Halbmesser r des Kreises um Z sind durch die gegenseitige Lage der Erregerwicklungen und Bürsten gegeben. Aus der Lage von $\mathfrak{F}_a$ läßt sich der Leistungsfaktor $\cos\varphi$ entnehmen.

In Abb. 1 liegt Z in der Richtung von $\mathfrak{F}_d$, und M besitzt ebenso große positive wie negative Werte. Der Mittelwert von M ist dagegen positiv (Motor), wenn Z im Quadranten *I* und *II* liegt, negativ (Generator) für Z im Quadranten *III* und *IV*. Der Leistungsfaktor ändert sich ebenfalls mit der Lage des Drehfeldes $\mathfrak{F}_d$ gegenüber den Erregerwicklungen. Der Motor belastet das Netz kapazitiv, wenn die Komponente von $\mathfrak{F}_e$ in Richtung $\mathfrak{F}_d$ größer ist als $\mathfrak{F}_d$, induktiv, wenn sie kleiner ist. (Vgl. A. Fynn, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 25 u. 49.) *Zrn.*

Geschlossene Garbe-Lahmeyer-Motoren. — Bei großen Motorleistungen reicht die Anbringung von Rippen am Gehäuse und auch die beim Mantelmotor angewandte Kühlmethode nicht mehr aus, um bei wirtschaftlicher Ausnutzung des Materials die Verlustwärme abzuführen. Daher haben bereits im Jahre 1921 die Deutschen Elektrizitäts-Werke zu Aachen, Garbe, Lahmeyer & Co. einen anderen Weg mit Erfolg beschritten, der auch bei großen Leistungen die wirtschaftliche Verwendung ganz geschlossener Motoren gestattet. Abb. 2 zeigt die erste Ausführung eines Motors, dessen Innenluft, ohne mit der Außenluft in unmittelbare Berührung zu kommen, nach dem sogenannten Gegenstromprinzip gekühlt wird. In der hohlen Grundplatte ist ein Lamellenkühler aus dünnwandigem Blech eingebaut. Durch einen im Innern des Motors befindlichen Lüfter *a* wird die Innenluft durch den Kühler getrieben, wo sie ihre Wärme an die Wandungen abgeben kann. Durch einen zweiten außen befindlichen Lüfter *c* wird Außenluft im Gegenstrom an der Außenseite der Lamellen *b* entlanggedrückt, wo sie die vom inneren Luftstrom abgegebene Wärme aufnimmt und aus der an der Antriebseite offenen Grundplatte ins Freie befördert. Da der in der Grundplatte untergebrachte Kühlkörper in staubigen Betrieben der Gefahr der Verschmutzung sehr ausgesetzt ist, hat die genannte Firma noch eine andere Ausführung durchgebildet, bei der der Kühlkörper **über** dem Motor angeordnet ist. Bezüglich der Wirkungsweise besteht kein Unterschied gegenüber der Ausführung nach Abb. 2.



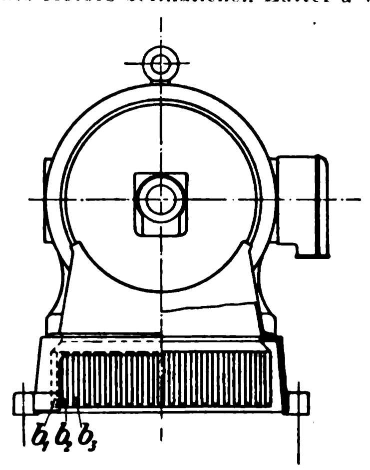



Abb. 2. Prinzip der Gegenstromkühlung an einem geschlossenen Motor.

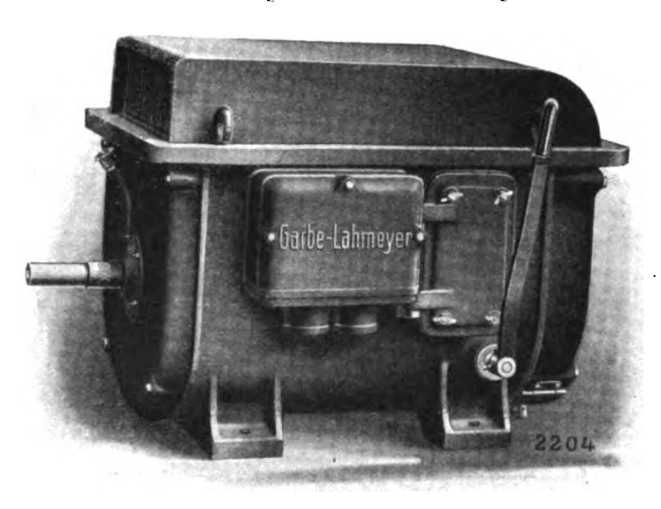


Abb. 3. Motor und Kühler zusammengebaut.

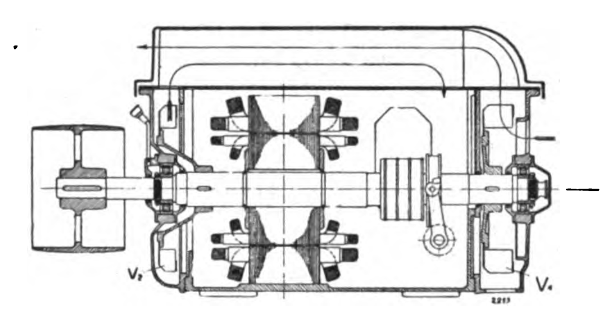


Abb. 4. Weg der Kühlluft im Motor nach Abb. 3.



Ein besonderer Vorzug der beschriebenen Ausführung liegt darin, daß der Motor selbst hinsichtlich seines Aufbaues von der normalen Ausführung nicht abweicht, und daß die Kühleinrichtung nachträglich an jeden auf Lager vorrätigen Motor angebaut werden kann. Einen Nachteil kann man darin erblicken, daß Motor und Kühler kein geschlossenes Ganzes bilden, und daß der freiliegende Kühler und seine Anschlußstutzen in rauhen Betrieben leicht beschädigt werden können. Die weitere Entwicklung führte daher zu einem Motor, von dem Abb. 3 eine Gesamtansicht zeigt. Motor und Kühler bilden hier ein geschlossenen, einheitliches und formschönes Ganzes, das auch die rauheste Behandlung verträgt, ohne Schaden zu nehmen. Der ganze Motor ist in ein oben offenes Gehäuse ohne mittlere Teilfuge (DRP. a.) eingebaut. Das Fehlen dieser Teilfuge verringert die Länge der abzudichtenden Flächen und gewährleistet daher einen besseren Abschluß gegen die Außenluft. Den oberen Abschluß bildet der durch eine kräftige Haube geschützte Kühler. Nach Abnehmen dieser Schutzhaube kann der Kühler bequem gereinigt werden. Wenn der Kühler abgehoben ist, sind alle Teile des Motors bequem zugänglich. Der Läufer läßt sich samt Ständerblechpaket und Lagerschildern nach oben herausnehmen. Es ist aber auch möglich, den Läufer allein nach der Antriebseite hin axial herauszuziehen, nachdem das Lagerschild der Antriebseite entfernt ist. Die Kühlung erfolgt nach den gleichen Gesichtspunkten wie bei den in Abb. 2 dargestellten Maschinen. Der Weg der Innen- und Außenluft innerhalb des Kühlers ist in Abb. 4 durch Pfeile angedeutet. Der Motor hat sich gut bewährt. *fi*

Leitungen.

Armatol-Mastenschutz. — Um an hölzernen Leitungsmasten die Stelle, wo der Mast das Erdreich verläßt, der gefährlichen Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit und somit der Fäulnisbildung zu entziehen, hat die Firma Wilhelm Carstens G. m. b. H., Hamburg, ein Verfahren ausgearbeitet, das unter dem Namen „Armatol"-Mastenschutz[1] auf den Markt kommt. Eine aus verzinktem Eisenblech hergestellte Manschette (Abb. 5) wird derartig um den Mast gelegt, daß zwischen Mast und Manschette ein Raum von etwa 20 ... 25 mm verbleibt. Dieser Luftraum wird mit einer vorher auf Siedehitze gebrachten Isoliermasse ausgegossen, wodurch ein luftdichter und feuchtigkeitsicherer Verschluß der gefährdeten Zone erreicht wird. Die Isoliermasse hält den Mast von allen fäulniserregenden Einflüssen und Fäulniserregern frei. Die Manschette ist 62 cm lang, der Länge nach aufgeschnitten und an den Schnittflächen beiderseits mit einem Falz versehen. Die Falze greifen ineinander, wodurch sich die Manschette leicht schließen läßt. Sie wird so eingesetzt, daß nur die Hälfte der Manschette, also etwa 31 cm, in die Erde hineinkommt. Der zu schützende Mast wird also auf eine Tiefe von etwa 31 cm freigegraben und die Manschette herumgelegt. Die normale Manschette hat einen Durchmesser von 240 mm und paßt in den meisten Fällen für den 10-m-Mast mit 17 ... 19 cm Zopfstärke. Für stärkere Masten wird einfach ein Paßstück, je nach Stärke des Mastes, in die Falze hineingeschoben (Abb. 6). Diese Paßstücke werden in einer Breite von 60, 120, 180 und 240 mm geliefert. Nachdem die Manschette eingesetzt ist, wird die ausgehobene Erde ringsherum wieder eingestampft, u. zw. in der Art, daß der Luftraum zwischen Manschette und Mast überall gleichmäßig ist. Dieser Luftraum wird jetzt mit einem besonders für diesen Zweck präparierten heißen Isoliergoudron ausgegossen (Abb. 7). Es ist darauf zu achten, daß die in der Kelle befindliche Masse nicht schäumt oder brodelt, da sonst die Gefahr vorliegt, daß die ausgegossene Masse in der Manschette Blasen bildet und sich auch nach dem Erkalten in der Masse Luftbläschen bilden. Man gieße daher die Masse langsam ein. Es empfiehlt sich, zwei- oder dreimal nachzugießen, damit auf jeden Fall eine absolut homogene Schicht erzielt wird. Nachdem man mit dem Vergießen des Isoliergoudrons fertig ist, wird die Manschette oben geschlossen. Um nun einen möglichst dichten und festen Abschluß und einen glatten Übergang von Manschette zum Mast zu erhalten, damit sich oberhalb der Isoliermasse keine Feuchtigkeit ansammeln kann, ist der obere Teil der Manschette mehrfach geschlitzt, so daß einzelne Streifen entstehen, die übereinander greifen. Diese Streifen werden halsförmig an den Mast gepreßt und durch eine Schelle festgelegt, so daß ein fester und glatter Abschluß erreicht ist und Regenwasser ablaufen kann (Abb. 8). Zur Erhöhung der Haltbarkeit und zum besseren Abschluß gegen Feuchtigkeit wird der obere Teil der Manschette, besonders der Hals, mit dem heißen Isoliergoudron nochmals überstrichen und die Arbeit ist fertig.

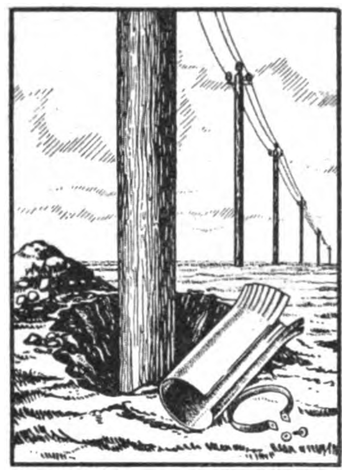




Abb. 5. Manschette.

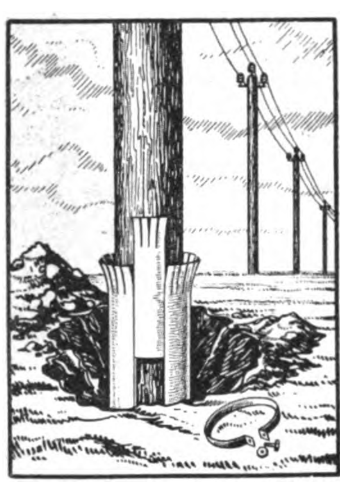


Abb. 6. Manschette mit Paßstück.

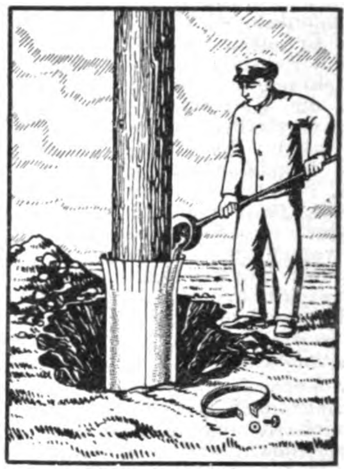


Abb. 7. Ausgießen der Manschette.

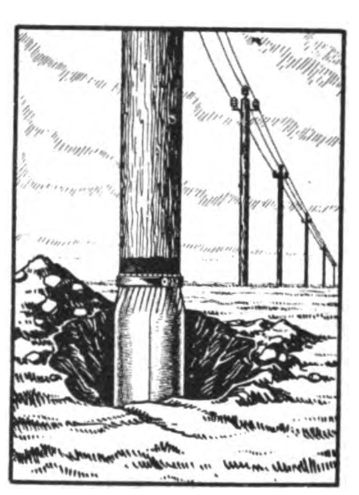


Abb. 8. Manschette nach Fertigstellung.

Für die Auflösung des Isoliergoudrons empfiehlt es sich, einen transportablen Schmelzkessel von rd. 150 kg Fassungsvermögen mitzuführen, der für ungefähr einen Tag ausreicht. Von diesem Kochkessel bringt man die Vergußmasse in einen tragbaren Blechbehälter zu rd. 50 kg Inhalt, welcher von Mast zu Mast getragen wird. Die Einfüllung geschieht mit einer Kelle. Die Vergußmasse ist langsam einzugießen, und man soll sich vor dem Schließen der Manschette überzeugen, ob die Masse auch nicht mehr nachgesackt ist. Die Vergußmasse muß bei guter Elastizität einen möglichst hohen Tropfpunkt haben, damit dieselbe in der Sommerhitze nicht zu weich und im Winter bei niedriger Temperatur nicht spröde und rissig wird.

Nach den gemachten Erfahrungen können 3 Mann täglich 15 ... 20 Manschetten einbauen. W. Carstens.

[1] DRP. Nr. 355 059.

Betriebserfahrungen an 140 kV-Leitungen. — Hemstreet berichtet über bemerkenswerte Erfahrungen an den in den V. S. Amerika zwischen Michigan- und Huronsee gelegenen 140 kV-Leitungen der Consumers Power Co. Diese Leitungen werden in einem Teil des Netzes mit 60, im anderen mit 30 Hz betrieben und sind durch einen 15 000 kVA-Frequenzumformer in einem der Unterwerke miteinander gekuppelt. Sie sind als Drehstrom-Doppelleitungen mit übereinander angeordneten Phasen, auf einigen Strecken auch als Einfachleitungen ausgeführt. Die Gesamtlänge der Leitungen beträgt etwa 1000 km. Die Zahl der Isolatoren, eine Ohio-Braß-Type, ist in den Hängeketten 9 ... 10, in den Abspannketten durchweg 12 Glieder. Erdseile und Lichtbogenschutz waren auf den zuerst erbauten Strecken nicht vorgesehen. Erst 1920 erhielten zwei neue Strecken von etwa 100 km Lichtbogenhörner. Auf einem Teil der Leitung wurden die Spitzen der Lichtbogenhörner auch mit Isolierkörpern zwecks Beeinflussung der Feldverteilung und Erhöhung der Überschlagspannung der Ketten versehen. Da die Netze sehr unter Überschlägen zu leiden hatten, wurden klydonographische Untersuchungen und im Anschluß an die Gewitterperiode 1925 außerdem sorgfältige Überprüfungen der im voraufgegangenen Jahr neu verlegten Strecken vorgenommen, wobei eine besonders dafür ausgebildete Mannschaft jeden Mast zu ersteigen und die Leitungen sowie alle Teile der Isolatoren und Mastköpfe auf Spuren von Überschlägen genau zu untersuchen hatte. Diese Überprüfung wurde, um Vergleichsunterlagen zu gewinnen, später auch auf andere Leitungsteile ausgedehnt, insgesamt auf etwa 500 km.

Die Beobachtungen ergaben, daß vorzugsweise an der obersten Phase Überschläge aufgetreten waren, was die durch Laboratoriumsversuche von Peek gefundene Tatsache bestätigt, wonach die in den Netzen induzierten Blitzspannungen mit der Höhe der Leitungen über dem Erdboden zunehmen und zwischen 9 ... 15 kV/m liegen. Bei den mit Vorrichtungen zur Beeinflussung der Feldverteilung ausgerüsteten Strecken zeigte es sich, daß dadurch die Überschlagspannung der Ketten bis zu einem gewissen Grade erhöht werden konnte, wenn auch nicht genügend, um selbst den unteren Leiter völlig frei von Überschlägen zu halten. An den mit Lichtbogenhörnern ausgerüsteten Strecken sind keinerlei Zerstörungen an Leitern oder den übrigen Armaturen aufgetreten. Auch die Erdungsverhältnisse der Leitungsmasten müssen eine besondere Rolle spielen, indem mit wenigen Ausnahmen die Zahl der Überschläge mit dem Erdungswiderstand zu- und abnimmt. Die Erdungswiderstände einer nach dem Bericht am meisten gestörten Strecke in trockenem und sandigem Gelände waren sehr hoch und erreichten Höchstwerte bis 1200 Ω. Die Annahme, daß der Lichtbogen in jeder Halbperiode von neuem zündet, scheint durch die Erfahrungen bei den Untersuchungen an den Isolatorenketten bestätigt zu werden. Die Lichtbogenspuren waren bei den mit 30 Hz betriebenen Leitungen tiefer eingebrannt als bei den 60 Hz-Leitungen, da bei der niedrigeren Frequenz der Lichtbogen an jeder Stelle länger haftet.

Eine genauere Untersuchung der Teil- und Vollüberschläge an den Isolatorenketten mit und ohne Lichtbogenschutz ergab, daß in praktisch 50 % der Fälle an ungeschützten Ketten die Kappen sämtlicher Isolatoren Brandstellen zeigten. Die Teilüberschläge an Ketten mit Schutzhörnern schwanken zwischen 19 und 37 % an den Gliedern unter dem ersten, dem Aufhängepunkt zunächst gelegenen; jedoch sind die Überschläge zu der Kappe des ersten Isolators zahlreicher. Brandspuren am Leitungseil wurden nur in 4 %, an der Hängeklemme nur in 8 % der festgestellten Fälle gefunden, wenn Lichtbogenhörner vorgesehen waren, gegenüber 60 bzw. 48 % bei den ungeschützten Leitungen. Aus den Untersuchungen geht weiter hervor, daß ein großer Teil der Überschläge über die Isolatorenkette hinweggeht und nicht nur zwischen Leiter und Mastkonstruktion erfolgt, ohne die Isolatorenkette zu berühren, wie im allgemeinen angenommen wird. Offenbar finden Teilüberschläge und das Anschmoren der Kappen im Augenblick des ersten einleitenden Überschlags statt; denn der stehende Lichtbogen wird in fast allen Fällen von der Kette durch elektrodynamische und Wärmewirkung weggetrieben.

Vier zur Aufzeichnung von Überspannungen im Leitungsnetz der Gesellschaft verteilte Klydonographen zeigten im Zeitraum von 8 Monaten einschließlich der Gewitterperiode 1925 im ganzen 567 Überspannungen vom 1,5- bis 10fachen Wert der normalen Betriebspannung gegen Erde an, wobei nur Blitzüberspannungen Werte erreichten, die über das 5fache der Betriebspannung hinausgingen.

Zum Schutz gegen Blitzstörungen erscheint die Verwendung langer Isolatorenketten vorteilhaft und wirtschaftlich gerechtfertigt, wenn außerdem genügend Abstand von den übrigen Konstruktionsteilen gehalten wird, da die Blitzüberschlagspannung einer Kette mit deren Länge wächst. Die Verwendung von Holzmasten soll nach dem Bericht in fern von der Küste gelegenen Leitungsabschnitten mit geringem Nebel- und Staubvorkommen isolationstechnische Vorteile bieten, weil bei der in Amerika häufigen Anordnung der Leitungseile in einer Ebene in geringstem zulässigen Abstand vom Boden auch ohne Verwendung von Blitzseilen derartige Leitungen ziemlich frei von Blitzstörungen sind. (J. G. Hemstreet, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 46, S. 1221.) *O. N.*

Apparate.

Eine neue Art gußgekapselter Schaltanlagen. — Die natürliche Entwicklung im Bau gußgekapselter Schaltanlagen führt zur Verwendung von Schalteinheiten immer größerer Schaltleistung. Es erhebt sich also die Frage, ob die heute üblichen Ausführungsarten solcher Anlagen angesichts der immer größer werdenden Beanspruchung aller tragenden Organe auch für Schalteinheiten geeignet sind, deren Schaltleistung erheblich über den heute noch normalen Werten liegt, oder ob nicht bereits von einer naheliegenden Grenze ab eine grundsätzliche Abkehr von den geltenden Konstruktionsprinzipien notwendig werden könnte. G. E. Whitehead geht nun bei der Angabe einer neuen Ausführungsform von der Überlegung aus, daß es abwegig sei, stets die gesamten, aus Ölschalter, Antrieb, Relais, Meßinstrumenten und Kapselung bestehenden — also keineswegs leichten — Schalteinheiten aufwärts und abwärts bzw. vorwärts und rückwärts zu bewegen, um die Verbindung mit dem Sammelschienensystem oder die Trennung davon herbeizuführen. Er empfiehlt vielmehr ein grundsätzlich neues Konstruktionsprinzip, das sich am besten an Hand der Abb. 9 u. 10 erläutern läßt.

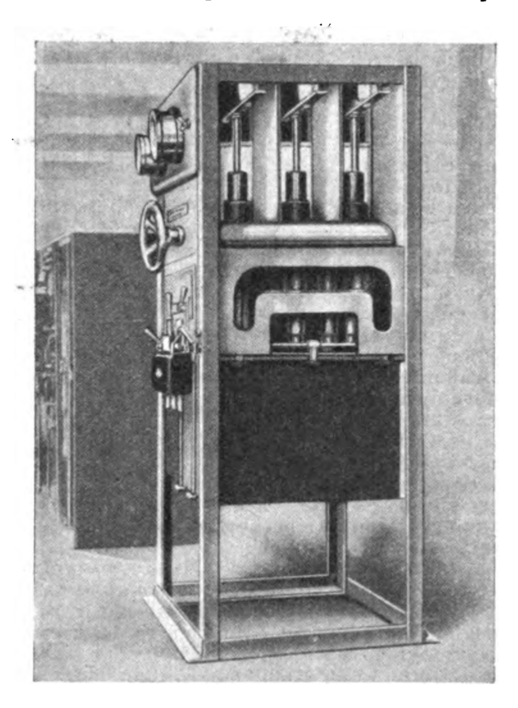


Abb. 9. Senkrecht trennende gußgekapselte Schalteinheit nach Whitehead für 250 000 kVA.

Abb. 9 zeigt eine Schalteinheit der neuen Ausführungsart für 300 A bei 11 000 V mit einer Abschaltleistung von 250 000 kVA. Die Sammelschienen und die eigentliche Schalteinheit sind in einem kräftigen Eisenrahmengestell fest eingebaut, dessen Höhe 2,3 m, Breite 0,92 m und Tiefe 0,88 m betragen. Die Gesamtanordnung ist dabei aber derart, daß der Ölschalter nichtsdestoweniger schnell und leicht ausgewechselt werden kann, ohne daß es nötig wäre, die ganze Schalteinheit auszubauen oder weitgehend zu entmanteln. Die Sammelschienen tragen drei unbewegliche Kontaktstäbe, welche drei aus den Durchführungen des Ölschalters herausragenden, ebenfalls unbeweglichen Kontaktstäben unmittelbar gegenüberstehen.

Die Herstellung oder Trennung der Verbindung einer Schalteinheit mit dem Sammelschienensystem erfolgt, wie Abb. 10 zeigt, in einfachster Weise durch drei hülsenförmige Schaltstücke, die, von je einer besonderen Isolatorhülse umfangen, in einem gemeinsamen gußeisernen Träger angeordnet sind. Durch Betätigung eines über ein Kegelradgetriebe wirkenden Handrades werden die drei Hülsenschaltstücke, nach oben bewegt, über die Kontaktstäbe der Sammelschienen geschoben oder, nach unten bewegt, von diesen abgezogen.

Die Verbindung der beweglichen Hülsenschaltstücke mit den Kontaktstäben des Sammelschienensystems erfolgt — an sich bereits durch einen hülsenartigen Isolator geschützt — in einem besonderen Schutzkasten (siehe Abb. 10), dessen Einführungsöffnungen zudem noch durch selbsttätig wirkende und verriegelte Verschlußdeckel abgeschlossen werden, wenn die Schalteinheit von den Sammelschienen abgetrennt ist.

Abb. 10. Aufbau des Kontaktteiles einer senkrecht trennenden gußgekapselten Schalteinheit nach W h i t e h e a d.

Das Gewicht des beweglichen Teiles dieser Ausführungsform ist so gering, daß sie durch ein Kind bedient werden könnte. Außerdem ist die Betätigung des Schalters durch besondere Führungsschienen für das bewegliche System noch besonders sicher gestaltet. Eine sinnvolle Verriegelungseinrichtung verhindert im übrigen jede falsche Schaltbewegung.

Die entscheidenden Vorzüge seines Konstruktionsvorschlages faßt Whitehead schließlich folgendermaßen zusammen: Geringster Platzbedarf. Unwesentliches Gewicht der bewegten Teile. Keine Zahnstangen, Getriebe, Drahtseile, Sperrstangen, Motoren, Leitrollen oder selbstführenden Zubehörteile. Keine Kompoundfüllung oder Ölisolation (mit Ausnahme des Ölschalters). Volle Zugänglichkeit zu allen Einzelteilen, einschließlich Meßinstrumenten, Meßleitungen, Kabelanschlüssen usw. Einfacher, aber vollständiger Schutz für die Bedienung. Schaltbrücke leicht zugänglich und leicht bedienbar. Vollständig in der Fabrik hergestellte Schalteinheiten. Geringe Errichtungskosten. Keine Sonderfundamente erforderlich. Geerdet, eisengekapselt und ungeziefersicher. Vergrößerung und Änderungen der Anlage sehr einfach. Bei Reparaturen kein vollständiges Herausnehmen der Einheit und keine völlige Entmantelung erforderlich. Ölschalter können leicht und einfach ausgewechselt, Reserveschalter in wenigen Minuten eingebaut werden. (The Electrician Bd. 100, S. 549.) *ck.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Ein Instrument zur Messung von Induktivitäten und Kapazitäten. — A. T ä u b e r - G r e t l e r beschreibt ein Induktions-Dynamometer[1], mit dem innerhalb weiter Grenzen sowohl Induktivitäten als auch Kapazitäten auf etwa ± 1 % genau gemessen werden können. Der erforderliche Meßstrom kann jedem Wechselstromnetz entnommen werden. Die benutzte Meßmethode beruht auf folgendem Grundprinzip. Wird durch die Feldspule eines elektrodynamischen Instrumentes mit eisengeschlossenem Kraftlinienweg ein Wechselstrom geschickt und ist die Drehspule über einen Widerstand geschlossen, welcher induktiv oder kapazitiv wirken möge, so zeigt die Drehspule unter dem Einfluß der in ihr durch den Kraftfluß der Feldspule induzierten EMK bei überwiegender Induktivität das Bestreben, sich in eine solche Lage zu drehen, daß der sie durchsetzende resultierende Kraftfluß Null ist. Die elektrodynamische Kraftwirkung verschwindet, wenn sich Induktivität und Kapazität im Drehspulkreis in ihrer Wirkung gerade aufheben. Bei überwiegender Kapazität strebt die Drehspule im Gegensatz zum ersten Fall derjenigen Lage zu, in welcher sie vom größtmöglichen Kraftfluß der Feldspule durchsetzt wird. Die Schaltung ist

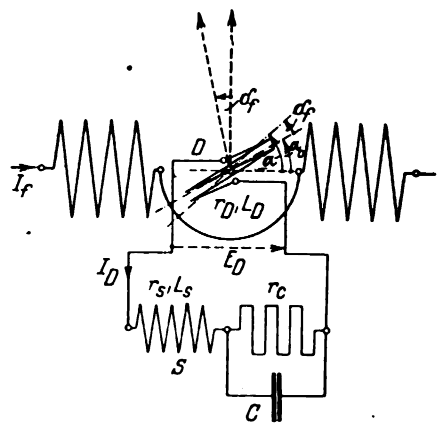


Abb. 11. Schaltung des Induktions-Dynamometers.

nun nach Abb. 11 so gewählt, daß die Drehspule, welche die Induktivität L_D besitzt, mit einer Induktivität L_S und einem Widerstand r_C, dem eine Kapazität C parallel geschaltet ist, in Reihenschaltung liegt. (A. T ä u b e r - G r e t l e r, Bull. SEV. Bd. 19, S. 395.) *Ggr.*

Selbsttätige Vakuummesser für Gleichrichter. — L. S m e d e gibt eine Zusammenstellung der für selbsttätige Vakuumregelung und -messung in Großgleichrichtern in Betracht kommenden Verfahren.

1. Die t h e r m i s c h e n V a k u u m m e s s e r beruhen auf der bekannten Erscheinung, daß bei stark vermindertem Luftdruck im Gefäß, wenn bereits die freie Weglänge der Moleküle groß ist gegen den Abstand des Glühfadens von der Wandung, die Wärmeleitung eines Gases mit dem Druck stark abnimmt. Man hat deshalb durch die Temperaturmessung an einem mit konstanter Leistungszufuhr erwärmten Draht ein Mittel, den Gasdruck zu bestimmen. Die Fadentemperatur wird in der Regel auf 100 ... 150 ° gehalten, so daß die Strahlungsverluste noch klein bleiben gegenüber den Verlusten infolge Wärmeableitung durch das Gas. Die Heizung mit konstantem Strom kann z. B. erfolgen durch die Reihenschaltung der Primärwicklung eines gesättigten und eines ungesättigten Transformators, von denen der erste etwa 110 % der gewünschten Spannung erzeugt und der ungesättigte 10 %, die den 110 % entgegengeschaltet werden. Die Heizung kann mit Gleich- oder Wechselstrom erfolgen. Ausführungen dieser Art sind auch in der ETZ bereits mehrfach beschrieben worden[1].

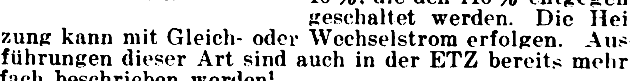


Abb. 12. Ionisations-Vakuummesser.

2. Einen I o n i s a t i o n s - V a k u u m m e s s e r erhält man in einfacher Weise aus einer gewöhnlichen Verstärkerröhre mit drei Elektroden. Das Gitter wird an ein positives Potential gelegt. Die Schaltung ist in Abb. 12 wiedergegeben. Der Elektronenstrom zwischen dem Glühfaden und dem Gitter muß konstant gehalten werden. Der Anodenstrom ist dann proportional dem Gasdruck in dem Glasgefäß. Der große Nachteil dieses Verfahrens, das an sich sehr empfindlich ist, besteht darin, daß das Emissionsvermögen der Glühkathode nicht konstant bleibt und deshalb auch die Eichung sich dauernd ändert.

3. Eine andere Art von Vakuummessern erhält man dadurch, daß man im Innern eines Glasgefäßes etwa unter dem Einfluß eines von außen wirkenden Drehfeldes eine Aluminiumtrommel rotieren läßt. Diese nimmt dann durch L u f t r e i b u n g eine für sich gelagerte Scheibe mit, die eine Feder als Gegenkraft hat. Der Drehwinkel ist abhängig von der Zähigkeit der eingeschlossenen Luft und

[1] Vgl. auch A. T ä u b e r - G r e t l e r, Bull. SEV. Bd. 12, S. 545; ETZ 1928, S. 185.

[1] Vgl. z. B. ETZ 1928, S. 1512 u. 1582.



damit vom Druck. Eine praktische Ausführung scheint noch nicht bekannt geworden zu sein.

4. Sehr aussichtsvoll erscheint zur Vakuummessung die Tatsache, daß das Einsetzen der Glimmentladung bei konstanter Spannung vom Druck stark abhängig ist. Bei geeigneter Bemessung der Glimmröhre kann man den Arbeitsbereich von 1 ... 40 · 10^{-3} mm erhalten. Das plötzliche Einsetzen der Glimmentladung mit zunehmendem Gasdruck bietet ein willkommenes Mittel, den ziemlich kräftigen Glimmstrom zur Einschaltung von Relais zu benutzen, die die Luftpumpe in Tätigkeit setzen, um das verschlechterte Vakuum wieder zu verbessern. (L. Smede, The Electric Journ. Bd. 25, S. 437.) *Kth.*

Relaisgalvanometer. — Von Moll stammt der Gedanke, den Ausschlag eines Galvanometers dadurch zu vergrößern, daß der Lichtstrahl auf ein Differentialthermoelement so auffällt, daß beide Lötstellen gleichmäßig erwärmt werden (ETZ 1927, S. 1774). Eine geringe Drehung des Spiegels des Primärgalvanometers bewirkt dann eine ungleichmäßige Erwärmung der Lötstellen; der entstehende Thermostrom wird an einem zweiten Galvanometer gemessen. Der Verfasser vereinigt nun Thermoelement und zweites Galvanometer, wie Abb. 13 zeigt. Die Spule des Relaisgalvanometers, eine einfache rechteckige Schleife aus Kupferdraht von 0,25 mm Dmr., ist am unteren Ende durch das Thermoelement aus zwei Kupferblechstreifen und einem Konstantanstreifen geschlossen. Bei einer Dicke von 20 μ der Thermostreifen war die Vergrößerung etwa 200 bei Verwendung einer gewöhnlichen 25kerzigen Spiraldrahtlampe. (R. Sewig, Z. Instrumentenk. Bd. 49, S. 114.) *Br.*

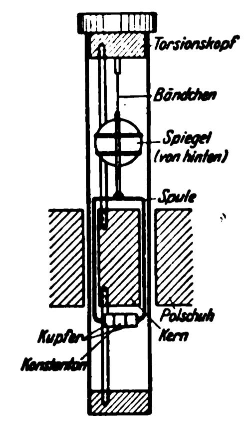


Abb. 13. Relaisgalvanometer.

Heizung. Öfen.

Die Wirtschaftlichkeit elektrischer Widerstandsöfen. — Die Ermittlung der Selbstkosten (Betriebskosten) für Widerstandsöfen darf sich nicht auf die Ermittlung der Wärmekosten beschränken; es müssen vielmehr Wärmekosten, Lohn und Nebenkosten berücksichtigt werden. Die Wärmekosten dienen zur Deckung der Nutzwärme und der Strahlungsverluste. Es wird gezeigt, daß zwischen Motoren und Öfen in bezug auf das Verhalten im Betriebe weitgehende Ähnlichkeiten bestehen. Bei der Ermittlung der Nutzwärme ist die Erwärmungszeit zu berücksichtigen. Wie aus der Abb. 14 hervorgeht, erfolgt eine völlig gleichmäßige Durchwärmung nur sehr langsam; je größer die zulässigen Temperaturunterschiede zwischen Oberfläche und Kern des Gutes sind, um so höher darf die Übertemperatur des Ofens über die verlangte Endtemperatur des Gutes gewählt werden, um so schneller kann die Erwärmung vor sich gehen. Anderseits führt die Forderung eines vollen Temperaturausgleichs auf theoretisch unendlich lange Anwärmezeiten, praktisch auf sehr lange.

Abb. 14. Verlauf der Temperaturverteilung in einer Platte (nach Krauß).

Als Nebenkosten werden sämtliche nicht mit dem Lohn und den Stromkosten erfaßbaren Kosten zusammengefaßt. Eine stets gleiche Einteilung (Schema) für diese Kosten läßt sich nicht angeben; für viele Fälle genügt die folgende:

Nebenkosten am Werkstoff: Werkstoffverlust (Abbrand usw.); Kosten durch Ausschuß; Nachbearbeitung und Weiterbearbeitung
Nebenkosten am Ofen: Platzmiete, Abschreibung, Ofenreparaturen, Betriebsnebenkosten.
Allgemeine Unkosten.

Beim Vergleich eines elektrischen Ofens mit einem brennstoffgefeuerten können Löhne und Nebenkosten einander unmittelbar gegenübergestellt werden, wobei ein im Aufbau einem Sankeydiagramm ähnliches Schaubild nützliche Dienste leisten kann. Bei der Ermittlung der Wärmekosten ist die Art der Strompreiserrechnung wichtig; es wäre falsch, die Stromkosten nur aus Strompreis und Stromverbrauch des Ofens zu ermitteln. Vielmehr muß der Einfluß der Verbraucher von Elektrowärme auf die übrigen Stromverbraucher mit berücksichtigt werden; geschieht dies, so wird sich oft ein günstigerer Strompreis ergeben als ohne diese Berechnung.

Zum Vergleich mehrerer elektrischer Öfen untereinander dienten bisher oft Angaben von Wirkungsgrad oder Leistungsfähigkeit. Diese Angaben sind nicht eindeutig: man kann beispielsweise 4 (!) Wirkungsgrade definieren, je nachdem, ob man die Anheizenergie berücksichtigt oder nicht, und je nachdem, ob man die Wärme für totes Gewicht als Verlust zählt oder nicht. Auch die Angabe der Leistungsfähigkeit, die oft verlangt wird, ist verfehlt; sie bietet keinen eindeutigen Maßstab und ist verschwommen. Als neuen Weg schlägt Paschkis die Angabe der unmittelbaren Kennzahlen vor (Wärmeverluste im Beharrungszustand, Speicherwärme, Anschlußwert, Zahl der beheizten Seiten, Heizkörperbelastung [W/cm²], Heizkörpergewicht). Bei einer wirtschaftlichen Betriebsführung ist auf Anpassung der Hilfsgeräte und der Ofenhalle an die Öfen zu achten. Es empfiehlt sich, einen Betriebsfahrplan aufzustellen, der auf drei Grundsätzen aufgebaut sein sollte: gute räumliche und zeitliche Ausnutzung, Türöffnungszeiten kurz halten, kleines totes Gewicht. In einem bestimmten Falle konnte z. B. durch zweckentsprechende Aneinanderreihung der Chargen eine Stromersparnis von etwa 40 % erzielt werden. (Paschkis, Arch. f. Eisenhüttenw. 1929, Gruppe D, Bd. 2, S. 487.) *Sb.*

Installation.

Winkelfassung der Bamberger Industrie-Gesellschaft. — Bei den bekannten Konstruktionen der Winkelfassung liegen die Anschlußkontakte im Innern des an die Wand festzuschraubenden Sockels; sie sind daher schwer zugänglich und schlecht an die Leitung anzuschließen. Im Gegensatz dazu besteht die in Abb. 15 dargestellte Fassung der Bamberger Industrie-Gesellschaft, Bamberg, aus zwei Teilen: dem mit 2 Steckerstiften versehenen Anschlußstein und dem eigentlichen Fassungskörper, der zwecks Herstellung einer Verbindung mit dem Anschlußstein Steckerbuchsen besitzt. Die Konstruktion ermöglicht eine solide, übersichtliche und schnelle Montage und verdient besondere Beachtung bei Reklamebeleuchtungen. Es genügt bei der Montage obiger Fassungen auf Leisten, den obersten sowie den untersten Anschlußkontakt auf der Leiste zu befestigen; sämtliche übrigen Anschlußsteine brauchen nur unter die durchgehende Leitung geklemmt zu werden. Nach Anschluß der Steine an die Leitungen werden die Winkelfassungen selbst über die Steckerstifte des Anschlußsteines geschoben und alsdann an der Wand bzw. auf der Leiste festgeschraubt. *fi*

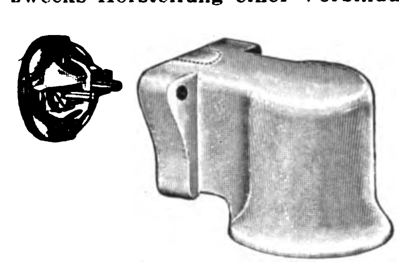


Abb. 15. Winkelfassung.

Bahnen und Fahrzeuge.

Verkehrstechnische Verbesserungen bei der Schwebebahn Vohwinkel—Elberfeld—Barmen. — Das außerordentlich stark beanspruchte Verkehrsmittel über dem Wuppertal, die Schwebebahn Vohwinkel—Elberfeld—Barmen, befördert seit 28 Jahren[1] von früh bis spät die dicht drängenden Menschenmassen, welche die schnellere Fortbewegung hemmenden engen Talstraßen meiden. Zur Anpassung an die gesteigerte Verkehrsdichte sieht die Verwaltung nunmehr den Umbau ihrer 55 Triebwagen in einer nach mehrjährigen Versuchen ermittelten zweckmäßigeren Bauart vor. Die wesentlichsten Verbesserungen betreffen die Sitz- und Türanordnung, die Beleuchtung und die

[1] Vgl. ETZ 1926, S. 343.



Entlüftung. Die alte und neue Sitzanordnung gehen aus Abb. 16 ... 18 hervor. Die Einzelsitze auf der Einsteigseite hat man ganz entfernt zugunsten einer Verbreiterung der Doppelsitze und eines breiteren Ganges für Stehplätze und hat in der dritten Klasse am Kopfende noch einen 3 Personen fassenden Quersitz hinzugefügt. Die Gesamtzahl der nunmehr in beiden Klassen gepolsterten Sitze ist dabei nicht geringer geworden. Hatte man früher 17 und 10 Sitze in der dritten bzw. zweiten Wagenklasse, so sind die entsprechenden Zahlen jetzt 19 und 8.

Die Änderung der Türanordnung — im Anfang waren Klapptüren an den beiden äußersten Enden des Wagens, bei einem anderen Jahrgang ebensolche unmittelbar nebeneinander zu beiden Seiten der Klassentrennwand (Abb. 16) — besteht darin, daß man jetzt Schiebetüren vorgesehen hat, die von 700 auf 1100 mm Öffnungsweite verbreitert und vor die Mitte der jeweiligen Wagenklasse gelegt wurden. Den Umbau von Klapptüren in Schiebetüren hatte man bereits in den letzten Jahren bei fast allen Wagen durchgeführt. Beim ersten Versuch ließ man die Türen in Taschen gleiten, beim zweiten erfolgte die Türbewegung in einer Kurvenbahn, d. h. die Türen befanden sich in geöffnetem Zustand außerhalb der Kastenwand, während sie nach Schließen mit der Wand bündig liefen. Bei der Ausführung am neuen Versuchswagen sind die Schiebetüren zweiteilig und laufen auf Führungsbändern dauernd außerhalb des Wagens. Durch diese Anordnung hat man erreicht, daß sich der Aus- und Einsteigevorgang, der oft 70 ... 80 s dauerte, auf 15 ... 20 s kürzen ließ. Hier ist auch erstmalig die Verbindungstür innerhalb des Wagens zwischen den beiden Abteilen als Schiebetür ausgebildet. Sie kann wenn nötig vom Schaffner verriegelt werden, um ein Durcheinanderlaufen der Fahrgäste der beiden Klassen beim Aus- und Einsteigen zu verhindern. Neu ist ferner, daß die beiden Haupttüren durch ein Steuerventil zu gleicher Zeit, wahlweise aber auch einzeln vom Schaffner durch Preßluft betätigt werden, von welcher ohnehin zu Bremszwecken stets Vorrat mitgeführt wird. Das Steuerventil befindet sich neben der Tür innen, u. zw. nur in der dritten Klasse. Zur Sicherheit gegen Einklemmen sind die Türkanten mit Hohlgummileisten versehen. Diese legen sich dicht gegeneinander, sind dabei aber so nachgiebig, daß z. B. eine zwischen die sich schließenden Türteile gebrachte Hand nicht verletzt werden kann. Während der Fahrt werden die Türen durch Druckluft geschlossen gehalten, außerdem aber noch rein mechanisch verriegelt.

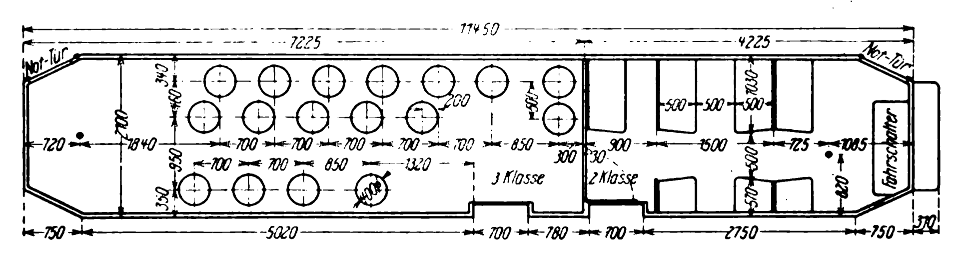


Abb. 16. Schwebebahnwagen alte Bauart.

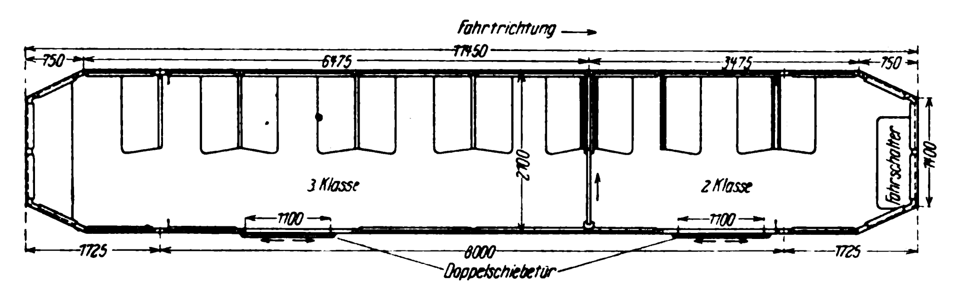


Abb. 17. Schwebebahnwagen, neueste Ausführung nach dem Umbau.

Eine Zugeinheit besteht aus zwei oder drei Triebwagen; in Zukunft hofft man nach Verlängerung sämtlicher Bahnhöfe auch Einstellung von Vierwagenzügen zu ermöglichen. Der Schaffner des Vorderwagens ist zugleich Zugführer. Um ihm die Fahrbereitschaft der Hinterwagen anzuzeigen, befindet sich am vorderen Ende der Wagen auf der Einsteigseite eine rote Signallampe, die erst erlischt, wenn die Türen beider Abteile geschlossen sind. Die erwähnte mechanische Verriegelung wird im Innern des Wagens durch einen Hebelzug bewirkt. Ehe diese stattgefunden hat, zeigt eine besondere Signaltafel für den Fahrer ein „H" (Halt), rot auf weißem Grunde, rechts von ihm angeordnet, während das „F" (Fahrt)-Zeichen nach vollzogener Verriegelung an dessen Stelle tritt. Später soll auch der Fahrschalter in diese Verriegelung einbezogen werden (Verhinderung der Stromeinschaltung durch den Fahrer bei nicht geschlossenen Türen).

Die Innenbeleuchtung besteht zur Zeit aus 8 Lampen in der 3. Klasse und 4 Lampen in der 2., bei der Mehrzahl der Wagen als Deckenbeleuchtung in Gruppen zu 4 Stück zusammengebaut. Jetzt hat man eine dritte Serie hinzugenommen und sie zu 11 bzw. 6 Einzellampen von je 25 W mit lichtstreuenden Überfanggläsern gleichmäßig verteilt. Da je 6 Lampen zur Serie gehören, ist eine achtzehnte außen als Schlußlampe angeordnet.

Die Entlüftung brachte eine Abstellung des Übelstandes der Zugluft. Diesem Zweck dienen kleine Fenster, die überall die Oberteile der großen Seitenfenster bilden und um einen kleinen Winkelbetrag um ihre vertikale Scharnierachse nach außen drehbar sind. So wird bei der Wagenbewegung die Luft oberhalb der Köpfe der sitzenden Fahrgäste abgesaugt.

An der elektrischen Ausrüstung wurde keine Änderung vorgenommen. Es sind zwei grundsätzlich verschiedene Bauarten vorhanden. Von den 31 Wagen des ältesten Typs haben 16 Vorderwagen besonders starke Fahrschalter, die den Gesamtstrom von 4 Motoren aufnehmen können. An den Triebradumfang oberhalb der Schienen ist ein Zahnkranz geschraubt, der mit dem auf der Motorwelle sitzenden Ritzel in Eingriff steht. Die vier Achsen eines Wagens verteilen sich auf 2 Drehgestelle mit je einem Treib- und Laufrad. Bei den 24 Wagen der neueren Bauart (03) ist dagegen der Motor unter dem Schienenträger gelagert. Der Antrieb des Triebrades geschieht durch Kegelradübertragung. Hier erfolgt die Motor-Regelung durch Vielfachschützensteuerung. Da die Fahrschalter nur Betätigungsstrom führen, sind sie bedeutend schwächer gehalten. Die Steuermagnetspulen liegen über Vorwiderständen an der Fahrleitungsspannung.


Abb. 18. Schwebebahnwagen, neueste Ausführung (Innenansicht).

Durch Kupplungsstücke können die 16 Leitungen beliebig vieler gleicher Wagen miteinander verbunden werden. Es sind 7 Hauptstromschütze zur Schaltung der Fahrwiderstände, ferner ein Schütz für Serien- und 2 Schütze für Parallelbetrieb der Motoren vorhanden.

Die Luftdruckbremse dient als Gebrauchsbremse, seltener wird eine mechanische Handbremse und für den Notfall die Generatorkurzschlußbremse betätigt. *Arb.*

Elektrisierung der Bostoner Schmalspurbahn. — Bei der Elektrisierung der rd. 20 km langen Vorortstrecke Boston—Revere Beach—Lynn für 600 V Gleichstrom geschieht die Stromzuführung durch eine Kettenoberleitung, einem als Verstärkungsleitung benutzten Kupfertragseil, das mit einer Spannweite von 90 m an Jochen aus rostfreiem Stahl aufgehängt ist. Die Wahl der Oberleitung an Stelle der dritten Schiene erfolgte mit Rücksicht auf die ungünstigen Schneeverhältnisse der Strecke.

Die Stromversorgung aus dem 13 800 V - Drehstromnetz geschieht durch zwei gleich große Unterwerke mit je zwei 1000 kW-Einankerumformern; eins von diesen ist vollselbsttätig. Ferner ist ein handbedientes fahrbares Unterwerk mit einem 1000 kW-Einankerumformer vorhanden. Die selbsttätigen Blocksignale werden mit 2300 V Wechselstrom gespeist. Vorläufig hat man die vorhandenen Wagen des Dampfbetriebs beibehalten und mit der elektrischen Ausrüstung, je zwei 60 PS-Motoren mit Vielfachsteuerung, sowie mit Führerständen auf der rechten Seite jedes Wagenendes versehen.

Zur schnelleren Abfertigung der Fahrgäste sind die größeren Bahnhöfe mit Passimetern ausgerüstet. Fahrgäste, die nur eine Teilstrecke der Bahn innerhalb derselben Gemeinde zurücklegen oder nur die der Bahn gehörige Fähre benutzen wollen, bezahlen am Passimeter den vollen Fahrpreis und verlangen vom Stationsbeamten einen Gutschein, auf dem die Ausgabezeit vermerkt ist und der an der Zielstation des Fahrgastes mit einem bestimmten Betrag eingelöst wird. Zwischen Winthrop Beach und Point Chirley betreibt die Bahn eine Zubringerlinie mit Motoromnibussen. (F. N. Hollongsworth, El. Traction Bd. 24, S. 559.) *Gthe.*

Schienenstoß-Prüfeinrichtungen. — Zur Prüfung der Güte von Schienenverbindungen bei Gleichstrombahnen hat die Cambridge Instrument Co. verschiedene Meßeinrichtungen durchgebildet. Verwendet wird zur Messung immer der Betriebstrom, und es wird durch Aufdrücken eines Gestelles mit drei Prüfspitzen und zwei Millivoltmetern der Spannungsabfall zwischen zwei Schienenstücken von je 0,50 m Länge verglichen, von denen eines die Stoßstelle enthält. Die älteste Form des Anzeigegerätes enthielt zwei einander gegenüberliegende Präzisionsinstrumente, beide mit den Meßbereichen 0 ... 12 und 0 ... 60 mV umschaltbar. In einer neueren Ausführung nach dem Vorschlag von J. Wilson, Chefingenieur der Buenos Aires Western Railway, sind die beiden Millivoltmeter zu einem Kreuzzeigerinstrument mit einer Kurvenscharskala vereinigt. Das System zum Anschluß der Vergleichschiene hat den Meßbereich 0 ... 6 mV, das zum Anschluß des Schienenstoßes 0 ... 12 mV, beide mit einem Empfindlichkeitschalter auf das Fünffache umschaltbar. Es sind 5 Linien gezogen für das Verhältnis 1¼, 1¾, 2, 2½, 3. Eine dritte besonders leichte Einrichtung mit den Abmessungen 280 × 150 × 110 mm und 3 kg Gewicht enthält wieder zwei Instrumente für je ± 1,5 mV nebeneinander. Mit diesen Instrumenten hat die gesamte Einrichtung ein Gewicht von nur 5,3 kg, transportfertig verpackt.

Dem Berichterstatter fällt auf, daß bei allen drei Ausführungen noch immer zwei Einzelinstrumente verwendet werden und nicht ein Kreuzspulinstrument, mit dem sich die Ablesung noch viel einfacher gestalten würde als mit dem Kurvenscharinstrument. Es dürfte seinen Grund darin haben, daß die Cambridge Instrument Co. (und auch die anderen englischen Firmen, mit Ausnahme von Evershed & Vignoles) noch keine Kreuzspulinstrumente bauen. In Deutschland hat sich die Messung mit dem Betriebstrom nicht eingebürgert, hier wird meist eine kräftige Hilfsbatterie verwendet. (The Electrician Bd. 101, S. 732.) *Kth.*

Schwere dieselelektrische Lokomotiven der Kanadischen National-Eisenbahn. — Die Kanadische National-Eisenbahn hat eine durch ihre Größe und Leistung außergewöhnliche Lokomotive mit dieselelektrischem Antrieb auf der Strecke zwischen Brockeville—Belleville, Ontario (150 km) in Dienst gestellt. Sie besteht aus zwei kurz gekuppelten Einheiten mit gleicher Ausrüstung. Ihr Gesamtgewicht beträgt 297 t, davon werden 218 t als Reibungsgewicht ausgenutzt. Die Achsanordnung ist 2 D 1 + 1 D 2. Die Lokomotive vermag mit der für Schnellzugdienst ausgelegten Zahnradübersetzung der Achsmotoren eine Anfahrtzugkraft von 45 t und eine Dauerzugkraft von 19 t zu entwickeln.

Jede Lokomotivhälfte ist mit einem schnellaufenden Dieselmotor von 1350 PS und 800 U/min, dessen Drehzahl zwischen 300 und 800 U/min veränderlich ist, ausgerüstet. Das Anlassen der Dieselmotoren geschieht mittels einer Batterie, durch die der mit dem Dieselmotor gekuppelte Stromerzeuger vorübergehend als Motor angetrieben wird. Die Ausführung der elektrischen Kraftübertragung bietet nichts Besonderes. Die Abgase der Dieselmotoren werden durch einen Wasserkessel ins Freie geführt, der ihnen einen Teil ihrer Wärme entzieht und gleichzeitig als Schalldämpfer dient. Die gewonnene Abgaswärme dient zur Heizung des Zuges bei geringen Kältegraden. Bei größerer Kälte wird ein ölgefeuerter Dampfkessel, mit denen jede Lokomotivhälfte ausgerüset ist, zu Hilfe genommen.

Auf Steigungen von 4 ‰ vermag die Lokomotive Züge von 2800 t mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 30 km/h zu befördern, während auf horizontalen Strecken mit diesem Zuggewicht eine Geschwindigkeit von 64,5 km/h erreicht wird.

Die Dieselmotoren sind von der Firma W. Beardmore Co. in Glasgow, Schottland, geliefert, während der Laufteil der Lokomotive von der Canadian Locomotive Co. im Zusammenarbeiten mit den Baldwin Lokomotive-Works und der General Electric Co. hergestellt worden ist. (Engg. Bd. 126, S. 756 u. Railway Age Bd. 85, S. 1125.)

— *sb* —

Hebezeuge und Massenförderungen.

Handhabung schwerer Schmiedestücke unter dem Hammer. — Um Schmiedestücke von 80 ... 100 t unter dem Hammer oder der Presse heben, senken und, je nachdem der Arbeitsvorgang es vorschreibt, hin- und herdrehen zu können, versehen die Forges et Ateliers de Constructions Electriques, Jeumont, die Laufkatze des Bedienungskrans

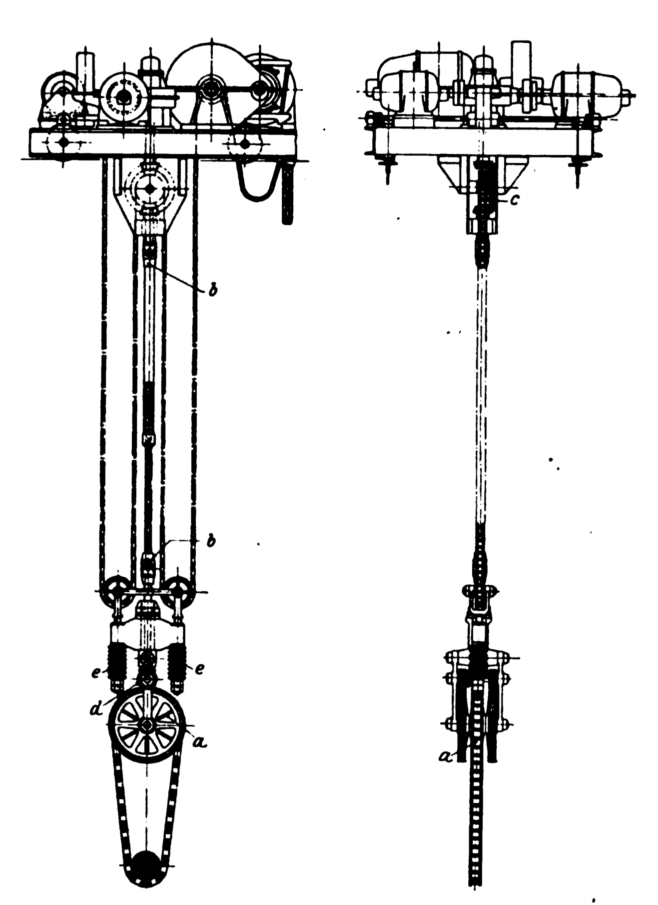


Abb. 19. Kran für Handhabung schwerer Schmiedestücke.

mit 3 Motoren; außer dem Fahrmotor ist ein Motor zum Heben und Senken des Werkstücks und ein dritter zum Drehen des letzteren vorhanden. Aus Abb. 19 erkennt man, daß die Kraft auf das Rad *a* durch Zahnräder *c* und *d* und Teleskopwelle übertragen wird; an den Enden dieser Welle befinden sich die Kardankupplungen *b*. Sowohl die Hub- und Senk- als auch die Drehbewegung erfolgt mittels Ketten. Zur Vermeidung von Stößen sind Federn *e* vorgesehen. Die nicht ganz einfache Übertragung mittels Teleskopwelle wird vermieden durch eine Ausführung derselben Firma nach Abb. 20. Der Motor befindet sich hier nicht mehr auf der Laufkatze, sondern ist mit dem Über-

setzungsgetriebe in einen Kasten eingebaut, der gehoben und gesenkt werden kann. Die Kapselung des Motors ist mit Rücksicht auf die vom Schmiedestück ausgestrahlte

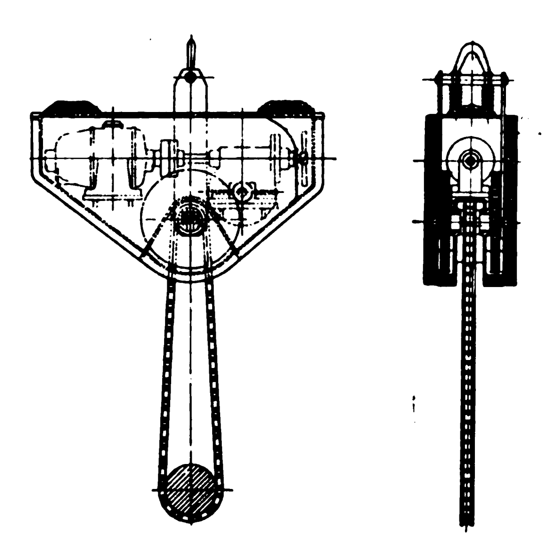


Abb. 20. Einbau des Motors für die Drehbewegung in einem heb- und senkbaren Kasten.

Wärme der einfacheren Ausführung ohne Kapselung vorzuziehen. (Rev. Forges et Atel. Constr. El. Jeumont 1928, S. 125.) *Ka.*

Fernmeldetechnik.

Wirtschaftsbericht des deutschen Rundfunks für 1928. — Der Verwaltungsrat der Deutschen Reichspost genehmigte in der Sitzung vom 8. XI. d. J. den Wirtschaftsbericht des Rundfunk-Kommissars von 1928. Danach betrugen die Einnahmen der 10 Rundfunk-Gesellschaften aus Gebührenanteilen rd. 31,5 Mill RM, aus sonstigen Quellen 500 000 RM. Die Ausgaben aller Rundfunk-Gesellschaften, in denen auch die Aufwendungen der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft enthalten sind, beziffern sich zusammen auf 28,8 Mill RM. Davon entfallen auf: Verwaltungskosten (Gehälter und Löhne für das Verwaltungs- und Betriebspersonal, soziale Abgaben, Versicherungen, Kosten für Bereitstellung und Unterhaltung der Sende- und Betriebsräume, sonstige persönliche und sachliche Verwaltungsausgaben) 6 Mill RM; Steuern 1,7 Mill RM; Betriebskosten (Aufwendungen für den Betrieb der 27 Rundfunk-Sender, Miete für Besprechungsleitungen, Kosten für elektrische Kraft usw.) 4,8 Mill RM; Programmkosten (Honorare für festangestellte und vorübergehend beschäftigte Künstler, Schauspieler, Orchester- und Chormitglieder, Vortragende, musikalische und literarische Lizenzen, Theaterübertragungen, Nachrichtendienste usw.) 12,2 Mill RM; Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, Betrieb des Deutschlandsenders, allgemeine technische Ausgaben, Unterhaltung wissenschaftlicher Institute, Werbung, Ausstellungen und dgl. 4,1 Mill RM. Die laufenden Abschreibungen erforderten 1,7 Mill RM, an Dividenden wurden 282 000 RM (7,5 % des Aktienkapitals) und an Tantiemen insgesamt 114 000 RM ausgeschüttet. Der verbleibende Rest von etwa 1,1 Mill RM wurde für Rückstellungen, gesetzliche Reserve und Vortrag auf neue Rechnung verwendet. Im Privatbesitz befinden sich etwa 25,5 % des Aktienkapitals, während 74,5 % in den Händen der Reichspost, der Landesregierungen, Kommunen und öffentlichen Körperschaften sind. *M. R. G.*

Messungen am rückgekoppelten Widerstandsverstärker. Kompensierter Verstärker mit gerader Frequenzkurve[1]. — Die Umkehr der Spannungsphase durch ein Widerstandsverstärkerelement ermöglicht die phasenrichtige Rückkopplung einer zweistufigen Kaskade durch Ohmschen Widerstand[2]. Abb. 21 zeigt das Schaltprinzip; ein Endrohr, hier zu Meßzwecken als Rohrvoltmeter geschaltet, ist, ebenfalls in Widerstandskopplung, hinzugefügt. Der in bekannter Weise berechnete Verstärkungsgrad V_0 der nicht rückgekoppelten Anordnung steigt durch die Rückkopplung auf das k_r-fache (k_r Rückkopplungs-Verstärkungsfaktor), wobei sich k_r allgemein zu

$$k_r = \frac{1}{\left|1 - \frac{e_r}{e_e}\right|} \equiv \frac{1}{|1-\alpha|}$$

ergibt; e_r ist die komplexe Amplitude der Grundwelle der an R_r (Abb. 21) rückgekoppelten, e_e die der Eingangspannung. Im Idealfall des linearen und frequenzunabhängigen Arbeitens wird einfach:

$$\alpha = \frac{R_r}{R_{r\infty}} \text{ mit } R_{r\infty} = V_0 \frac{R_r}{R_{a_3} + R_r} \approx V_0 \frac{R_r}{R_{a_3}} .$$

Dies stellt indessen nur für mäßige k_r bzw. $(1-\alpha)$ nicht $\ll 1$ eine brauchbare Näherung dar, da α in Wirklichkeit infolge der Nichtlinearität der Röhren von der Amplitude, infolge des endlichen Leitwerts der schädlichen Nebenschlußkapazitäten C_N und des endlichen Widerstandes des Gitterblocks $C_{ü}$ von der Frequenz von e_e abhängt.

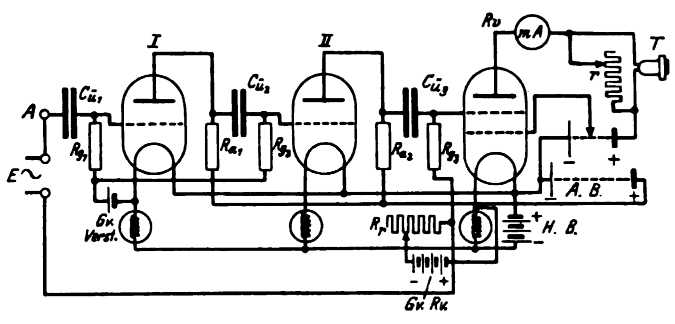


Abb. 21. Schaltung des rückgekoppelten Widerstandsverstärkers mit Rohrvoltmeter als Ausgang.

Im Falle konstanter Ausgangsamplitude erhält man die Frequenzabhängigkeit, nach der hier zunächst gefragt wird, allein. Die Rechnung ergibt für dieselbe:

$$k_r \approx \frac{k_{r_0}}{\sqrt{1 + \left\{3\, k_{r_0}\left(\frac{\beta}{\omega} - \varepsilon\,\omega\right)\right\}^2}} \text{ mit } k_{r_0} = \frac{1}{1 - \frac{R_r}{R_{r\infty}}},$$

wobei

$$\beta \equiv \frac{1}{C_{ü} R_g}; \; \varepsilon \equiv \frac{C_N R_i}{1 + R_i\left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_g}\right)},$$

also eine Art „Resonanzkurve"; da das Gebilde indessen keine induktiven Elemente enthält, wird die Bezeichnung „Quasiresonanz" gewählt. Sie involviert eine „Eigenfrequenz" $\omega_0 = \sqrt{\frac{\beta}{\varepsilon}}$, ein „Dekrement" $\frac{\pi}{3\, k_{r_0} \sqrt{\beta\, \varepsilon}}$. Abb. 22 zeigt eine berechnete k_r-ω-Kurvenschar mit $\beta \approx 5{,}2$ und $\varepsilon \approx 6{,}4 \cdot 10^{-7}$, was etwa dem untersuchten Verstärker entspricht.

Bei den Verstärkungsmessungen ist den besonderen Schwierigkeiten Rechnung zu tragen, die sich bei der rückgekoppelten Anordnung dadurch ergeben, daß vor dem Eingang kathodenseitig der verhältnismäßig große Rückkopplungswiderstand liegt; die über diesen abfließenden gesamten kapazitiven Störströme der Eingangsapparatur verursachen im üblichen Fall der Kathodenerdung Störspannungen von solcher Größe — wie eine Überschlagsrechnung zeigt, von rd. 1000facher Größe der Meßspannung —, daß jede Messung unmöglich wird. Anderseits ergibt sich, daß Messungen nur dann mit befriedigender Genauigkeit durchgeführt werden können, wenn nichtneutralisierte Gegenkapazitäten von mehr als rd. 0,07 cm innerhalb der gesamten Apparatur vermieden werden. Dies leistet eine besonders für diesen Zweck entwickelte Meßanordnung

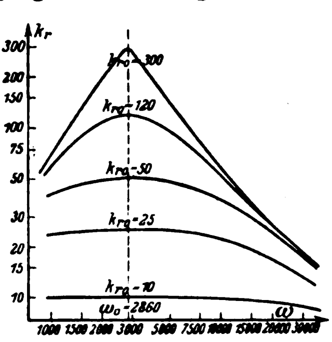


Abb. 22. Berechnete k_r-ω-Kurven.

[1] Auszug aus einer Diplomarbeit an der T. H. Breslau.
[2] Turner, Radio-Rev. Bd. 1, S. 317.

mit induktiv-galvanischer Ankopplung und abgestimmtem neutralisierten Sekundär-Eingangskreis, bei dem gitterseitig (Punkt A in Abb. 21) geerdet ist. Die Messungen stimmen mit der Rechnung (Abb. 22) befriedigend überein. Es lassen sich Rückkopplungsverstärkungen von $k_r \approx 300$ stabil erreichen.

Des weiteren wird die möglichste Beseitigung der Frequenzabhängigkeit für den Bereich der Telephoniefrequenzen angestrebt, da diese eine Ausnutzung der Rückkopplung oberhalb $k_r \approx 9$ für denselben verbietet. Durch Verkleinerung von β, der praktisch keine prinzipielle Grenze gesetzt ist, läßt sich der Verstärkungsabfall bei tiefen Frequenzen nach Wunsch beheben, bei hohen Frequenzen wäre entsprechend die schädliche Kapazität C_N zu verkleinern, wobei man jedoch praktisch bald zu einer Grenze kommt. Daher liegt der Versuch nahe, den Verstärkungsabfall bei hohen ω, der durch das Nacheilen von e_r gegen e_e verursacht wird, durch Einführung eines induktiven Elements L in den jetzt komplexen Rückkopplungswiderstand $\mathfrak{R}_r$ zu kompensieren. Indessen ergibt sich hier die Schwierigkeit, daß die Anordnung bei der zur Kompensation erforderlichen Größe von L eine Hochfrequenzanfachung darstellt. Durch Experiment und Rechnung kommt man aber übereinstimmend zu einer schwingungsfreien und doch noch wirksamen Kompensationsanordnung mit Hilfe eines Dämpfungswiderstandes R_2 von geeigneter Größe parallel L. Je nach Wahl der Parameter L und R_2 arbeitet dann der Verstärker im „unter-", „optimal-" oder „überkompensierten" Gebiet. Jeder Verstärker hat, wie gezeigt wird, ein durch seine charakteristischen Konstanten $R_{r\infty}$, β und ε eindeutig bestimmtes endliches, durch optimale Werte von L und R_2 bezeichnetes Kompensationsoptimum; das äußert sich so, daß z. B. bei Zulassung einer Schwankung $\left|\frac{\delta k_r}{k_{r\,\text{mittel}}}\right|$ innerhalb eines bestimmten Frequenzintervalls k_{r_m} bei diesen Werten ein endliches Maximum erreicht.

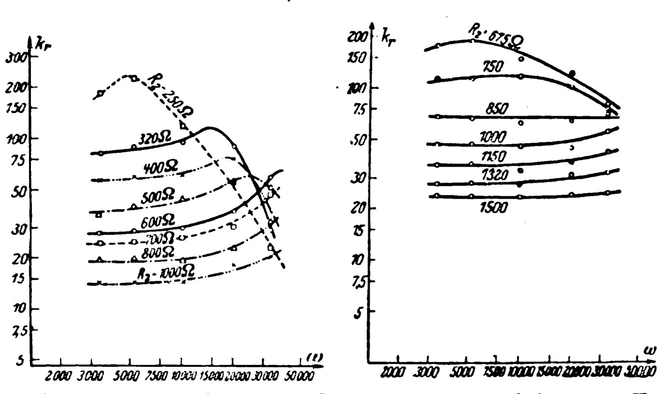


Abb. 23. $k_r = f(\omega)$ bei $L = 12{,}27$ mH und R_2 als Parameter.

Abb. 24. $k_r = f(\omega)$ bei $L = 8{,}73$ mH und R_2 als Parameter.

Abb. 23 und 24 zeigen gemessene k_r-ω-Kurven bei schlechterer oder besserer Anpassung. Die „natürliche Grenze" wurde beim untersuchten Verstärker, wenn im Gebiet bis $\omega \approx 33\,000$ $\left|\frac{\delta k_r}{k_{r_m}}\right| \approx 15\,\%$ zugelassen wird, bei $k_{rm} \approx 73$ experimentell gefunden in befriedigender Übereinstimmung mit der Rechnung, während ohne Kompensation mit der gleichen Anordnung bei sonst gleichen Anforderungen nur der achte Teil zu erreichen war. (H. G. Baerwald, Arch. El. Bd. 22, H. 1, S. 81.)

Vor der Einführung des Tonfrequenzrufverfahrens für Zweidrahtverstärkerleitungen bei der Deutschen Reichspost. — In den Vierdrahtverstärkerleitungen des deutschen Fernkabelnetzes wird bereits seit einigen Jahren zum Anruf der Fernämter Wechselstrom von 500 Hz (Tonfrequenzstrom) statt des sonst üblichen Rufstroms von 25 Hz verwendet; nunmehr wird die Deutsche Reichspost indessen, wie W. Weinitschke erörtert, den Tonfrequenzanruf auch für Zweidrahtverstärkerleitungen einführen, in denen bisher mit 25 Hz gerufen wurde. Anlaß zu dieser Maßnahme gibt die Einführung der Unterlagerungstelegraphie auf Fernkabeladern, die außerdem der Gesprächsvermittlung dienen. Da für letzteren Zweck die Frequenzen unter 300 Hz entbehrlich sind, so ist dieser Frequenzbereich der Telegraphie überlassen, die ihrerseits Frequenzen bis zu etwa 50 Hz hinauf benötigt. Die weitere Verwendung des 25periodigen Rufstroms in Zweidrahtverstärkerleitungen würde demnach die Telegraphie auf Fernkabeladern, die gleichzeitig für den Sprechverkehr benutzt werden sollen, unmöglich machen; infolgedessen wird auch hier (in Übereinstimmung mit Vereinbarungen des CCI) Rufstrom von 500 Hz verwendet werden. Die Fernämter selbst werden nach wie vor ebenso wie in die Teilnehmer- so auch in die Fernleitungen mit 25 Hz rufen, doch wird dieser Rufstrom vor Eintritt in die Fernleitung in 500 Hz-Strom umgesetzt, der beim Empfangsamt wiederum in 25 Hz-Strom zurückzuverwandeln ist.

Da eine Ruffrequenz von 500 Hz bereits in den Übertragungsbereich der Sprache fällt, so muß die Rufspannung etwa auf die Größenordnung der Spannung der Sprechströme herabgesetzt werden, damit störende Beeinflussung von Gesprächen durch Rufstrom einer benachbarten Leitung vermieden wird. Diese Verringerung der Rufspannung bedingt ausreichend empfindliche Rufempfangseinrichtungen, die indessen wegen der Gleichheit von Ruf- und Sprechspannung auch auf Sprechströme ansprechen würden, wenn nicht Maßnahmen hiergegen getroffen wären. Als solche dienen: Unterbrechung des 500 Hz-Rufstroms im Takte von 20 Hz und ferner Verwendung von Verzögerungsrelais in der Rufempfangseinrichtung, so daß der vom rufenden Amt gesandte Strom erst eine gewisse Mindestzeit andauert, bevor die Empfangseinrichtung ansprechen kann. Solche Sicherheitsmaßnahmen gegen die Betätigung der Rufempfangseinrichtung durch Sprechströme weist zwar schon die bisher im Vierdrahtbetriebe benutzte Rufeinrichtung auf; dennoch war die einfache Übernahme dieser Rufeinrichtung auch für Zweidrahtleitungen nicht möglich. Das liegt daran, daß beim angerufenen Endamt einer Zweidrahtleitung der Pegel der Rufspannung infolge der Restdämpfung weit niedriger liegt als beim Endamt einer Vierdrahtleitung. Die Rufempfangseinrichtung einer Zweidrahtleitung muß daher eine größere Ansprechempfindlichkeit gegenüber Rufströmen besitzen als bei Vierdrahtleitungen, muß aber gleichzeitig ebenso unempfindlich wie diese gegen Sprechströme sein.

Diesen verschärften Bedingungen entspricht die Tonfrequenzrufeinrichtung von Siemens & Halske, die demnächst für Zweidrahtleitungen eingeführt wird. Der vom fernen Amt ankommende Rufstrom (500 Hz, im Takte von 20 Hz unterbrochen) gelangt über einen Vorübertrager und ein Verstärkerrohr zu einem auf 500 Hz abgestimmten Schwingungskreis. Infolge dieser Abstimmung wirken nur die Schwingungen um 500 Hz auf den Gitterkreis des nun folgenden Gleichrichterrohrs, in dessen Anodenkreis daher Gleichstromstöße im Takte von 20 Hz auftreten. Sie wirken auf ein abgestimmtes Zungenfrequenzrelais, das direkt im Anodenkreis des Gleichrichterrohrs liegt und nach 170 ms anspricht. Es betätigt dabei ein Verzögerungsrelais, das seinerseits wiederum für die ganze Rufdauer ein ebenfalls verzögernd arbeitendes Weiterrufrelais einschaltet. Dieses endlich schaltet die gewöhnliche Rufstromquelle des Fernamts (25 Hz) an die Leitung zum Fernplatz des gerufenen Amts. Die doppelte Abstimmung der Rufempfangseinrichtung auf 500 Hz und auf 20 Hz sichert zusammen mit der beschriebenen Verzögerungsrelaiskette die Anordnung gegen Betätigung durch Sprechströme.

Will eine Fernbeamtin in abgehender Richtung rufen, so legt sie wie üblich ihren Rufschalter um, und der 25 Hz-Rufstrom des Fernamts wird durch Vermittlung von 2 Relais in 500 Hz-Rufstrom umgesetzt, der im Takte von 20 Hz in die Leitung zum fernen Amte fließt.

Montagemäßig werden die gesamten für die Rufumsetzung in beiden Richtungen benötigten Apparate — 4 Relais, 2 Röhren samt Zubehör — auf einer gemeinsamen Platte untergebracht; diese Platten werden auf Gestellen befestigt, u. zw. zu je 16 bei kleinen und zu je 40 bei großen Ämtern. Prüf- und Mithörklinken ermöglichen die Überwachung der Rufumsetzer. — Es ist übrigens geplant, künftig den Anruf der Zwischenämter durch Rufstromsendung von mehr als 7 s Dauer aufzugeben und dafür besondere Dienstleitungen in den Fernkabeln zu benutzen. (W. Weinitschke, Tel. u. Fernspr.-Techn. Bd. 18, S. 61.) *Bur.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Die Phosphoreszenz im Zusammenhang mit elektrischen Erscheinungen. — Die bekannte Erscheinung der Phosphoreszenz ist bereits von Lenard in folgender Weise gedeutet worden. Absorbiert ein Phosphor einge-



strahltes Licht, so werden in ihm Elektronen abgespalten (Photoeffekt). Die zunächst freibeweglichen Elektronen werden bald im Kristallgitter eingefangen und festgehalten. Die Lichtenergie wird so in Form elektrischer Energie aufgespeichert. Das Leuchten des Phosphors entsteht bei der Wiedervereinigung des Elektrons mit der positiven Ladung, entsprechend der bekannten Bohrschen Vorstellung. Die Wiedervereinigung kann mit der ursprünglichen oder einer anderen positiven Ladung erfolgen. Sie wird eingeleitet durch die Wärmebewegung im Innern des Kristalls. Der Phosphor leuchtet daher nicht bei tiefen Temperaturen, wohl aber bei Erwärmung oder bei Bestrahlung mit langwelligem Licht. Wenn diese Vorstellung zutrifft, so müssen sich die Elektronenbewegungen bei der Erregung wie beim Leuchten durch direkte elektrische Methoden nachweisen lassen. Dies gelingt in der Tat bei gut isolierenden phosphoreszenzfähigen Kristallen, wenn man sie zwischen die Belegungen eines Kondensators bringt, der mit einer Stromquelle und einem empfindlichen Galvanometer einen Stromkreis bildet. Im Augenblick der Belichtung zeigt das Galvanometer einen Strom an, den lichtelektrischen Primärstrom. Wird die Belichtung unterbrochen, so hört auch bei genügend tiefer Temperatur des Phosphors schlagartig der Strom auf. Der erregte Phosphor isoliert weiterhin, da keine freien Elektronen vorhanden sind. Bei Erwärmung oder Bestrahlung mit langwelligem Licht setzt in demselben Augenblick, in dem der Phosphor zu leuchten beginnt, wieder ein Strom ein, diesmal von entgegengesetzter Richtung. Seine Intensität steigt und sinkt mit der Helligkeit des Phosphoreszenzlichtes. Dieser lichtelektrische Primärstrom erweist sich sogar als die allgemeinere Erscheinung. Er läßt sich bei allen Kristallen beobachten, die eine elektronenliefernde Lichtabsorption aufweisen, das sind besonders Kristalle von hoher Lichtbrechung oder künstlich verfärbte Kristalle. Diese Tatsache wirft neues Licht auf das Wesen eines Isolators. Die isolierenden Eigenschaften könnten ja entweder auf das Fehlen von freien Elektrizitätsatomen zurückzuführen sein oder darauf, daß zwar freie Elektrizitätsatome vorhanden sind, daß sie aber solche Hindernisse finden, daß sie im elektrischen Felde keine nennenswerten Wege zurücklegen können. Die Erscheinung des lichtelektrischen Primärstromes entscheidet eindeutig im Sinne der ersten Annahme. Sobald man im Innern eines isolierenden Kristalls Elektronen durch Lichtabsorption frei macht, können sie auch im elektrischen Felde wandern. Anfangs ist dabei der Strom proportional der Feldstärke; das Ohmsche Gesetz gilt wie in metallischen Leitern. Bei hohen Feldstärken tritt aber schließlich wie in vielen andern Fällen elektrischer Leitung ein Sättigungsstrom auf, wenn das Feld ausreicht, alle vom Licht abgespaltenen Elektronen zur Anode hinüberzuziehen. Der am längsten bekannte Vertreter lichtelektrischer Leitfähigkeit, das Selen, zeigt kompliziertere Erscheinungen. Es ist kein Isolator mehr, sondern weist sehr merkliche Dunkelströme auf. Der elektrische Widerstand besonders mikrokristallin zusammengesetzter Präparate wird nun erheblich herabgesetzt, wenn man im Selen einen lichtelektrischen Primärstrom fließen läßt. Der Primärstrom löst daher relaisartig sekundäre Ströme aus, deren Stärke diejenige des Primärstromes bei weitem übertreffen kann. Daher haben die zahlreichen früheren Untersuchungen über das Selen vor der Entdeckung des lichtelektrischen Primärstroms so wenig eindeutige Ergebnisse geliefert. (R. W. Pohl, Naturwissensch. Bd. 16, S. 477.) *Br.*

Chemie.

Vernickeln von Aluminium und Aluminiumlegierungen. — Die Aluminum Company of America ließ im Mellon Institute of Industrial Research an der Universität in Pittsburgh die verschiedenen Verfahren, Aluminium und die in der Technik verwendeten Aluminiumlegierungen elektrolytisch mit anderen Metallen zu überziehen, eingehend untersuchen. Im besonderen handelt es sich darum, Aluminium zu vernickeln. Es macht einen großen Unterschied, ob reines Aluminium (99,0 ... 99,4 % Al) oder welche seiner Legierungen vernickelt werden soll. Die erhaltenen Überzüge wurden auf ihre Haftfestigkeit geprüft, indem weiches Metall scharf gebogen, hartes Metall gebrochen wurde; ein schlechter Überzug blättert dabei ab. Um den Widerstand gegen Korrosion rasch zu untersuchen, wurden die Proben zur Hälfte in eine wässerige Lösung von je 1 % Chlornatrium und Chlorkalzium eingetaucht.

Zum Entfetten, welches jeder anderen Behandlung vorangeht, erwies sich eine Lösung von 22,5 g/l Natriumkarbonat und 45 g/l Natriumbikarbonat bei 93 ° oder stark verdünnte Flußsäure (50prozentige Flußsäure mit 9 Teilen Wasser verdünnt) geeignet. Eine glatte Oberfläche wird dann in einem zyankalischen Zinkbade von folgender Zusammensetzung 5 min lang verzinkt:

$Zn(CN)_2$	30 g/l
NaCN	30 „
Ammoniak (Dichte 0,90) .	33 „
Gelatine	5 „

Es wird bei Zimmertemperatur mit einer kathodischen Stromdichte von 0,5 A/dm² verzinkt. Auf dieser Unterlage erhält man nachher schöne Niederschläge von Kupfer, Kadmium oder Messing, welche gut haften und gelötet werden können; sie schützen aber nicht gegen Feuchtigkeit oder Salzlösungen. Wenn man im zyankalischen Bade verkupfert und nachher 15 min lang auf 500 ° erhitzt legiert sich das Kupfer mit dem Aluminium, und man erhält nun einen viel besseren Schutz. Man kann auch nach Travers[1] das Aluminium unmittelbar vernickeln und dann auf 240 ° erhitzen; dazu sind aber mindestens 10 h nötig.

Am besten rauht man die Oberfläche des Aluminiums auf, sei es durch Anätzen oder mit dem Sandstrahlgebläse. Zum Anätzen pflegt man entweder eine starke mit Salzsäure versetzte Nickelchloridlösung (226 g/l $NiCl_2 \cdot 6\,H_2O$, 89 cm³ Salzsäure von der Dichte 1,18, 805 cm³ Wasser) oder eine schwache Lösung von Eisenchlorid oder Nickelchlorid oder Mangansulfat mit viel Salzsäure oder drittens ein Gemisch von Salpetersäure (1,42) mit Flußsäure (50 % HF) zu verwenden. Die Nickellösung soll frei von Kupfer sein; man kann diese Verunreinigung beseitigen, indem man Aluminiumspäne hineinwirft. Die starke Nickellösung eignet sich für reines Aluminium, für seine Legierungen aber im allgemeinen nicht, das Gemisch von Salpetersäure und Flußsäure besonders für Legierungen mit eutektischem Gefüge. Am allgemeinsten verwendbar ist die Manganlösung; man taucht 15 ... 20 s ein.

Zu dem darauffolgenden Vernickeln eignet sich fast jedes Nickelbad, für Gegenstände mit Vertiefungen das gut streuende zitronensaure von Hogaboom empfohlene Bad:

Nickelammoniumsulfat (mit 6 H_2O) . .	**75 g/l**
Natriumchlorid	**53 „**
Natriumzitrat (mit 11 H_2O)	**7,5 „**
Borsäure	**15 „**

Waren von großer Oberfläche müssen vorher in ein verdünntes Tauchbad länger getaucht werden.

Das Vernickeln von Aluminium empfiehlt sich besonders für Autoteile. Wenn im Gebrauch Spuren von Oxyd auf der Metallfläche erscheinen, so werden sie von Wind und Regen wieder abgewaschen, indem anscheinend das Aluminium passiv wird. Die Legierungen von Aluminium mit Silizium lassen sich leichter vernickeln als die in Amerika viel verwendete Legierung mit 8 % Kupfer. (H. K. Work, Transact. Am. Electrochem. Soc. Bd. 53, S. 361.) *K. A.*

Werkstatt und Baustoffe.

Der Einfluß der Glasur auf die Isolatorenfestigkeit. — Diese in Deutschland schon seit einigen Jahren durch verschiedene Veröffentlichungen[1] bekannte und berücksichtigte Bedeutung der Glasur von Porzellanisolatoren behandelt D. H. Rowland für amerikanische Verhältnisse. Er gelangt dabei auf Grund von Zug- und Biegeversuchen an Probestäben von 2,85 × 15,2 cm, die entweder unglasiert oder mit verschiedenen Glasuren versehen waren, zu dem Ergebnis, daß die Art der Glasur einen entscheidenden Einfluß (von etwa 60 % nach oben bzw. ebensoviel nach unten gegenüber unglasiertem Porzellan) auf die Festigkeit ausüben kann. Die folgende Zahlentafel gibt im einzelnen die an je 25 ... 30 Stäben gleicher Glasur erzielten Werte mit der dabei festgestellten mittleren Streuung wieder:

	kg	Mittlere Abweichung %
Gruppe 1 unglasiert . . .	482	4,6
„ 2	461	3,6
„ 3	590	9,35
„ 4	590	8,9
„ 5	779	3,8
„ 6	449	6,25
„ 7	435	4,36
„ 8 schlecht passende, rissige Glasur . .	174	5,5

[1] Am. P. 1256954.

[1] E. Gerold, Mitt. Hermsd. Schomb. 1925, S. 395. — ETZ 1925, S. 184. — H. Handrek, Die Beurteilung der Glasur für Güte und Betriebssicherheit von Porzellan-Isolatoren, Mitt. Hermsd. Schomb. 1926, 29/30, S. 879 u. H. 23, S. 679. — Fachberichte der XXXI. Jahresversammlung des VDE 1926, S. 60.

Hiernach hat jedenfalls die Beschaffenheit der Oberfläche einen ganz außerordentlichen Einfluß auf die Festigkeit des Porzellans, besonders wenn die Oberfläche einer Zugspannung ausgesetzt ist. Daß es dabei auf das Zusammenpassen von Masse und Glasur sehr mit ankommt, beweist ein Vergleich der Gruppen 2 und 5, die bis auf einen kleinen Unterschied im Passen der Glasur ganz gleich waren. Spannungen in der Oberfläche müssen also unter allen Umständen vermieden werden, wobei schon Zusätze von färbenden Metalloxyden großen Einfluß ausüben können. Falls die Isolatoren, wie Innenraum-Stützer, mit Metallarmaturen versehen werden, kommt es ferner auf gute Druckverteilung an sowie darauf, daß an Stelle einer völlig starren Verbindung eine gewisse Nachgiebigkeit zur besseren Verteilung des Druckes auf die Oberfläche gewährleistet ist.

Möglicherweise ist auch die Erscheinung, die gelegentlich als Altern des Porzellans bezeichnet worden ist, in einem Rissigwerden des Isolators infolge Nichtpassens der Glasur begründet. Jedenfalls werden die elektrischen Eigenschaften eines Isolators durch die Oberflächenbeschaffenheit nicht beeinflußt, wenn keine mitwirkende mechanische Belastung in Frage kommt. (D. H. Rowland, Gen. El. Rev. Bd. 32, S. 136.) *W. W.*

Verschiedenes.

Dr.-Ing.-Promotionen an den deutschen Technischen Hochschulen. — Die nachfolgende Zahlentafel gibt einen Überblick über die im Wintersemester 1928/29 erfolgten Dr.-Ing.-Promotionen an den 11 deutschen Technischen Hochschulen und 2 Bergakademien[1]. Zum Vergleich sind in Abb. 25 die betreffenden Zahlen prozentual ausgewertet und mit denen für 19 deutsche Universitäten[2] im gleichen Semester zusammengestellt. Hier sind bei den Universitätsfakultäten zu den Juristen auch die Staats- und Wirtschaftswissenschaftler gezählt; für die Technischen Hochschulen rechnen unter „Allgemeine Wissenschaften" auch Technische Physik, Naturwissenschaft, Landwirtschaft u. dgl.; die Abteilung „Bauwesen" umfaßt Architektur und Bauingenieurwesen; unter „Stoffwirtschaft" rechnen Chemie, Pharmazie, Hüttenkunde usw.; Maschinenbau und Elektrotechnik sind zu einer Abteilung zusammengefaßt. Da der Gegenüberstellung die Zahlen nur eines Semesters zugrunde liegen, ist sie nur beschränkt richtig, wird aber den wirklichen Verhältnissen wenigstens nahekommen. Wie Abb. 25 zeigt, liefert die medizinische Fakultät verhältnismäßig die meisten Dissertationen; dann folgt aber dem prozentualen Anteil nach bereits die Stoffwirtschaft (weitaus überwiegend Chemie). Insgesamt liegt die Promotionshäufigkeit an den Technischen Hochschulen beträchtlich unter der der Universitäten. Die letzte Spalte der Zahlentafel nennt die Ehrenpromotionen. Hier liegt das Verhältnis etwas anders: Bei den Technischen Hochschulen kommen auf rd. 25 000 Studierende 33 Ehrenpromotionen, bei den Universitäten auf rd. 69 000 Studierende nur 67 Ehrenpromotionen. (Mitt. Verb. Dt. Hochschulen Bd. 9, S. 203.) *nkl.*

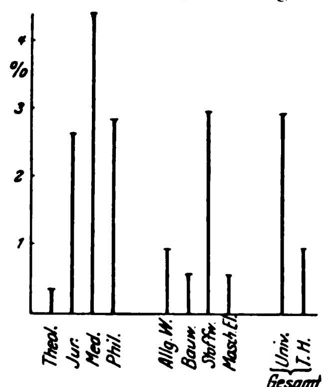


Abb. 25. Doktordissertationen an Universitäten und Technischen Hochschulen in Prozent der immatrikulierten Studierenden (W.-S. 1928/29).

Hochschule	Allg. Wissensch.	Architektur	Bauingenieurwesen	Stoffwirtschaft	Elektrotechnik	Maschinenbau	Summe	Ehrenpromot.
Aachen*	1 64	— 233	—	2 397	3 324		6 1018	5
Berlin	1 291	1 445	4 874	21 597	5 1171	14 1679	46 5 057	—
Braunschweig	2 149	— 71	3 125	10 185	1 146	4 260	20 936	5
Breslau	1 49			2 266	1 536		4 851	3
Clausthal				1 376			1 376	—
Danzig	— 337	1 411		— 138	— 290	— 654	3 1 830	—
Darmstadt	— 401	1 263	— 304	8 236	1 545	1 769	11 2 518	1
Dresden	10 1195	3 220	2 287	17 266	16 907		48 2 875	—
Freiberg				5 277			5 277	4
Hannover	8 196	4 564			2 1166		14 1 926	5
Karlsruhe	1 73	1 181	6 192	7 106	2 277	4 475	21 1 304	2
München	9 881	2 367	1 628	12 306	10 1933		34 4 115	3
Stuttgart	2 190	3 337	2 303	15 212	1 243	1 572	24 1 857	5
Summen:	35 3826	34 5805		100 3362	66 11947		237 24 940	33

* Von den beiden Zahlen ist jeweils die obere die der Dissertationen, die untere die der immatrikulierten Studierenden.

[1] Über die Promotionen im W.-S. 1927/28 wurde in der ETZ 1929, S. 506 berichtet.

[2] Die weiteren 4 Universitäten blieben wegen Unvollständigkeit der Angaben unberücksichtigt.

Neue Normblätter des DNA. — Druckereiwesen: DIN NAGRA 11 Korrekturzeichen und ihre Erklärung, entworfen von der Zentralkommission der Korrektoren Deutschlands im Verbande der Deutschen Buchdrucker.

Bauwesen: DIN 1208 Trapsschraube für Bleitraps. — 1250 Spurweiten für Bahngleise.

Maschinenbau, allgemein: DIN 554 Halbblanke Sechskantmuttern. Metrisches, Whitworth- und Whitworth-Feingewinde.

Bergbau: DIN BERG 10 Luftleitungen, Berieselungsleitungen, Rohrendflansche. — BERG 2201 Gliederförderer, Schöpfbecher-Doppelglieder, Übersicht. — BERG 2202 Gliederförderer, Entwässerungsbecher-Doppelglieder, Übersicht. — BERG 2203 Gliederförderer, Vollbecher-Doppelglieder, Übersicht. — BERG 2204 Gliederförderer, Leseband-Doppelglieder, Übersicht. — BERG 2205 Gliederförderer, Stückkohlenband-Doppelglieder, Übersicht. — BERG 2206 Gliederförderer, Kratzband-Doppelglieder, Übersicht. — BERG 2207 Gliederförderer, Kastenband-Doppelglieder, Übersicht. — BERG 2210 Blatt 1, Gliederförderer, Einzelteile. — BERG 2210 Blatt 2, Gliederförderer, Einzelteile, Schöpfbecher. — BERG 2210 Blatt 3, Gliederförderer, Einzelteile, Entwässerungsbecher. — BERG 2210 Blatt 4, Gliederförderer, Becherkette-Einzelteile, Vollbecher.

Eisenbahnwagenbau: DIN WAN 2 Merkbuch für Ausgestaltung des Teilheftes.

Chemische Geräte: DIN DENOG 201 Einwandige Trockenschränke (nach Fresenius). — DENOG 202 Doppelwandige Trockenschränke für Mantelheizung. — DENOG 203 Trichterförmige Wasserbäder (nach Bechi) Kupferblech. — DENOG 204 Zylindrische Wasserbäder, Kupferblech. — DENOG 205 Zylindrische Wasserbäder, Gußeisen. — DENOG 206 Halbkugelige Wasserbäder, Kupferblech. — DENOG 207 Wasserbadringe, Kupfer. — DENOG 208 Wasserregler für Wasserbäder. — DENOG 209 Dreifüße. — DENOG 210 Spatel, Nickel.

Energiewirtschaft.

Anlagekosten von Hochdruck-Dampfkraftwerken in den V. S. Amerika. — Der neueste Bericht der National Electric Light Association (Nr. 289—73), der sich mit den Fortschritten der Hochdruck-Dampfkraftwerke befaßt, ist, wie die früheren, äußerst reich an Zahlenangaben und Mitteilungen über bauliche Einzelheiten. Bemerkenswert ist die Wandlung, die sich in den Ansichten über das, was Hochdruck ist, vollzogen hat. Während früher in diesem Rahmen über Anlagen mit 21 ... 28 at Anfangsdruck berichtet wurde, enthält der vorliegende Bericht keine Anlage mit weniger als 42 at; die Mehrzahl der behandelten Werke hat jedoch 84 at Anfangsdruck und darüber. Die Betriebserfahrungen sind auch im allgemeinen günstig.

Vielleicht den wertvollsten Teil des vorliegenden Berichtes stellt der Abschnitt dar, in dem die bisherigen Erfahrungen über die Kosten von Hochdruck-Dampfkraftwerken im Vergleich zu Kraftwerken mit niedrigerem Anfangsdruck zusammengestellt sind. Als Beispiel sei die nachstehende Zahlentafel wiedergegeben, die die Baufirma Stevens & Wood, New York, mitgeteilt hat (s. S. 1790). Die beiden hier miteinander verglichenen Werke sind ausgeführt. Das Werk Toronto ist vollständig ausgebaut mit vier Gruppen von je 30 000 kW Nennleistung, doch ist zugunsten des niedrigen Dampfdrucks eine Leistung von $4 \cdot 35\,000$ kW der Rechnung zugrunde gelegt, zumal die Turbinen die Belastung auch in den Sommermonaten ohne weiteres dauernd aushalten. Beim Deepwater-Kraftwerk mußten dagegen Annahmen gemacht werden, weil von den ursprünglich in Aussicht genommenen drei Gruppen zu je 53 000 kW Nennleistung tatsächlich nur zwei aufgestellt

Kostenvergleich zwischen Niederdruck- und Hochdruck-Dampfkraftwerk, bezogen auf 1 kW Nennleistung.

Anlage		Toronto	Deepwater
Nennleistung	kW	140 000	159 000
Anfangsdruck	at	28	98
Grunderwerb	RM/kW	3,12	6,6
Bodenarbeiten	„	6,89	0,88
Kohlenlagerplatz	„	18,55	18,83
Uferanlage	„	—	11,25
Gründungen	„	66,9	17,48
Gebäude	„	45,25	42,5
Rohrleitungen (ohne Kühlwasserleitungen)	„	19,95	21,4
Kesselanlage	„	98,4	130,3
Turbinenanlage	„	111,5	91,1
Elektr. Schaltanlage (nur im Kraftwerk)	„	50,8	37,7
Betriebsanlagen	„	10,2	22,53
Kohlenförderanlage	„	19,6	13,4
Umformeranlage	„	28,1	27,83
Vorversuche	„	3,11	2,1
Summe	RM/kW	482,37	443,90

wurden. Statt der dritten Gruppe hat man dagegen beim Ausbau des Werkes eine Hochdruck-Vorschaltturbine eingebaut, die Heizdampf an verschiedene Industrieanlagen abgibt. Die Rechnung ist aber unter der Voraussetzung durchgeführt, als sei das Werk auf 3 · 53 000 kW ausgebaut worden; doch sind hier die Nennleistungen der Turbinen und nicht ihre Dauerhöchstleistungen zugrunde gelegt, die bis zu 58 000 kW steigen können.

Im übrigen werden natürlich die Zahlen vielfach durch örtliche Umstände beeinflußt, so daß man sie nicht ohne weiteres miteinander vergleichen kann. Beispielsweise waren die Bodenarbeiten beim Toronto-Werk, dagegen die Grunderwerbungskosten beim Deepwater-Werk teurer. Die großen Schwierigkeiten des Geländes drücken sich auch in den hohen Kosten der Gründungen des Toronto-Werkes aus. Vergleichbar bleiben eigentlich nur die Kessel- und Turbinenhauskosten, da die beiden Werke ziemlich gleiche Volleistung haben. Man erkennt, daß bei Summierung dieser Kosten die Niederdruckanlage doch noch etwas billiger als die Hochdruckanlage wird. Dieser Unterschied gleicht sich aber fast vollständig aus, wenn man zu diesen Kosten noch die der Rohrleitungen und der Kohlenförderanlagen hinzunimmt.

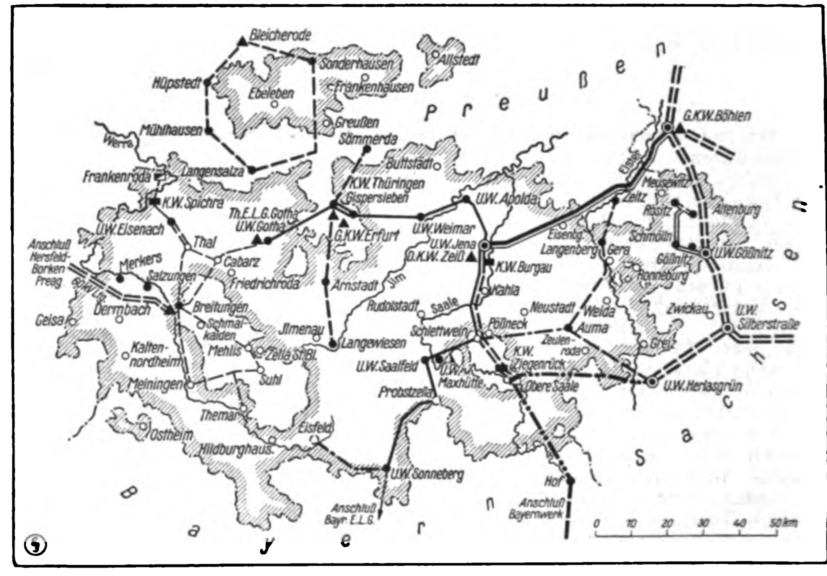
Daß tatsächlich die Wahl des Dampfdrucks die gesamten Anlagekosten eines Großkraftwerkes nur in untergeordnetem Maß beinflussen kann, beweisen folgende Zahlen. Bei dem für gewöhnlichen Dampfdruck entworfenen Großkraftwerk der Edison Electric Illuminating Co. in Boston entfallen von den gesamten Anlagekosten auf

Kessel- und Turbinengebäude	20,9 %	
Kondensationsanlage	9,1 „	
Kohlen- und Aschenförderanlage	3,4 „	
Bodenarbeiten	1,99 „	
Versuche vor Inbetriebnahme	1,54 „	36,93%
Kesselanlage	16,7 %	
Rohrleitungen und Isolation	8,5 „	25,2 %
Turbinenanlage	14,9 %	
Maschinenfundamente	1,37 „	16,27%
Schaltanlage	12,68%	
Schaltwerkbauten	6,58 „	
Hilfsanlagen	2,34 „	21,6 %

Von den hier angedeuteten Hauptteilen einer solchen Anlage werden durch den Übergang vom Betrieb mit niedrigem Dampfdruck zum Hochdruck-Dampfbetrieb in der Hauptsache nur die Kessel- und die Turbinenanlage verteuert, die zusammen etwa 41 % der Gesamtkosten beanspruchen. Dabei ist die Verteuerung der Turbinenanlage schon heute unerheblich, die der Kesselanlage gleichfalls nicht groß, wenn man berücksichtigt, daß der Hochdruckkessel erheblich mehr Leistung zu erzeugen gestattet als der Niederdruckkessel von gleicher Heizflächengröße. Auf der anderen Seite werden beim Übergang zum Hochdruck-Dampfbetrieb die Baulichkeiten, die Kondensationsanlagen mit allem, was dazu gehört, die zusammen fast 37 % der Anlagekosten beanspruchen, billiger, so daß die Ersparnis in diesem Gebiet den Mehraufwand für Kessel und Maschinen tatsächlich beinahe ausgleichen kann. Die hier mitgeteilten Zahlen sind an wirklich ausgeführten Werken ermittelt und daher besonders wertvoll. *H.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Oberbaurat Dipl.-Ing. H. Kyser, Weimar, hat in der Siemens-Z. als Auszug aus einem im Mitteldeutschen Bezirksverband der VdEW gehaltenen Vortrag einen Aufsatz über Versuche mit dem Siemens-Westinghouse Impedanzrelais im Thüringenwerknetz veröffentlicht und darin die Thüringische Landeselektrizitätsversorgung durch eine instruktive Karte veranschaulicht, die wir mit Genehmigung der Schriftleitung hier wiedergeben (Abb. 26).

Der Anschlußwert der Badischen Landeselektrizitätsversorgung AG. (Badenwerk), Karlsruhe, stieg im Geschäftsjahr 1928/29 von 126 236 auf 145 076 kW und die Zahl der im Kleinverkauf belieferten Gemeinden von 547 auf 550 mit rd. 88 900 Haushaltungen, wovon 78 250, also 88 %, angeschlossen waren. Nutzbar abgegeben hat die Gesellschaft insgesamt 201,371



50 kV-Leitung Thüringenwerk,
50 kV-Leitung Thüringenwerk, geplant,
50 kV-Leitung, fremd,
30 kV-Leitung Thüringenwerk,
30 kV-Leitung Thüringenwerk, geplant,
30 kV-Leitung, fremd,
100 kV-Leitung Thüringenwerk, mit Reservephase,
100 kV-Leitung Thüringenwerk, geplant,
100 kV-Leitung AG. Sächsische Werke,
Dampfkraftwerk, Gaskraftwerk,
Wasserkraftwerk,
Wasserkraftwerk, geplant,
Umspannwerk,
Umspannwerk, geplant.

Abb. 26. Thüringische Landeselektrizitätsversorgung.

Mill kWh (234,389 i. V.), u. zw. 191,743 (225,087) für Kraft und sonstige Zwecke im Großverbrauch und 9,628 Mill kWh (9,302 i. V.) für Licht im Kleinverbrauch. Der sich lediglich auf die Versorgung solcher Werke, die nur bei günstigen Wasserverhältnissen Strom erhalten, beziehende Rückgang der Abgabe ist durch eine außerordentlich große und anhaltende Wasserklemme der Schwarzwaldflüsse verursacht worden, durch die sich die Erzeugung des Murg-Schwarzenbachwerks und der fremden, auf das Netz der Berichterstatterin arbeitenden Wasserkräfte gegenüber dem Mittelwert um 30 % verringerte. Während der strengen Frostperiode konnte das Badenwerk infolge seiner Verbindung mit dem RWE und durch starkes Abarbeiten des Schwarzenbachbeckens den mit ihrem Netz verbundenen Wasserkraftwerken in großem Umfang Aushilfe leisten. Die Stromabgabe hat sich in dieser Periode um nahezu 50 % gegenüber normalen Verhältnissen erhöht. Bei den Kleinverbrauchern ermäßigte sich der Durchschnittsverkaufspreis der Arbeit infolge besserer Ausnutzung des Mindestabnahmetarifs auf 31 Pf/kWh. Im August 1928 hat die Gesellschaft die Stromlieferung an die Neckarwerke AG., Eßlingen, und die Stadt Stuttgart über die vom Karlsruher Schalthaus abgehende 100 kV-Leitung aufgenommen, die an der Landesgrenze mit den 100 kV-Leitungen der Württemb. Landes-Elektri-

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1743.



zitäts-AG., zusammentrifft. Sie beteiligte sich im Berichtsjahr, wie bekannt, mit 37,5 % am Aktienkapital der von ihr mit gegründeten Schluchseewerk AG., mit 50 % an der Badischen Kraftlieferungsgesellschaft m. b. H., Freiburg i. Br. und mit 0,1 Mill RM an der Westdeutschen Elektrizitätswirtschaft AG., Frankfurt a. M. Mit dem Elektrizitätswerk Mittelbaden AG., Lahr, das das Gebiet Offenburg-Lahr versorgt, wurde ein Lieferungsvertrag geschlossen. An Stromeinnahmen erzielte die Berichterstatterin 12 776 419 RM (11 715 906 i. V.) und aus Verschiedenem 65 606 RM (321 921 i. V.). Der Reingewinn betrug 2 001 426 RM (2 099 917 i. V.) und gestattete wieder die Verteilung von 9 % Dividende auf 21 Mill RM Aktienkapital.

Kurze Auslandsnachrichten. — Österreich. Die Oberösterreichische Wasserkraft- und Elektrizitäts-AG. (OWEAG) und die Elektrizitätswerke Stern & Hafferl AG. haben sich unter der Firma Österreichische Kraftwerke AG. (Oeka) zusammengeschlossen. Durch die Fusionierung wird die Energiewirtschaft Oberösterreichs sowie eines Großteils von Salzburg vereinheitlicht und eine Rationalisierung der Betriebe ermöglicht. Diese umfassen jetzt in Oberösterreich das Kraftwerk Partenstein an der Mühl, das Rannawerk, die Werke am Gosausee und Gosaubach, Steeg, St. Wolfgang, Schwarzensee und Offensee, die Traunwerke und die Dampfzentralen in Timelkam und Frankenburg, ferner die Großarlwerke im Lande Salzburg. — Rumänien. Verhandlungen der Electricitäts-Lieferungs-Gesellschaft, Berlin, haben zum Abschluß von Verträgen zwischen einem unter Führung der AEG stehenden Konsortium und der rumänischen Gesellschaft Industriile Miniere din Banat (IMBO) geführt. Man plant die Gründung einer rumänischen Aktiengesellschaft mit voraussichtlich 500 Mill Lei Kapital, in die die von der Regierung bereits erteilten Konzessionen für die Elektrizitätsversorgung des neurumänischen Banats und eines Teils von Siebenbürgen sowie als Brennstoffbasis die Kohlengrube Rusca-Montana eingebracht werden sollen. Das Versorgungsgebiet umfaßt u. a. die Städte Temesvar und Arad, und das zunächst für 20 000 kW bemessene Kraftwerk wird entweder an der Grube oder bei Temesvar errichtet.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur Fachsitzung für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken (EVE) am Dienstag, dem 10. Dezember 1929, 8 h abends in der Technischen Hochschule in Charlottenburg, EB Hörsaal Nr. 301.

Tagesordnung:

Vortrag des Herrn Dr.-Ing. E. h. Rehmer, Direktor und Vorstandsmitglied der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG., über das Thema:

„Die Projektierungsgrundlagen und der Aufbau des Kraftwerkes West der Berliner Städt. Elektrizitätswerke Akt.-Ges."

Inhaltsangabe:

Entwicklung der Strombelastung im Berliner Netz — Gründe für die Auslegung des Werkes als Spitzenkraftwerk — Wahl der Turbinen- und Kesselgrößen, Feuerungsanlage — Lageplan und Gesamtanordnung des Kraftwerkes — Einzelheiten aus Kessel-, Turbinen- und Schaltanlage.

Gäste willkommen!

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Fachausschuß
für den Bau und Betrieb von Elektrizitätswerken.

Der Vorsitzende:
Dr. Rehmer.

Vorläufige Anzeige

betr. 50jähriges Bestehen des Elektrotechnischen Vereins.

Der Elektrotechnische Verein, der Ende Dezember 1879 gegründet worden ist, wird infolgedessen demnächst 50 Jahre bestehen. Aus mehrfachen Gründen wird die Jubiläumsfeier in der Zeit vom 24. bis 27. Januar 1930 stattfinden. In Aussicht genommen ist die nachstehende „Vorläufige Festfolge":

Freitag, den 24. Januar 1930.

a) 2 Uhr nachmittags: Festsitzung in Krolls Großem Festsaal, Berlin NW 40, Platz der Republik 7.
Ansprache des Vorsitzenden mit einem kurzen Rückblick auf die Entwicklung der Elektrotechnik in den vergangenen 50 Jahren.
Glückwünsche anderer Vereine usw.
Ehrungen.

b) 8 Uhr abends Festessen mit Ball in Krolls sämtlichen Sälen.

Sonnabend, den 25. Januar 1930.

a) 10 Uhr vormittags bis 1 Uhr nachmittags, 3 bis 6 Uhr nachmittags: Technisch-wissenschaftliche Tagung im Langenbeck-Virchow-Haus (Großer Saal), Berlin NW 6, Luisenstr. 58/59, bestehend aus Vorträgen hervorragender Fachmänner über elektrotechnische Themen von allgemeinem Interesse.

b) Abends: Bierabend von 8 Uhr ab (Hotel wird noch bekanntgegeben).

Sonntag, den 26. Januar 1930.
Führung durch Berliner Museen.

Montag, den 27. Januar 1930.
Besichtigung technischer und anderer Betriebe.

Die Einzelheiten werden später bekanntgegeben werden; die Einladungen werden rechtzeitig ergehen.

Erscheinen des II. Bandes der „Geschichtlichen Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik".

Im Mai 1928 waren die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und der dem Verbande Deutscher Elektrotechniker angeschlossenen Vereine auf die Sammlung „Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik" aufmerksam gemacht worden, die der Elektrotechnische Verein im Interesse der wissenschaftlichen Forschung und zur Förderung der Weiterbildung der Fachgenossen herausgibt. Dem damals erschienenen I. Band folgt jetzt der zweite, der eine Abhandlung des Herrn Dr.-Ing. E. h. Max Vogelsang enthält:

„Geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik".

Der Verfasser, der zu den Pionieren auf diesem Gebiete zählt und die Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik von den Anfängen an miterlebt hat, behandelt — auf 176 Seiten mit 252 Abbildungen — den Stoff von dem Geburtsjahr der Hochspannungstechnik 1886 an bis etwa 1914. Seine Darstellung atmet daher die Frische persönlichen Erlebens, ohne daß dadurch das objektive Erforschen der Quellen (vor allem in- und ausländischer Zeitschriften und Patente) vernachlässigt worden wäre. Das Buch — vom Verlag Julius Springer vorzüglich ausgestattet — läßt in knapper und fesselnder Darstellung teilnehmen an dem nie ruhenden Kampfe gegen den Kurzschluß, der in der Hochspannungs-Schalttechnik ausgekämpft wird, und gibt so einen Ausschnitt aus dem allgemeinen Ringen um den Fortschritt in der Elektrotechnik.

Bei den älteren Fachgenossen wird das Buch manche Erinnerung an vergangene Zeiten wachrufen, für die jüngeren bietet sein reicher Inhalt eine wertvolle Quelle der Anregung und Belehrung. Das Buch stellt ein nettes Weihnachtsgeschenk dar.

Für die Mitglieder des Elektrotechnischen Vereins und der anderen dem Verbande Deutscher Elektrotechniker angeschlossenen Vereine kostet das Exemplar:

a) auf dem Subskriptionswege
broschiert für das Inland: 11,00 RM; gebunden 11,70 RM,
„ „ „ Ausland: 11,20 „ „ 11,90 „
einschließlich Porto und Verpackung;



b) im Buchhandel
broschiert für das Inland: 21,00 RM; gebunden 22,20 RM,
„ „ „ Ausland: 21,00 „ „ 22,20 „
einschließlich Porto und Verpackung;

Wir bitten, **die Bestellungen an die Gecshäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118a II zu richten** und gleichzeitig den Betrag einzusenden (Postscheckkonto Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 13302).

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Der endgültige Sonderdruck VDE 436
„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V. E. S. 1. / 1930"
ist fertiggestellt und kann durch die Geschäftstelle des VDE bezogen werden.

Im Eigenverlag des VDE ist soeben als Sonderdruck VDE 468 eine Schrift, betitelt „Organisation und Entwicklung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker E. V." erschienen, die auf Verlangen von der Geschäftstelle des VDE, Abteilung Verlag, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, unentgeltlich abgegeben wird.

Kommission für Freileitungen.

Auf Grund der Einsprüche, die gegen die in der ETZ, Heft 40, veröffentlichten DIN VDE-Blätter 8002 ... 8005, 8007, 8008 und 8040 ... 8045 für Isolatoren und Isolatorstützen eingegangen waren, haben die betreffenden Normblattentwürfe verschiedene Änderungen erfahren. Insbesondere sind die Stützenisolatoren Reihe HD (DIN VDE 8002) entsprechend denen der Reihen HW, VHD und VHW mit Scheitelrille versehen.

Von Kappenisolatoren (DIN VDE 8007) ist der Isolator K 3 gestrichen und die Typenbezeichnung von K 4 bis K 8 entsprechend geändert.

Von Vollkernisolatoren (DIN VDE 8008) sind die Maße des Isolators MK 5 teilweise geändert. Die 1 min-Prüflastwerte sind für sämtliche Vollkernisolatoren gleich den 1 h-Werten gesetzt.

Auch die Isolatorstützen haben manche Vereinfachung erfahren.

Mit Rücksicht auf diese und viele andere kleinere Änderungen wird ausdrücklich auf die im Januar 1930 erscheinenden endgültigen Normblätter verwiesen, die von diesem Zeitpunkt ab vom Beuth-Verlag zu beziehen sind. Auf die Nichtverbindlichkeit der oben erwähnten DIN VDE-Normblattentwürfe wird hiermit ausdrücklich nochmals hingewiesen.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Kommission für Hochspannungsschaltgeräte.

Nachtrag zu den Erläuterungen der Normblätter „Innenraumisolatoren".

In den Erläuterungen ETZ 1928, S. 1859 und 1885, sowie ETZ 1929, S. 175 und 210, wurde nicht besonders hervorgehoben, daß sich die Normung nur auf Stützer und Wanddurchführungen für „Innenraumanlagen" bezieht. Infolgedessen sind von verschiedenen Werken derartige Isolatoren auch für Ölschalter, Transformatoren, Kabelendverschlüsse usw. verlangt worden. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß sich die genormten Innenraumdurchführungen infolge ihres konstruktiven Aufbaus nicht ohne weiteres für ölgefüllte Apparate verwenden lassen. Um unnötigen Rückfragen vorzubeugen, wird deshalb gebeten, bei Bestellungen von Apparaten mit Öl- oder Massefüllung die Vorschrift, genormtes Porzellan zu verwenden, fallen zu lassen.

Im Auftrage der Normgruppe Innenraumisolatoren.
gez. Kesselring.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

Es befinden sich Steckdosen 10 A 250 V für Aufputz- und Unterputzmontage mit dem VDE-Zeichen und dem Ursprungszeichen (J) im Verkehr. Vor dem Ankauf dieser Erzeugnisse wird gewarnt, da einer Firma, welche dieses Fabrikzeichen führt, die Genehmigung zur Benutzung des Verbandszeichens bisher nicht erteilt worden ist. Die obenerwähnten Steckdosen tragen also das Prüfzeichen zu Unrecht.

Ferner wird vor dem Ankauf von Sicherungspatronen mit dem VDE-Zeichen und dem Ursprungszeichen KSC gewarnt. Für Erzeugnisse mit diesem Fabrikzeichen hat die Prüfstelle des VDE die Erlaubnis zur Verwendung des Prüfzeichens nicht erteilt. Es liegt also bei den Patronen gleichfalls eine unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens vor. Das vorstehend abgebildete Ursprungszeichen ist nicht zu verwechseln mit dem Fabrikzeichen . Die Firma, welche dieses letztere Zeichen führt, besitzt die Genehmigung zur Führung des Prüfzeichens für verschiedene ihrer Erzeugnisse.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

AEF

Ausschuß für Einheiten und Formelgrößen.

Zuschriften mit dem Bemerk „Betrifft AEF" sind zu richten an die Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118a II, Fernspr. Amt Kurfürst 9697.

Der AEF hat die folgenden Druckschriften und Tafeln herausgegeben, auf die er hiermit hinweist:

1. Die „Verhandlungen des AEF in den Jahren 1907 bis 1927" sind im Verlage von Julius Springer erschienen und durch den Buchhandel zu beziehen. 49 S. im Format A4, Preis 5 RM.

2. 3 Wandtafeln Formelzeichen und 2 Wandtafeln Einheitszeichen auf Steifpapier im Format A1: 59,4 × 84,1 cm² und mit Ösen zum Aufhängen. Sie sind zu beziehen von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, zum Preise von je 35 Pf. Für Verpackung und Versand sind für 1 bis 5 Tafeln 55 Pf beizufügen.

3. Taschenheftchen, 15 S. im Format A 6. Es enthält allgemeine Angaben über den AEF, alle Zeichenlisten und 4 Sätze (ohne Erläuterungen). Es ist ebenfalls von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins zu beziehen. Preis (Versand inbegriffen) 1 Stück 25 Pf, 2 Stück 40 Pf, 3 Stück 50 Pf, 4 und mehr Stück 15 Pf das Stück.

4. Die meisten Listen und Sätze des AEF sind auch in Form von Normblättern erschienen. Diese sind zu beziehen vom Beuth-Verlag G. m. b. H. in Berlin SW 19.

Strecker.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Verein Chemnitz. 12. XII. 1929, Hörsaal 199 der Staatl. Akademie für Technik: Vortrag Obering. Landsmann, „Der Quecksilberdampfgleichrichter" (m. Filmvorführung).

Elektrotechnische Gesellschaft Hannover 10. XII. 1929, abds. 8 h, Hörsaal 42 der T. H.: Vortrag Obering. Geuter, „Schaltung, Aufbau und Wirkungsweise moderner Rundfunk-Netzanschluß-Empfänger mit Kraftverstärkern" (mit Lichtb. u. Gerätevorführung).

Schleswig-Holsteinischer Elektrotechn. Verein, Kiel. 6. XII. 1929, Aula der Universität: Vortrag Kapitänlt. a. D. v. Schiller, „Das Luftschiff Graf Zeppelin auf der Weltfahrt".



Elektrotechn. Gesellschaft zu Magdeburg. a) 11. XII. 1929, abds. 8 h, Aula der Staatl. Ver. Maschinenbauschulen, am Krökentor 1: Vortrag Oberstudienrat Kosack, „Der Durchgang der Elektrizität durch Gase und seine besond. Anwendungen" (anläßl. des 30jähr. Bestehens der Gesellschaft). b) 14. XII. 1929, abds., Pschorrbräu: 30. Stiftungsfest, verbunden mit einer Weihnachtsfeier.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin. 6. XII. 1929, nachm. 5½ h, gr. Hörsaal d. Physikal. Inst. d. Universität, Berlin, Reichstags-Ufer 7/8: 1. Vortrag W. Bothe, „Automatische Koinzidenzzählung (m. Vorführ.). 2. Vortrag S. Erk, „Über die Zähigkeit fester Körper".

Brennkrafttechnische Gesellschaft, Berlin. 14. XII. 1929, vorm. 10 h, Plenarsitzungsaal des Vorläuf. Reichswirtschaftsrates, Berlin, Bellevue-Str. 15: 12. Hauptversammlung mit folg. Vorträgen: 1. Dir. K. Deters, „Die Entwicklung der Seeschiffahrt und die Brennstoffwirtschaft". 2. Dr. W. Krauß, „Das Tankproblem im Kraftwagenbetrieb". 3. Prof. Th. Kayser, „Die wirtschaftspolitischen Folgen der Abtretung des ostoberschlesischen Grubengebietes an Polen". Auskunft erteilt die Geschäftstelle, Berlin, Potsdamer Str. 19.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Auszeichnungen. — Der Professor der Physik an der Universität Leipzig, Dr. Peter Debye, wurde zum Ehrenmitglied der Chemical Society, London, ernannt.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Einfluß der Vorbelastung auf das Ansprechen von Überstromrelais beim Auftreten eines Fehler-(Über-)Stromes.

Entgegen der Annahme des Herrn Obering. KOETZOLD Weimar. (Erwiderung auf Brief LESCH S. 1386) in seiner so vorbildlichen Klarstellung einer Fehlauslösung in dem ihm betrieblich unterstellten 50 kV-Netz vermögen gewöhnliche, d. h. lediglich auf Überstromanregung ansprechende U.M.Z.-Relais die an die „lose Netzkupplung" gestellte Anforderung nur unvollkommen zu erfüllen; trotz Einbau eines Wahlschutzes und trotz Einstellung der U.M.Z.-Relais des Netzkuppelschalters auf Auslösezeiten, die größer sind als die bei Fehlern hinter den Netzanschlußpunkten *A* und *D* (s. Abb. 1, S. 1386) durch den Wahlschutz entsprechend den vorhandenen Impedanzen „gewählten" Auslösezeiten, muß eine z. B. durch Vorbelastung sich ergebende Leistungsbilanz ähnlich der gemäß Abb. 6 (S. 460) zum Versagen der „losen Netzkupplung" führen. Es ist für den Betriebsleiter, der über die wirtschaftliche Anwendbarkeit der verschiedensten Schutzeinrichtungen zu entscheiden hat, von Interesse zu wissen, daß die von Herrn Dipl.-Ing. LESCH, (S. 1386) genannte Abhilfe durch Verwendung der Impedanzanregung für die Auslöser des Netzkuppelschalters sich einfach und ohne Mehrkosten erreichen läßt durch das in ETZ 1929, S. 157/158 beschriebene Universalschutzsystem (Hersteller: Emag, Frankfurt a. Main). Die gleiche grundsätzliche Bedeutung wie für Netzkuppelschalter besitzt die Impedanzanregung für die zwischen Doppelsammelschienen üblichen S.S.-Kuppelschalter, wenn dieselben, wie allgemein üblich, zugleich als Reserveschalter für alle von den Sammelschienen abzweigenden Streckenschalter (Abzweige verschiedener Belastbarkeit) verwendet werden.

Auma/Thür., 20. IX. 1929. H. Schulze.

Erwiderung. Es liegt allerdings nicht außerhalb des Bereiches der Möglichkeit, daß unter besonderen Umständen der Netzkuppelschalter auslösen und die Netze trennen kann, auch ohne daß die Notwendigkeit hierzu unbedingt vorhanden ist. Diese Auslösungen sind jedoch für den Betrieb bedeutungslos und auch nicht als „Versager" zu betrachten, da die Wiederparallelschaltung der auseinandergefallenen Netze innerhalb weniger Minuten erfolgen kann, wie schon im Aufsatz selbst angegeben ist. Wesentlich aber für den beabsichtigten Erfolg ist zweifellos, daß die lose Netzkuppelung vor allem dann nicht versagt, wenn die Trennung tatsächlich erwünscht ist, und in dem geschilderten Fall hat der mehrjährige Betrieb erwiesen, daß die von früher übernommenen U. M. Z.-Relais ihre Aufgabe durchaus zufriedenstellend erfüllten.

Das von Herrn SCHULZE neuerdings entwickelte Universal-Relais kann allerdings auch die zusätzlichen nicht erforderlichen Auslösungen verhindern, da zu seinem Anlauf außer dem Überstrom noch ein entsprechender Spannungszusammenbruch eingetreten sein muß. Jedoch nicht die Impedanzanregung allein, die jedes andere Impedanzrelais ja auch aufweist, gibt diesem Relais gegenüber dem nur stromabhängigen Relais für diesen Fall seinen Vorteil, sondern die Möglichkeit, das Ansprechen der Relais zwar von der Impedanz abhängig zu machen, die Auslösezeit jedoch unabhängig hiervon fest einzustellen. Erst hierdurch ist es möglich, das neue Universalrelais für Netzkuppelschalter ohne Störung des Wahlschutzgrundsatzes in den gekuppelten Netzen selbst anzuwenden, was unter Umständen gegenüber der Verwendung von reinen Stromrelais einen gewissen Vorteil bedeuten kann.

Weimar, den 21. X. 1929. Bernd Koetzold.

[1] ETZ 1929, S. 459, 1386.

Das Verhalten elektrischer Kraftwerke und Netze beim Zusammenschluß.

Auf S. 981 der ETZ 1929 vergißt Herr Prof. RÜDENBERG anzugeben, daß die von ihm eingehend behandelte Frage über Störungserscheinungen in Kraftübertragungsnetzen sowie die Anregung zu Schwebungsversuchen im Betrieb und das Resultat von Modellversuchen bereits in ganz ähnlicher Weise in meinem Aufsatz in der ETZ 1928, S. 417, behandelt sind. Da über diese Dinge fast noch nichts bekannt ist, dürfte es für den Leser von Interesse sein, hierauf und auf eine ältere, von mir verfaßte Arbeit im Wasserkraft-Jahrbuch 1924, in welcher bereits das Wesentliche dieser Überlegungen angegeben ist, hinzuweisen.

Karlsruhe, 31. VII. 1929. Thoma.

Erwiderung.

Bei dem sehr gedrängten Referat, das ich für die Verbandstagung auszuarbeiten hatte, war es mir leider nicht möglich, all die vielen Arbeiten zu zitieren, die sich mit dem einen oder anderen Teil des Themas bereits beschäftigt haben. Ich habe mich daher im allgemeinen auf summarische Literaturangaben und auf Zitate meiner direkten Mitarbeiter beschränken müssen.

Berlin, 9. X. 1929. R. Rüdenberg.

LITERATUR.

Besprechungen.

Hochfrequenzmeßtechnik. Ihre wissenschaftl. u. prakt. Grundlagen. Von Dr.-Ing. A. Hund. 2. verm. u. verb. Aufl. Mit 287 Textabb., XIX u. 526 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 39 RM.

Daß in verhältnismäßig kurzer Zeit das Buch eine Neuauflage erleben konnte, ist ein Zeichen dafür, daß es tatsächlich seinen Platz in der Hochfrequenzmeßtechnik ausfüllt, und die vorliegende Auflage, welche den Buchumfang um etwa 40 % vergrößerte, wird den mit der Entwicklung der Hochfrequenztechnik gesteigerten Ansprüchen an Meßmethoden und Meßgeräten in noch höherem Maße gerecht. Daß der Verfasser in Nordamerika lebt und die dort in großer Zahl erschienenen Veröffentlichungen über diesen Gegenstand benutzt hat, kann nur angenehm sein, da wesentliche deutsche Fortschritte auch voll berücksichtigt sind. Diese Auflage enthält neu eine Anzahl von Röhrenvoltmetern und Spannungsteilern für Messungen an Verstärkern und Modulationen, den piezoelektrischen Kristall als Frequenznormale, Methoden für Feldstärkemessungen, eine Erweiterung der Theorie langer Horizontalantennen und ein Kapitel über Siebketten und Dämpfungsapparate. Eine Angabe der einzelnen Abschnitte vermag einen Begriff von dem reichhaltigen Inhalt des vorzüglichen Buches zu vermitteln. Selbstverständlich führt einen die Praxis auch immer vor Aufgaben, für die selbst diese Zusammenstellung keine ausgearbeitete Meßmethode angibt. Das kann aber nicht als ein Nachteil des Buches vermerkt werden, solange das Gebiet nicht abgeschlossen ist. Man wird z. B. heute Angaben über Messungen mit den ganz kurzen Wellen vermissen, die z. Zt. viel Interesse finden.

Das ganze weite Gebiet der Hochfrequenztechnik ist in dem Buche fast lückenlos erfaßt, so daß es für jeden Studenten dieses Faches, Ingenieure und Physiker von großem Wert ist. E. Lübcke.

Die elektrolytischen Metallniederschläge. Lehrb. d. Galvanotechn. m. Berücks. d. Behandl. d. Metalle vor u. nach d. Elektroplattieren. Von Dr. W. Pfanhauser. 7. Aufl. Mit 383 i. d. Text gedr. Abb., XIV u. 912 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 40 RM.

Die neue Auflage ist um 82 Seiten und 48 Abbildungen vermehrt. Ein Abschnitt über Galvanisiervorrichtungen für Großbetriebe ist eingefügt worden, in welchem die halb- und ganzselbsttätigen Wanderbäder beschrieben werden. Diese sparen z. B. in Fahrradfabriken, wo täglich viele Tausend gleichartige Gegenstände vernickelt werden, Zeit und Geld. Die „Vollautomaten" sind bis 50 m lang; in einer Anzahl von aneinandergereihten Bädern wird die Ware entfettet, vorverkupfert, vernickelt und schließlich getrocknet, wobei immer Spülgefäße mit kaltem oder heißem Wasser, auch Säurebottiche, nach Bedarf eingeschaltet sind. Menschliche Arbeit ist auf das Einhängen am Anfang und das Abnehmen am Ende beschränkt. An Gestängen wird die Ware mit genau berechneter Langsamkeit durch die Bäder geführt und rasch zum Nachbarbade hinübergehoben. Bei Störungen schaltet sich das Bad selber aus und eine rote Lampe meldet. Dem Verchromen sind statt 1 jetzt 46 Seiten gewidmet. Es werden die Ursachen der häufigen Mißerfolge erörtert und die Wege zu ihrer Vermeidung angegeben. Sehr wichtig ist hier der Schutz des Arbeiters gegen die überaus stark ätzenden Dämpfe des heißen Chromsäurebades.

Das reiche Buch ist gleichzeitig die beste Empfehlung für die auf diesem Gebiete führenden Langbein-Pfanhauserwerke, an deren Spitze der Verfasser steht.

K. Arndt.

Die symbolische Methode zur Lösung von Wechselstromaufgaben. Einführ. in d. prakt. Gebrauch. Von H. Ring. 2., verm. u. verb. Aufl. mit 50 Textabb., VII u. 80 S. in 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 4,50 RM.

Wie der Verfasser im Vorwort zur ersten Auflage betont, soll das vorliegende Büchlein in erster Linie dazu dienen, für den Gebrauch der symbolischen Methode in dem großen Kreis derjenigen Praktiker zu werben, welche nicht viel Wert auf abstrakte Theorien legen, aber trotzdem brauchbare Methoden zur Abkürzung der Denk- und Rechenarbeit jederzeit begrüßen werden. Dementsprechend werden die Grundlagen des komplexen Rechnens ausführlich und allgemein verständlich Schritt für Schritt aufgebaut und an zahlreichen praktischen Beispielen erprobt. Dem Anfänger auf diesem Gebiet wird die Arbeit also wesentlich erleichtert; es ist zu wünschen, daß das Büchlein dazu beitragen wird, manches von den vorhandenen größeren Werken, welche diese Grundlagen voraussetzen, der Allgemeinheit näherzubringen.

Vielleicht kann bei einer neuen Auflage das Studium durch eine kleine Aufgabensammlung, in welcher wohl die Lösung selbst, nicht aber der Gang der Rechnung zu finden ist, noch anregender gestaltet werden. Die Lösung solcher Aufgaben bildet erfahrungsgemäß eine gute Vorübung für die selbsttätige Anwendung des Gelernten in der Praxis.

Zudem sollte in einer solchen Einführung noch kurz darauf hingewiesen werden, daß z. Z. für die symbolische Methode auch noch andere Schreibweisen als die vom Verfasser benutzte üblich sind. Sonst könnte es vorkommen, daß der Leser grundlegende Werke, wie z. B. die von Fränckel oder Breisig, wegen der dort verwendeten deutschen Buchstaben nach wie vor mit derselben Scheu betrachtet, obwohl er das u. U. gar nicht mehr nötig hat.

Die Unterteilung des Buches sollte der Übersichtlichkeit halber so vorgenommen werden, daß, wie im ersten Fünftel der Seitenzahl, auch im übrigen Teil ab und zu ein neuer Abschnitt erscheint. Otto Mayr.

Verzeichnis berechneter Funktiontafeln. Im Auftr. d. Wissenschaftl. Beirats des VdI u. mit Unterstützung d. Notgemeinschaft d. Dt. Wissenschaft. Herausg. vom Institut f. angew. Mathematik an d. Univers. Berlin. 1. Teil: Besselsche, Kugel- u. elliptische Funktionen. Mit 30 S. in 4°. VDI-Verlag, Berlin 1928. Preis geh. 3,50 RM.

Dieses Heftchen verdankt seine Herausgabe einem Auftrage des Wissenschaftlichen Beirates des VdI an das Institut für angewandte Mathematik an der Universität Berlin. Es erfüllt ein lange empfundenes Bedürfnis und wird in der Folge allen wissenschaftlich arbeitenden Ingenieuren ein arbeitsparender Helfer sein, indem es manche Neuberechnung von Funktionen überflüssig macht, die bisher an unbekanntem Orte verborgen lagen. Für die folgenden Teile des Tafelverzeichnisses wäre es vielleicht erwünscht, die nicht immer glücklich gewählten Literaturabkürzungen auszuschreiben, da der kleine Mehraufwand an Platz sich durch erhöhte Übersichtlichkeit bezahlt macht. Das Institut für angewandte Mathematik der Universität Berlin hat sich durch diese mühevolle Arbeit ein großes Verdienst erworben, für das ihm der Dank der wissenschaftlich arbeitenden Technik sicher ist. Franz Ollendorff.

Dampfkesselfeuerungen für Braunkohle. Von Dipl.-Ing. E. Lenhart. Mit 65 Textabb., IV u. 117 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis geh. 12 RM, geb. 13,50 RM.

Das vorliegende Buch stellt alle für Braunkohlenfeuerungen in Frage kommenden Gesichtspunkte in ausgezeichneter Weise dar. Es gliedert sich in einen Abschnitt über Brennstoffe und Verbrennung, in dem die Gewinnung der Rohbraunkohle, ihre Veredelung, die Vorgänge bei der Verbrennung und die Verfahren zur Untersuchung von Feuerungen eingehend besprochen werden. Im zweiten Abschnitt werden die Feuerungen für Rohbraunkohle behandelt. Besonders beachtenswert sind hierbei die theoretischen Überlegungen, die der Verfasser einerseits über die Verbrennungsvorgänge anstellt, andererseits über die bei den nicht-mechanischen Feuerungen vorkommenden Störungen: Flugkoksbildung, Überschütten und Herausschlagen der Flamme. Diese Untersuchungen sind von einer beachtenswerten Klarheit und Verständlichkeit und zeigen, daß auch eine so einfache Vorrichtung, wie sie der Treppenrost für Rohbraunkohle darstellt, noch manche Verbesserung auf Grund theoretischer Erwägung gestattet. Der dritte Abschnitt behandelt alle Feuerungen für veredelte Kohlen, die Verfeuerung der Braunkohlenbriketts und des Braunkohlenstaubes. Alle Abschnitte sind einheitlich gegliedert in je drei Teile, von denen der erste die durch den Brennstoff gebotenen theoretischen Erfordernisse behandelt, der zweite an Hand von guten, klaren Abbildungen charakteristische Ausführungsformen der betr. Feuerungsbauart beschreibt, während der dritte eine Reihe von Betriebsergebnissen, belegt durch Versuchszahlen und Zusammenstellungen von Betriebskosten wiedergibt.

Das Buch kann jedem, der Feuerungsanlagen für Braunkohle zu projektieren oder zu entwerfen hat, bestens empfohlen werden. Wilh. Schultes, Essen.

Der Kesselbaustoff. Abriß dessen, was der Dampfkessel-Überwachungs-Ing. von der Herstellung, den Eigentümlichkeiten u. d. Prüfweise des Baustoffs wissen muß. Anläßlich eines Lehrganges auf der Gußstahlfabrik der Friedr. Krupp AG. gehaltene Vorträge. Von Dr.-Ing. M. Moser. 3., durchges. u. erg. Aufl. Mit 143 Abb., IV u. 29 S. in 4°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1928. Preis kart. 7,50 RM.

Dieser kurze Abriß von der Herstellung, den Eigentümlichkeiten und der Prüfweise des Kesselbaustoffes entspricht dem Inhalt von Vorträgen, welche der Verfasser vor einem Kreise von Dampfkessel-Überwachungs-Ingenieuren vor einigen Jahren gehalten hat. Die Tatsache, daß schon jetzt eine dritte Auflage notwendig wurde, zeugt von dem Wert und der Beliebtheit dieser kurzen aber klaren und übersichtlichen Darstellung. Die 3. Auflage ist entsprechend den Fortschritten der Prüftechnik erweitert worden und enthält deshalb auch Hinweise auf die Prüfung der Dauerstandfestigkeit und Schwingungsfestigkeit des Stahls. Auch das alterungsbeständige J-Z-Flußeisen ist in den Kreis der Betrachtungen eingefügt worden. Das Buch kann denjenigen empfohlen werden, welche in großen Zügen mit allen den Kesselbaustoff berührenden Fragen vertraut werden wollen. Ein umfangreicher Nachweis über das einschlägige Schrifttum gibt den Wegweiser für weitergehende Unterrichtung. Ebel.

Getriebe. Gesamm. Aufsätze d. Zeitschrift „Maschinenbau". Mit 169 Abb. u. 46 S. in 4°. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin 1928. Preis geh. 2,75 RM.

Als Sonderheft unter vorstehendem Titel sind die in den letzten Jahrgängen der Zeitschrift „Maschinenbau" erschienenen Aufsätze über die gegenwärtig in neuer Entwicklung begriffenen Getriebe herausgegeben worden. Zwei Getriebearten sind in der Beziehung besonders zu nennen: Die Räder- und die Flüssigkeitsgetriebe. Anstoß zur Weiterbildung der ersteren gaben einerseits

der Werkzeugmaschinen- und der Kraftfahrzeugbau, die diese Getriebe als Wechselgetriebe, namentlich in Form von Räderkästen weitgehend anwenden, anderseits der Dampfturbinenbau, der Getriebe zur Übertragung sehr großer Leistungen verlangte. Die Flüssigkeitsgetriebe bieten Aussicht, das steigende Bedürfnis nach Antrieben mit stufenloser Geschwindigkeitsänderung zu erfüllen. Sie bilden eine wertvolle Ergänzung der auf geringe Leistung beschränkten Reibrad- und Riementriebe, die mit kegeligen Trommeln oder mit Scheiben arbeiten. Das Heft vermittelt einen guten Überblick über den Stand der Bestrebungen und bietet jedem, der auf dem Gebiete tätig ist, reiche Anregung. Besonders wertvoll ist, daß ausländische Ausführungen eingehend behandelt sind. Kutzbach behandelt zunächst die allgemeinen Grundlagen der mechanischen Triebwerke, gibt wertvolle Vergleichszahlen für die Abmessungen und den Raumbedarf, den die Getriebearten verlangen und weist auf die Aufgaben hin, die zur Zeit auf den verschiedenen Gebieten der Lösung harren. Im zweiten Aufsatz bespricht er das von ihm angegebene zeichnerische Verfahren zur Ermittlung der Geschwindigkeits- und Drehzahlverhältnisse mehrgliedriger Zahngetriebe, in einem späteren weist er darauf hin, daß es zweckmäßig sei, die Bestimmung der Übersetzung einheitlich zu regeln.

Altmann behandelt die konstruktive Durchbildung gleichachsiger Stirnradgetriebe, über die Normung von Hochleistungsgetrieben bei Demag—Thyssen berichten Wolf und Jungkunz. Neuere Lokomotivgetriebe nach Ausführungen und Entwürfen der Firma Krupp behandelt Obering. R. Klein. Garrard beschreibt sein in Deutschland von Krupp gebautes Reibradgetriebe, bei dem die hohen Lagerdrucke gewöhnlicher Reibräderpaare dadurch vermieden werden, daß die Reibräder samt einer Gegenrolle von einem Ring kraftschlüssig umspannt werden. Aus dem Gebiete der Riementriebe bringt Prof. Kutzbach Versuche über die Einwirkung von Haftmitteln auf den Durchzuggrad.

Die zweite Gruppe der Aufsätze über Flüssigkeitsgetriebe leitet J. Ritter durch die Behandlung der Grundlagen der hydraulischen Energieumformer ein. Nach einer allgemeinen Erörterung ihrer Vor- und Nachteile beschränkt sich der Aufsatz auf die statisch wirkenden mit Kolben oder Flügeln arbeitenden Getriebe, die im Werkzeugmaschinen- und Kraftwagenbau zunehmende Anwendung finden. Ihre konstruktive Durchbildung, aber auch ihre kinematische Verwandtschaft untereinander wird eingehend besprochen. Am Schluß sind die allgemeinen Gesichtspunkte für die Ausbildung der Hauptteile, insbesondere der Verdrängerzellen und die Mittel zur Regelung der Getriebe erörtert. Prof. Kutzbach stellt die allgemeinen Gesetze der Regelung stufenloser Umformer auf. Dr.-Ing. W. Kühn bespricht Versuche an einem Enor-Flüssigkeitsgetriebe von 5 PS Leistung, das bei dieser Belastung stufenlose Drehzahländerung von 112 ... 685 U/min ermöglicht, und zeigt, wie das Getriebe rechnerisch erfaßt werden kann.

Mit einem Hinweis auf die Getriebeblätter des AWF und die Notwendigkeit, die Normung der Getriebe im Interesse wirtschaftlicher Herstellung weiter zu fördern, schließt das Heft. Rötscher.

Edelguß. Eine Sammlung einschläg. Arbeiten, im Auftrage d. Edelgußverband G. m. b. H. herausg. v. Dipl.-Ing. G. Meyersberg. 2., umgearb. u. verm. Aufl. von „Perlitguß". Mit 129 Textabb., V u. 170 S. in gr. 8°. Verlag von Julius Springer, Berlin 1929. Preis kart. 11 RM.

Die Edelgußverband G. m. b. H. hat das Buch in einer 2. Auflage neu herausgegeben. Die der ersten Auflage anhaftenden Mängel sind nach dem Vorwort zur 2. Auflage durch Ausdehnung der Betrachtungen auch auf die anderen hochwertigen Guß — also nicht nur Perlitguß — erzeugenden Verfahren beseitigt worden. In der Neuauflage sind die Diagramme von Maurer und Klingenstein gebührend berücksichtigt, und es könnte nun das Buch den Anspruch auf einige Vollständigkeit erheben, wenn auch das Edelgußverfahren von Corsalli Aufnahme gefunden hätte. Dafür konnte das Rüttel- und Schüttelverfahren herausbleiben, nachdem durch Rütteln und Schütteln des Eisens im Vorherd eines Kupolofens das Eisen veredelt werden sollte. Das Corsalli-Verfahren hat der wissenschaftlichen Prüfung standgehalten und sich in der Praxis bewährt, während sich das Rüttel- und Schüttelverfahren, vorsichtig ausgedrückt, als eine grobe Selbsttäuschung des Erfinders herausstellte. In der jetzigen Form wird das Buch trotz der kleinen Mängel dem Betriebsleiter wie dem Konstrukteur und auch dem Elektrotechniker viel des Interessanten bieten. M. Escher.

Weltmontanstatistik. Herausg. v. d. Preuß. Geolog. Landesanstalt. Die Versorgung der Weltwirtschaft mit Bergwerkserzeugnissen. I. 1860 bis 1922. 1. Teil: Kohlen, Erdöl und Salze. Von Bergrat M. Meisner. Mit 132 Zahlentaf. u. 69 Abb., XII u. 228 S. in gr. 8°. 2. Teil: Erze und Nichterze. I. 1860 bis 1926. Von Bergrat M. Meisner. Mit 192 Zahlentaf. u. 107 Abb., XVI u. 394 S. in gr. 8°. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1925 u. 1929. Preis von Teil 1 geh. 14 RM, geb. 16 RM, von Teil 2 geh. 32 RM, geb. 35 RM.

Für den Gedanken einer derartigen Weltmontanstatistik wurden die Vorarbeiten schon einige Jahre vor Kriegsbeginn aufgenommen und fanden in der von K. Flegel verfaßten „Montanstatistik des Deutschen Reiches 1915" zunächst ihren vorläufigen Abschluß.

Der 1. Teil des jetzt vorliegenden Werkes behandelt für Kohle, Erdöle und Salze den Zeitraum von 1860 bis 1922; die Berichtzeit des 2. Teils erstreckt sich bis 1926. „Um den Anschluß an den ersten Teil zu gewinnen und die Einheitlichkeit der statistischen Linienführung zu wahren, haben wir" — sagt der Verfasser im Vorwort dieses Teiles — „im folgenden zunächst auch für die schon früher abgehandelten Bergwirtschaftsgebiete die wichtigsten Förderziffern bis 1926 nachgetragen . . . Die nächste Folge der Weltmontanstatistik soll die Entwicklung der Weltmontanindustrie von 1920 bis 1930 einheitlich behandeln. Ihr Erscheinen darf, falls der Mitarbeiterkreis erweitert werden kann, bis etwa 1932 erhofft werden."

So erfreulich es ist, auch eine deutsche Weltmontanstatistik zu besitzen, so muß immerhin die Frage aufgeworfen werden, ob es sich verantworten läßt, bei den heute für wissenschaftliche Arbeiten so äußerst knapp bemessenen Mitteln eine solche Weltstatistik in Deutschland zu bearbeiten. Steht doch hierfür, wie in dem schon erwähnten Vorwort dargelegt wird, der Landesanstalt nur ein einziger Bearbeiter zur Verfügung, dem einstweilen außer älterer Fachliteratur lediglich der Inhalt unserer Archive und vereinzelte, gelegentlich auf diplomatischem Wege erhaltene Konsularberichte als Quellen dienten, während z. B. in England und Amerika besonderen Dienststellen mit einem ganzen Stabe wirtschaftlich geschulter Mitarbeiter und einer großen Schar diplomatischer Helfer in allen Ländern die Zusammenstellung weltstatistischer Aufzeichnungen obliegt. Wenn auf einem wissenschaftlichen Gebiet die internationale Gemeinschaftsarbeit anzustreben ist, so kommt hierfür jede Weltstatistik an allererster Stelle in Betracht. Ob der Völkerbund oder eine andere internationale Organisation Träger der auf den verschiedensten Gebieten unbedingt notwendigen Weltstatistiken sein soll, soll hier nicht erörtert werden, die Aufgabe der einzelnen Länder kann m. A. aber nur darin bestehen, diese Weltstatistiken für möglichst weite Kreise ihrer Bevölkerung nutzbar zu machen. Die Betonung und Wahrung dieses Standpunktes schließt natürlich keineswegs aus, daß, zumal eine internationale Regelung der Weltstatistiken noch nicht erfolgt ist, in dem vorliegenden Werk eine äußerst dankenswerte und wertvolle Arbeit zu begrüßen ist. Der Elektrowirtschaftler wird besonders in den beiden ersten Abschnitten des 1. Teiles für sein Arbeitsgebiet wichtige Unterlagen in guter Vollständigkeit und übersichtlicher Zusammenstellung finden, da hier die verschiedenen Kohlenarten, das Erdöl, der Ölschiefer, das Erdgas und Erdwachs behandelt sind; auch die ausführlichen Literaturangaben dürften ihm gute Dienste leisten. Der 2. Teil bietet ihm manches Wissenswerte über die in der Elektrotechnik verwendeten Metalle und Isolierstoffe.

Thierbach.

Eingegangene Doktordissertationen:

Kurt Klemm, Beiträge zur Kenntnis kathodischer Abscheidungsformen. T. H. Dresden 1929.

Adolf Eduard Müller, Verluste der Riementriebe bei Verwendung kleiner Scheiben. T. H. Dresden 1929. (VdI-Forschungsarbeiten, H. 318.) VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin.

Erich Schäfer, Über Formverzerrungen bei Elektronenröhren. T. H. Dresden 1929.

Hans Georg Zell, Grundlagen u. Grenzen der Fließarbeit in Betrieben mit ungleichem, hochwertigem Material u. reicher Typenzahl. T. H. Dresden 1929.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Neue Transaktionen der internationalen Elektrofinanz[1]. — Auch in dem nunmehr ablaufenden Jahr hat sich das internationale Kapital sehr lebhaft auf elektrizitätswirtschaftlichem Gebiet betätigt, und wieder war es vor allem Belgien, dessen Presse über zahlreiche, z. T. weit in die Welt hineinreichende Gründungen, Kapitalserhöhungen, Zusammenschlüsse usw. berichten konnte. An erster Stelle sei die neue Société Financière de Transports et d'Entreprises industrielles (Sofina) genannt, der es gelungen sein soll, mit der sich stark ausdehnenden American & Foreign Power Co. ein Abkommen über die Abgrenzung der beiderseitigen Arbeitsbereiche zu treffen. Auf kanadischem Gebiet, u. zw. in Toronto, hat sie zusammen mit der Compañia Hispano-Americana de Electricidad (Chade), der Schweizerischen Kreditanstalt sowie verschiedenen belgischen, amerikanischen und auch deutschen Banken die Canadian International Light and Power Investments Ltd. gegründet. Zweck dieser Gesellschaft, die sich bereits bedeutende Beteiligungen an verschiedenen Elektrizitätsunternehmungen gesichert hat, scheint es, wie die Frankf. Zg. annimmt, hauptsächlich zu sein, in Ländern mit einer gewissen industriellen Entwicklung bestehende Elektrizitätswerke nach größeren Gesichtspunkten zusammenzufassen. Weiter wurde von der Sofina in Gemeinschaft mit der Banque de Bruxelles und dem Crédit Anversois die Société Internationale d'Energie et de Transports (Sinetra), Brüssel, errichtet, deren Leitung in Händen des Präsidenten der Ougrée Marihaye liegt. Diese Gründung, die die Beteiligung an unabhängigen Elektrizitätsfirmen, aber auch an neu aufzubauenden chemischen Gesellschaften verfolgt, bringt die Sofina mit dem großen belgischen Hüttenkonzern Ougrée Marihaye in Berührung, der auch auf dem Gebiet der Elektrizitätserzeugung interessiert ist. Ferner wird dadurch die Verbindung mit dem Crédit du Boerenbond in Louvain verstärkt, der schon bei der Umgründung der Sofina mitwirkte. Bekanntlich hat letztere immer in enger Fühlung mit der Banque de Bruxelles gearbeitet, es ist daher von Interesse, daß das dieser bisher gehörende Paket Sofina-Aktien kürzlich, wie es heißt an schweizerische, englische, belgische und amerikanische Banken verkauft worden ist. In der letzten, wegen Beschlußunfähigkeit vertagten Generalversammlung der Sofina wies D. Heineman darauf hin, daß die eigenen flüssigen Mittel der Gesellschaft bei weitem 1 Mrd Fr überstiegen und die im laufenden Geschäftsjahr erzielten Gewinne bedeutend höher seien als die der alten Sofina. — Eine Neuemission der früher zur Löwenstein-Gruppe gehörenden Société Internationale d'Energie Hydro-Electrique (Sidro) in Höhe von 32,5 Mill Fr ist z. T. von der Sofina übernommen worden, was ein noch engeres Zusammenarbeiten beider Konzerne ermöglicht. Die Sidro kontrolliert die Mexican Light & Power Co., die kürzlich mit dem Bau eines neuen Wasserkraftwerks am Lerma bei Tepuxtepec in Mexiko für eine Leistung von 60 000 PS begonnen hat, die Mexico Tramways Co., die Société d'Electricité de la Région de Malmédy (Serma) und die Barcelona Traction, Light & Power Co. Ltd., von der z. Z. in Spanien ein Wasser- und ein Braunkohlenkraftwerk errichtet werden. — Die anfangs 1929 ins Leben gerufene Cie. Générale d'Entreprises Electriques et Industrielles (Electrobel) hat eine starke Expansionstätigkeit entwickelt und zunächst in Brüssel mit 55 Mill Fr die L'Immobilière Electrobel für Grundstücksgeschäfte usw. sowie bald nachher die Société d'Applications Industrielles des Combustibles (Applico) mit 10 Mill Fr Kapital gegründet, die nach dem Berl. Tagebl. das Verfahren der International Combustion Engineering Corp. (Verwertung von Brennstoffen usw.) ausbeutet und die dafür notwendigen Apparaturen herstellt. An ihr ist die Pariser Gesellschaft Les Foyers Automatiques beteiligt. Zwischen der Electrobel und der Société Financière et Commerciale de Transports d'Electricité et d'Industries (Electrafina), die sich früher im Antwerpener Straßenbahnbetrieb betätigte, wurde über die Société d'Electricité de l'Escaut eine Verbindung hergestellt; das Kapital der Electrafina erfuhr eine entsprechende Erhöhung. Sodann hat sich die Electrobel erheblich an der spanischen Regadios y Energia de Valencia (Reva) interessiert, ein Unternehmen, das neben Bewässerungsanlagen die Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit in der Gegend von Valencia betreibt. Diese sowie ihre übrigen Beteiligungen in Spanien zusammenzufassen, ist die Aufgabe der Compagnie Hispano-Belge d'Entreprises Electriques et Industrielles (Hispanobel), einer neuen Schöpfung der Electrobel, die mit 400 Mill Fr arbeitet und an der außerdem u. a. die Société Générale de Belgique, die Banque de Bruxelles und die Electrafina beteiligt sind. Sie bezweckt finanzielle, kommerzielle und industrielle Operationen aller Art, besonders aber die Erzeugung, Verteilung und Verwertung elektrischer Arbeit sowohl in Spanien wie in Belgien und dem übrigen Ausland. — Ein neuer sehr beachtlicher Trust, der sich sowohl auf dem Traktionsgebiet wie in der Elektrowirtschaft betätigt, ist vor kurzem im Rahmen der Empain-Gruppe durch die Fusion der Compagnie Générale de Railways et d'Electricité, der Fédération d'Entreprises de Transports et d'Electricité und der Compagnie Belge des Chemins de Fer Réunis zu einem rein belgischen Unternehmen mit heute bereits 250 Mill Fr entstanden. Ausländisches Kapital steht dieser Transaktion fern, die aber vielleicht demnächst auch auf die aus der Société d'Electricité et de Traction und der Compagnie Auxiliaire d'Electricité et de Transports soeben gebildeten Société de Traction et d'Electricité (260 Mill Fr) übergreifen wird. — Im Zusammenhang damit sei erwähnt, daß die Empain-Gruppe ihre Beteiligungen an der französischen Elektroindustrie nach einer Meldung der Frankf. Zg. aus Paris dort in einer besonderen Industriebank zusammenfassen will, an deren Gründung auch ihre französische Holdinggesellschaft, die Parisienne Electrique, teilnehmen wird. Das führt uns nach Frankreich, wo im Sommer die Société Financière Electrique (Thomson-Houston) die Union Financière pour l'Industrie Electrique übernommen hat und die Etablissements Electro-mécaniques de Strasbourg durch ein Fabrikationsabkommen in nähere Beziehung zu der Compagnie Française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston getreten sind. Die Schaffung von Mehrstimmrechtsaktien bei dieser hat den Vizepräsidenten der International General Electric Co. zu der Bemerkung Veranlassung gegeben, daß letztere weder die Majorität des französischen Unternehmens besitze, noch dessen Kontrolle anstrebe. Übrigens hat die von Thomson-Houston und der Société Alsacienne de Constructions mécaniques errichtete Alsthom mit Unterstützung der International General Electric Co. vor kurzem in Spanien die über 10 Mill Pes Kapital verfügende General Electrica Española gegründet. Dem Bau von Wasser- und Dampfkraftwerken dient in Frankreich ferner die neue Hydro-Electrique du Midi mit 20 Mill Fr Aktienkapital, und eine der Frankf. Zg. zufolge unter der Firma „Sateco" errichtete Gesellschaft soll sich mit der Elektrizitätsversorgung Mittel- und Westfrankreichs befassen; unter ihren Gründern figurieren auch die der Sofina nahestehenden Forces Motrices de la Truyère. — Natürlich hat der hier kurz besprochene Zeitabschnitt das Kapital der Schweiz ebenfalls nicht untätig gesehen, ist dieses Land doch seiner besonderen Verhältnisse und der steuerlichen Vergünstigung wegen, die dort Trusts und Holdinggesellschaften genießen, im Lauf der Jahre neben Belgien zu einem weiteren Finanzierungszentrum für die internationale Elektroindustrie und Elektrizitätswirtschaft geworden. Das beweist neuerlich u. a. wieder die Gründung der AG. „Volta" für elektrische und industrielle Unternehmungen, Zürich, mit 12 Mill Fr, deren Gegenstand die Beteiligung in irgendwelcher Form an Unternehmungen auf dem Gebiet der gesamten Elektrizitätsindustrie einschl. der Telephonie und Telegraphie usw. ist. Die Zusammensetzung ihres Verwaltungsrats weist auf die Teilnahme belgischen und italienischen Kapitals hin.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 560.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 329: Welche Firma stellt Isoliermaterial für Bakelit-Preßformen her, z. B. Eternit oder Syndango naturell?

Frage 330: Wer baut elektrische Ventilatoren, Type Wagner?

Frage 331: Wer fertigt Folien aus Elektrolytkupfer in Stärken von 0,01 ... 0,08 mm an?

Frage 332: Wer stellt Kleintransformatorenbleche nach Maß her?

Frage 333: Welche Firma baut das Angrick-Regelventil mit elektrothermischer Betätigung?

Frage 334: Welche Firma baut Elektromotoren für Grammophone mit Vorgelege, insbesondere den Stehle-Motor mit Vorgelege und Zentrifugalregler?

Abschluß des Heftes: 30. November 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin. Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ETZ

50. JAHRGANG

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
...7–1828)
12. DEZEMBER 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang Berlin, 12. Dezember 1929 Heft 50

Parallelbetrieb von Transformatoren.

Von Dipl.-Ing. **Alexander Zelewski** †, Berlin.

Übersicht. Es werden die Bedingungen für einen einwandfreien Parallelbetrieb von Transformatoren untersucht und Vorschläge für die vorteilhafteste Abgleichung der Sollwerte der Kurzschlußspannungen und für die Grenzwerte der zulässigen Abweichungen in den verschiedenen Kennmerkmalen gemacht.

Transformatoren können bekanntlich unter gewissen Voraussetzungen parallelgeschaltet werden. Der Parallelbetrieb ist ein guter, wenn bei allen Belastungen sich die Last im Verhältnis zu den Nennleistungen auf die einzelnen Parallelläufer verteilt und die algebraische Summe der Einzelbelastungen gleich der Gesamtbelastung ist. Die erste Bedingung sichert die einzelnen Umspanner vor Überlastung, die zweite die volle Belastbarkeit der Gruppe. Sind die Umspanner an Sammelschienen angeschlossen, so hängt meistens die Güte des Parallelbetriebes ausschließlich von den Eigenschaften des Transformators ab, es sei denn, daß, besonders bei großen Stromstärken, die Verbindungsleitungen zu den Sammelschienen bzw. die in diesen eingebauten Apparate und Vorrichtungen oder die Spannungsabfälle in den Sammelschienen selbst gegenüber den Merkmalen der Parallelläufer stark in den Vordergrund treten, was jedoch im allgemeinen nicht der Fall zu sein pflegt.

Praktisch ist die genaue Einhaltung dieser Bedingungen nicht möglich, besonders wenn Transformatoren verschiedenen Ursprunges oder verschiedener Leistung parallelgeschaltet werden müssen. Es ist deshalb der Begriff des „einwandfreien" Parallelbetriebes festgelegt worden, wonach diese Bedingungen mit gewissen Spielgrenzen zu beachten sind. Statt der Identität aller maßgebenden Merkmale begnügt man sich mit einer gewissen angenäherten Gleichheit der einzelnen Stücke, wobei Abweichungen vom Sollwert nur innerhalb enger Grenzen zulässig sind.

Parallellauf-Bedingungen.

Die Bedingungen für den einwandfreien Parallellauf sind:

1. Übereinstimmung der Übersetzungsverhältnisse und der Schaltgruppen,
2. Gleichheit der Kurzschlußspannungen nach Größe und Richtung,
3. Gleichheit der Ohmschen Spannungsabfälle,
4. Gleichheit der Leerlaufströme nach Größe und Richtung. Auf die Verzerrung soll im folgenden nicht eingegangen werden.

Diese Bedingungen sind nicht alle gleich wichtig. Am wichtigsten ist die meist leicht erfüllbare Bedingung 1., da ohne sie ein Parallellauf überhaupt unmöglich ist und auch kleine Abweichungen recht störend wirken. Wichtig zweiter Ordnung ist die Bedingung 2., da sie nur die richtige Verteilung der Belastung sichert und ohne sie der Betrieb zwar möglich ist, jedoch durch Vollbelastung der Gruppe kleinere oder größere Überlastungen der einzelnen Parallelläufer eintreten können. Die übrigen Bedingungen sind im allgemeinen von ganz untergeordneter Bedeutung und werden deshalb praktisch selten oder gar nicht beachtet. Sie bewirken in der Tat nur, daß die vektorielle Summe der Einzelleistungen gleich ihrer algebraischen wird und daß die Verteilung der Scheinleistungen sowohl primär als auch sekundär gleichartig erfolgt.

Diese Bedingungen, besonders 4., sind äußerst schwer, wenn überhaupt, zu erfüllen, u. zw. teils aus wirtschaftlichen Gründen, teils wegen der Unsicherheit in den Eigenschaften des verwendeten Eisenbleches. Sie beeinflussen jedoch, wie erwähnt, den Parallelbetrieb nur sehr wenig und auch große Unterschiede bedingen nur geringe Abweichungen von der Sollverteilung der Belastungen. Es genügt somit, nur die Bedingung der Gleichheit der Kurzschlußspannungen genauer zu untersuchen.

Der Ersatzstromkreis.

Ein Transformator kann rechnerisch in seiner Wirkung bekanntlich durch ein einfaches Leitersystem ersetzt werden (Abb. 1). Zu diesem Zweck sind die Daten auf die

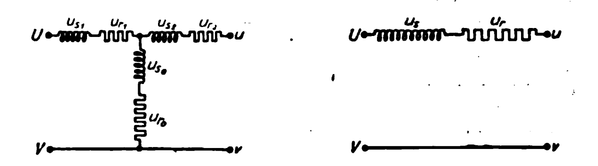


Abb. 1. Vollständiger Ersatzstromkreis. Abb. 2. Vereinfachter Ersatzstromkreis.

Übersetzung 1 : 1 zu reduzieren. Die transformatorische Wirkung des Transformators braucht alsdann nicht mehr beachtet zu werden. Der Ersatzstromkreis besteht aus zwei in Reihe geschalteten Ohmschen und induktiven Widerständen entsprechend den Daten des Transformators auf beiden Seiten der Wicklung. Die sekundären Zahlen erhält man aus den primär gemessenen, indem man mit dem Quadrat der Übersetzung multipliziert. Von der Mitte dieser Leiterstücke zweigt ein Nebenschluß ab, der die dem Leerlaufstrom entsprechenden Widerstände enthält. Um die Rechnung zu vereinfachen, kann man durch Multiplizieren mit der Nennstromstärke die diesen Widerständen entsprechenden Spannungsabfälle u_{r_1}, u_{r_2}, u_{s_1}, u_{s_2}, u_{r_0}, u_{s_0} in Volt oder in Prozent der Nennspannung ermitteln; diese Größen sind natürlich Vektorgrößen und lassen deshalb eine einfache Vektorrechnung oder graphische Behandlung zu.

Da, wie schon erwähnt, die sich auf den Leerlaufstrom, d. h. im Ersatzsystem auf den Nebenschluß beziehenden Größen den Parallelbetrieb nur unwesentlich beeinflussen, genügt es meistens, den Transformator nur durch einen vereinfachten Stromkreis zu ersetzen (Abb. 2), wo nun u_r und u_s der Ohmsche bzw. induktive Bestandteil der Kurzschlußspannung u_k sind, die vektoriell in der komplexen Form

$$\mathfrak{u}_k = \mathfrak{u}_r + j\,\mathfrak{u}_s$$

in die Rechnung eingeführt werden kann.

Parallelbetrieb mehrerer Transformatoren.

Unter der meist zutreffenden Voraussetzung, daß die parallelgeschalteten Transformatoren gleiche Übersetzung und Phase haben, kann man bei Vernachlässigung des Einflusses der Leerlaufströme die Betriebsverhältnisse, besonders die Verteilung der Ströme, aus dem vereinfachten Ersatzstromkreis für mehrere Transformatoren nach Abb. 3 ermitteln. Es seien $\mathfrak{u}_{k_1}$, $\mathfrak{u}_{k_2}$, ..., $\mathfrak{u}_{k_n}$ und u_{k_1}, u_{k_2}, ..., u_{k_n} die Kurzschlußspannungen, i_1, i_2, ...,

i_n die Nennströme, $\mathfrak{i}_1', \mathfrak{i}_2', \ldots, \mathfrak{i}_n'$ und $i_1', i_2', \ldots, i_n'$ die Betriebströme, u. zw. jeweils Vektorgrößen und der ihnen entsprechende absolute skalare Wert. Ferner sei $\mathfrak{v}$ der gemeinsame Spannungsabfall, wenn die Gruppe voll belastet ist.

Die Vollbelastung tritt ein, wenn der absolute Wert des Summenstromes gleich der algebraischen Summe der gleichnamigen Werte der einzelnen Nennströme ist:

$$\mathfrak{i} = \sum_1^n \mathfrak{i}_m' \qquad |\mathfrak{i}| = \sum_1^n i_m .$$

Aus der Begriffsbestimmung für die Kurzschlußspannungen und Nennströme ergibt sich sofort

$$\mathfrak{i}_1' = i_1 \frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{u}_{k_1}} \qquad \mathfrak{i}_p' = i_p \frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{u}_{k_p}} \qquad \mathfrak{i}_n' = i_n' \frac{\mathfrak{v}}{\mathfrak{u}_{k_n}}$$

und

$$\mathfrak{i} = \mathfrak{v} \sum_1^n \frac{i_m}{\mathfrak{u}_{k_m}},$$

somit

$$\mathfrak{i}_1' = \mathfrak{i} \frac{\dfrac{i_1}{\mathfrak{u}_{k_1}}}{\sum \dfrac{i_m}{\mathfrak{u}_{k_m}}} \qquad \mathfrak{i}_p' = \mathfrak{i} \frac{\dfrac{i_p}{\mathfrak{u}_{k_p}}}{\sum \dfrac{i_m}{\mathfrak{u}_{k_m}}} \qquad \mathfrak{i}_n' = \mathfrak{i} \frac{\dfrac{i_n}{\mathfrak{u}_{k_n}}}{\sum \dfrac{i_m}{\mathfrak{u}_{k_m}}} .$$

Auf der rechten Seite dieser Gleichungen sind lauter bekannte Größen, so daß mit ihnen die tatsächlichen Belastungsströme nach Größe und Richtung genau ermittelt werden können.

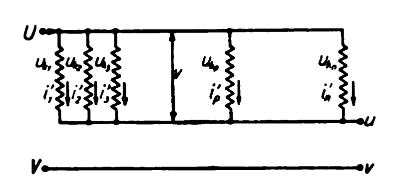


Abb. 3. Ersatzstromkreis einer Transformatorengruppe.

Zahlenbeispiel: 4 Transformatoren laufen parallel, u. zw. sind

$i_1 = 1000$ kVA $\quad u_{s_1} = 3{,}2\,\% \quad u_{r_1} = 1{,}6\,\% \quad u_{k_1} = 3{,}58\,\%$
$i_2 = 1600$ „ $\quad u_{s_2} = 4{,}8\,\% \quad u_{r_2} = 1{,}4\,\% \quad u_{k_2} = 5{,}00\,\%$
$i_3 = 2000$ „ $\quad u_{s_3} = 2{,}4\,\% \quad u_{r_3} = 1{,}0\,\% \quad u_{k_3} = 2{,}60\,\%$
$i_4 = 3200$ „ $\quad u_{s_4} = 6{,}3\,\% \quad u_{r_4} = 0{,}8\,\% \quad u_{k_4} = 6{,}35\,\%$.

Dann ist $i = 7800$ kVA und $\mathfrak{u}_{k_1} = 1{,}6 + j\,.\,3{,}2$, $\mathfrak{u}_{k_2} = 1{,}4 + j\,.\,4{,}8$, $\mathfrak{u}_{k_3} = 1{,}0 + j\,.\,2{,}4$, $\mathfrak{u}_{k_4} = 0{,}8 + j\,.\,6{,}3$, also

$$\frac{i_1}{\mathfrak{u}_{k_1}} = \frac{1000}{1{,}6 + j\,.\,3{,}2} = 125 - j\,.\,250$$
$$\frac{i_2}{\mathfrak{u}_{k_2}} = \frac{1600}{1{,}4 + j\,.\,4{,}8} = 89{,}6 - j\,.\,307{,}2$$
$$\frac{i_3}{\mathfrak{u}_{k_3}} = \frac{2000}{1{,}0 + j\,.\,2{,}4} = 295{,}8 - j\,.\,710{,}1$$
$$\frac{i_4}{\mathfrak{u}_{k_4}} = \frac{3200}{0{,}8 + j\,.\,6{,}3} = 63{,}5 - j\,.\,499{,}9$$
$$\sum_1^n \frac{i_m}{\mathfrak{u}_{k_m}} = \qquad 573{,}9 - j\,.\,1767{,}2.$$

Infolgedessen

$$\mathfrak{i}_1' = 7800 \frac{125{,}0 - j\,.\,250{,}0}{573{,}9 - j\,.\,1767{,}2} = 1160{,}2 + j\,.\,175{,}0 \qquad i_1' = 1173{,}3$$
$$\mathfrak{i}_2' = 7800 \frac{89{,}6 - j\,.\,307{,}2}{573{,}9 - j\,.\,1767{,}2} = 1342{,}8 - j\,.\,40{,}6 \qquad i_2' = 1343{,}4$$
$$\mathfrak{i}_3' = 7800 \frac{295{,}8 - j\,.\,710{,}1}{573{,}9 - j\,.\,1767{,}2} = 3218{,}7 + j\,.\,260{,}3 \qquad i_3' = 3229{,}2$$
$$\mathfrak{i}_4' = 7800 \frac{63{,}5 - j\,.\,499{,}9}{573{,}9 - j\,.\,1767{,}2} = 2078{,}2 - j\,.\,394{,}7 \qquad i_4' = 2115{,}3$$
$$\mathfrak{i} = i = \qquad 7799{,}9 - j\,.\,0{,}0.$$
$$\sum i_m' = i' = 7861{,}2.$$

Dieses rechnerische Verfahren kann bekanntlich durch ein graphisches ersetzt werden, beide geben die Teilbetriebströme und den Summenstrom nach Größe und Richtung an.

Vereinfachtes Verfahren.

Man erkennt sofort, daß, trotzdem hier ein praktisch wohl kaum eintretender Fall vorliegt (wegen der starken Abweichungen in den Kurzschlußspannungen und ihren Komponenten), die tatsächlichen Teilströme und der Summenstrom ganz unwesentlich von der Verteilung abweichen, die sich einstellen würde, wenn man alle Kurzschlußspannungen gleichgerichtet voraussetzt, d. h. die Rechnung nur auf Grund der absoluten Werte dieser Größen durchführt. In der Tat, führt man die Rechnung unbekümmert um die vektorielle Eigenschaft der Kurzschlußspannungen durch, so erhält man die skalaren Gleichungen

$$i_p' = i \frac{\dfrac{i_p}{u_{k_p}}}{\sum \dfrac{i_m}{u_{k_m}}} .$$

Zahlenbeispiel: Im früheren Zahlenbeispiel würden sich folgende Zahlenwerte ergeben:

$$\frac{i_1}{u_{k_1}} = \frac{1000}{3{,}58} = 280{,}9 \qquad i_1' = 1169{,}1 \qquad -3^1/_2\,‰$$
$$\frac{i_2}{u_{k_2}} = \frac{1600}{5{,}00} = 320{,}0 \qquad i_2' = 1331{,}9 \qquad -8^1/_2\,‰$$
$$\frac{i_3}{u_{k_3}} = \frac{2000}{2{,}60} = 769{,}2 \qquad i_3' = 3201{,}6 \qquad -5^1/_2\,‰$$
$$\frac{i_4}{u_{k_4}} = \frac{3200}{6{,}35} = 503{,}9 \qquad i_4' = 2097{,}4 \qquad -8^1/_2\,‰$$
$$\sum_1^n \frac{i_m}{u_{k_m}} = 1874{,}0 \qquad i = 7800{,}0$$

und $\qquad u_k = \dfrac{7800}{1874{,}0} = 4{,}162\,\%.$

Ein Vergleich mit den genauen Werten zeigt, daß dieses vereinfachte Verfahren nur sehr geringe Fehler (meistens unter 1 %) bedingt; natürlich verschwindet auch die durch den Richtungsunterschied der Ströme bedingte Überlast der Gruppe von rd. 8 ‰. Wie leicht zu beweisen, ist der Fehler am größten, wenn die Parallelläufer gleichgroß sind; er wächst mit zunehmender Phasenverschiebung der Vektoren, bleibt aber auch in den praktisch ungünstigsten Fällen sehr gering. So entspricht einem Fehler von

1 %	ein Phasenwinkelunterschied	von	16,5 °
2 %	„	„	„ 23 °
3 %	„	„	„ 28 °
4 %	„	„	„ 32,5 °
5 %	„	„	„ 36,5 °

(vgl. Abb. 4).

Ist 1 die Länge des größeren Vektors, y jene des kleineren und z der Summenvektor, ferner s die algebraische

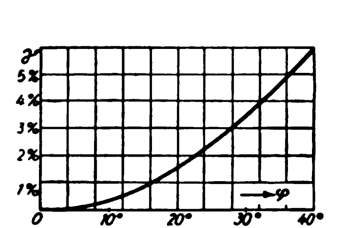


Abb. 4. Fehler der Vernachlässigung des Phasenwinkelunterschiedes.

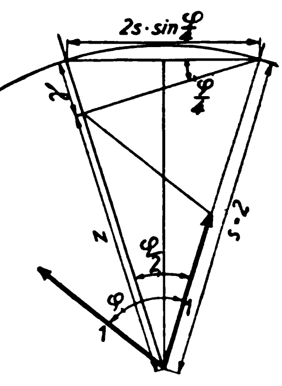


Abb. 5. Fehlerdiagramm.

Summe und δ der Fehler in Teilen dieser algebraischen Summe, so bestehen die Beziehungen

$$z^2 = 1 + y^2 + 2\,y \cos \varphi, \quad s = 1 + y, \quad \delta\, s = s - z,$$

wenn φ der Unterschied der beiden Richtungen der Vektoren *1* und y ist.

Es ist auch $1 - \delta = \dfrac{z}{s}$. Die Maximumbedingung fordert, daß

$$\frac{d\,\delta}{d\,y} = - \frac{d}{d\,y} \frac{z}{s} = 0,$$

also

$$s z' = z s' ;$$

weil nun aber

$$z z' = y + \cos\varphi , \quad s' = 1,$$

so folgt

$$(y + \cos\varphi)(1 + y) = 1 + y^2 + 2\, y \cos\varphi$$

oder

$$1 - y = (1 - y) \cos\varphi ,$$

eine Bedingung, die nur für $y = 1$ erfüllt ist. Es folgt hieraus, daß der Fehler am größten ist, wenn beide Vektoren gleich groß sind, u. zw. unabhängig von der Phasenverschiebung dieser Vektoren. Bei gleichgroßen Vektoren beträgt der Fehler offenbar, da

$$y = 1, \quad z^2 = 2 + 2\cos\varphi = 4\cos^2\frac{\varphi}{2}, \quad s = 2, \quad \frac{z}{s} = \cos\frac{\varphi}{2},$$

$$\delta = 1 - \cos\frac{\varphi}{2} = 2\sin^2\frac{\varphi}{4},$$

wie übrigens aus Abb. 5 leicht ersichtlich ist.

Der größte überhaupt mögliche Fehler tritt für den praktisch unmöglichen Fall $\varphi = 90°$ auf; es ist dann

$$\delta = 2\sin^2 22°/2 = 0{,}28.$$

Selten wird jedoch der Phasenwinkelunterschied der Ströme mehr als 30 ... 40 ° betragen, in den meisten praktischen Fällen ist er kleiner als 20 °, der Fehler also höchstens 1½ ... 2 % und demnach vollständig zu vernachlässigen.

Die Güte des Parallellaufes von Transformatoren gleicher Übersetzung und Schaltart hängt somit praktisch nur von dem absoluten Wert der Kurzschlußspannungen ab. Der Parallellauf ist nur dann ein guter, d. h. die Belastungen verteilen sich genau im Verhältnis der Nennleistungen, wenn die Kurzschlußspannungen aller Parallelläufer gleichgroß sind. Praktisch ist diese Gleichheit nicht zu erzielen, da die Transformatoren meistens ungleicher Herkunft und Leistung sind. Aber auch Transformatoren gleicher Leistung, die gleichzeitig nach den gleichen Angaben und in derselben Werkstätte hergestellt wurden, weisen zuweilen größere oder kleinere Unterschiede in den Kurzschlußspannungen auf, die in den Ungenauigkeiten der Fabrikation liegen und nicht ganz vermieden werden können.

Spielgrenzen.

Es ist deshalb üblich, ein Spiel für die Meßwerte der Kurzschlußspannung gegenüber ihrem vorgeschriebenen Sollwert einzuräumen. Bei gleichzeitiger Herstellung mehrerer Transformatoren gleicher Leistung ist es leicht, die Abweichungen ihrer Kurzschlußspannungen innerhalb enger Grenzen zu halten. Bei Transformatoren verschiedener Leistung oder gar verschiedenen Ursprungs ist es dagegen, in Anbetracht der Unsicherheiten in der Vorausberechnung, trotz längerer Erfahrungen und genauer Abwägung aller störenden Umstände meistens nur möglich, eine Spielgrenze von etwa ±10 % zu beachten.

Übliche Bedingungen.

Die übliche Bedingung zur Sicherung des Parallellaufes ist meistens jene der Gleichheit der Kurzschlußspannungen (R.E.T./1923). In Anbetracht der unbedingten Notwendigkeit gewisser Spielgrenzen für die Meßwerte dieser Größe an dem fertigen Transformator tritt deshalb eine gewisse Abweichung vom Sollwert der Stromverteilung ein, die unter Umständen ganz erhebliche Überlastungen bedingen kann.

Sind $\pm\delta$ die Spielgrenzen, N_1, N_2 die Nennleistungen zweier Transformatoren und u_k der Sollwert ihrer Kurzschlußspannungen, so ist die Lastverteilung L_1 bzw. L_2 in den Grenzfällen wie folgt zu berechnen:

$$L_1 = (N_1 + N_2) \frac{\dfrac{N_1}{u_k(1 \pm \delta)}}{\dfrac{N_1}{u_k(1 \pm \delta)} + \dfrac{N_2}{u_k(1 \mp \delta)}},$$

$$L_2 = (N_1 + N_2) \frac{\dfrac{N_2}{u_k(1 \mp \delta)}}{\dfrac{N_1}{u_k(1 \pm \delta)} + \dfrac{N_2}{u_k(1 \mp \delta)}},$$

oder wenn $N_1 + N_2 = N$,

$$L_1 = N \frac{\dfrac{N_1}{1 \pm \delta}}{\dfrac{N_1}{1 \pm \delta} + \dfrac{N_2}{1 \mp \delta}}, \quad L_2 = N \frac{\dfrac{N_2}{1 \mp \delta}}{\dfrac{N_1}{1 \pm \delta} + \dfrac{N_2}{1 \mp \delta}}.$$

Führt man den Begriff der Überlastungen γ_1, γ_2 durch die Beziehungen $L_1 = N_1(1 + \gamma_1)$, $L_2 = N_2(1 + \gamma_2)$ ein, so errechnen sich diese zu

$$\gamma_1 = N_2 \frac{\dfrac{1}{1 \pm \delta} - \dfrac{1}{1 \mp \delta}}{\dfrac{N_1}{1 \pm \delta} + \dfrac{N_2}{1 \mp \delta}}, \qquad \gamma_2 = N_1 \frac{\dfrac{1}{1 \mp \delta} - \dfrac{1}{1 \pm \delta}}{\dfrac{N_1}{1 \pm \delta} + \dfrac{N_2}{1 \mp \delta}},$$

oder

$$\gamma_1 = \mp 2\delta \frac{N_2}{N_1(1 \mp \delta) + N_2(1 \pm \delta)},$$

$$\gamma_2 = \pm 2\delta \frac{N_1}{N_1(1 \mp \delta) + N_2(1 \pm \delta)}.$$

Für gleichgroße Parallelläufer, $N_2 = N_1$, ist natürlich

$$\gamma_1 = \mp \delta, \qquad \gamma_2 = \pm \delta.$$

Ist der eine Parallelläufer sehr klein, also im Grenzfalle $N_2 = 0$, so ist dagegen

$$\gamma_1 = 0, \qquad \gamma_2 = \pm \frac{2\delta}{1 \mp \delta}.$$

Es kann also hier eine Überlast von 0,20/0,90 = 0,22, d.h. von 22 % eintreten.

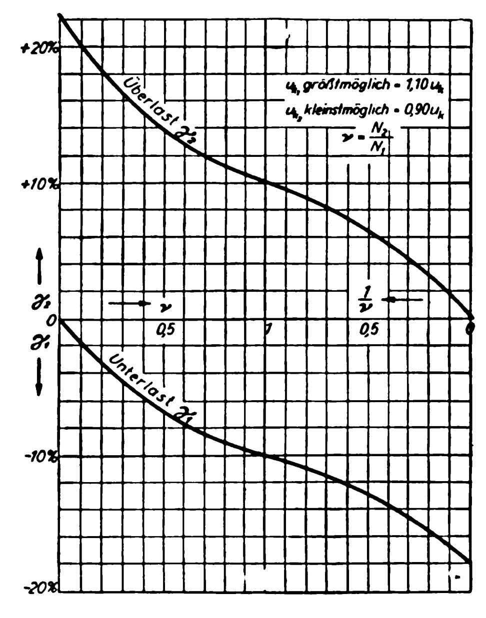


Abb. 6. Größt-Überlastungen bei verschiedenen Nennleistungsverhältnissen.

Es wird empfohlen, ein Leistungsverhältnis von höchstens 1 : 3 zu wählen; die höchste Überlast beträgt alsdann

$$\gamma_2 = 2\delta \frac{3}{3(1-\delta) + (1+\delta)} = \delta \frac{3}{2-\delta},$$

d. h. $\gamma_2 = 0{,}30/1{,}90 = 15{,}8\,\%$, die Überlast des kleineren Transformators beträgt somit beinahe 16 %. Abb. 6 gibt die Überlast bei verschiedenen Leistungsverhältnissen $\nu = \frac{N_2}{N_1}$ für den Fall, daß der kleinere Transformator die kleinstzulässige und der größere die größtzulässige Kurzschlußspannung hat.

Die rechte Seite der Abb. 6 bezieht sich auf den weniger wichtigen Fall, daß der kleinere Transformator die größere und der größere die kleinere Kurzschlußspannung hat. Es sei noch bemerkt, daß stets

$$\gamma_1 = -\gamma_2 \nu.$$

Man erkennt somit, daß die Forderung der Gleichheit der Kurzschlußspannungen zweier Parallelläufer infolge des unbedingt erforderlichen Spieles in den Meßwerten eine Überlast bis zu 22,2 % bedingen kann.

Abgeglichene Sollwerte.

Wesentlich bessere Betriebsverhältnisse erreicht man, wenn man die Sollwerte nach einem gewissen Gesetz abgleicht derart, daß der Sollwert des kleineren Transformators etwas größer als jener des größeren Transformators gewählt wird, u. zw. um so größer, je kleiner der Parallelläufer ist. Die Überlast des Transformators mit der kleineren Leistung N_2 ist ganz allgemein und im un-

günstigsten Fall, d. h. wenn er die kleinstmögliche und der Parallelläufer die größtmögliche Kurzschlußspannung hat, weil

$$L_2 = N\,\frac{\dfrac{N_2}{u_{k_2}(1-\delta)}}{\dfrac{N_1}{u_{k_1}(1+\delta)} + \dfrac{N_2}{u_{k_2}(1-\delta)}} = N_2(1+\gamma_2),$$

aus

$$\gamma_2 = \frac{N_1\left(1 - \dfrac{u_{k_2}}{u_{k_1}}\,\dfrac{1-\delta}{1+\delta}\right)}{N_1\dfrac{u_{k_2}}{u_{k_1}}\,\dfrac{1-\delta}{1+\delta} + N_2}$$

zu berechnen.

Hat in der Typenreihe der Transformator mit der Leistung N die Kurzschlußspannung u_k und setzt man

$$N_1 = \nu_1 N, \quad N_2 = \nu_2 N, \quad u_{k_1} = \varepsilon_1 u_k, \quad u_{k_2} = \varepsilon_2 u_k$$

so wird

$$\gamma_2 = \frac{\nu_1\left(1 - \dfrac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\,\dfrac{1-\delta}{1+\delta}\right)}{\nu_1\dfrac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\,\dfrac{1-\delta}{1+\delta} + \nu_2}.$$

Man wähle nun $\varepsilon = f(\nu)$ derart, daß für $\nu_1 = \nu_2 = \nu$ die Überlastung γ_2 den Höchstwert erreicht, so daß für zunehmenden Leistungsunterschied die Überlast sich verringert. Ist nun ν_2 veränderlich und ν_1 konstant, so ergibt sich durch Logarithmieren und Differentiieren

$$\frac{1}{\gamma_2}\,\frac{\partial \gamma_2}{\partial \nu_2} = -\frac{1}{\varepsilon_1}\,\frac{1}{1 - \dfrac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\,\dfrac{1-\delta}{1+\delta}}\cdot\frac{1-\delta}{1+\delta}\,\frac{\partial \varepsilon_2}{\partial \nu_2} - \frac{\dfrac{\nu_1}{\varepsilon_1}\,\dfrac{1-\delta}{1+\delta}\,\dfrac{\partial \varepsilon_1}{\partial \nu_2} + 1}{\nu_1\dfrac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}\,\dfrac{1-\delta}{1+\delta} + \nu_2}.$$

Dieser Ausdruck muß für $\nu_1 = \nu_2 = \nu$ und $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$ verschwinden und man erhält die Bedingung

$$\frac{1-\delta}{1+\delta}\,\frac{1}{1 - \dfrac{1-\delta}{1+\delta}}\,\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} + \frac{1}{\nu\left(\dfrac{1-\delta}{1+\delta}+1\right)}\left[\frac{\nu}{\varepsilon}\,\frac{1-\delta}{1+\delta}\,\varepsilon' + 1\right] = 0,$$

also

$$\nu\,\frac{1-\delta}{2\delta}\,\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} + \frac{1+\delta}{2}\left[1 + \nu\,\frac{1-\delta}{1+\delta}\,\frac{\varepsilon'}{\varepsilon}\right] = 0,$$

woraus einfach

$$\frac{1-\delta}{\delta}\,\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = -\frac{1}{\nu}.$$

Die Integration zwecks Bestimmung der Funktion $\varepsilon = f(\nu)$ ergibt ganz allgemein

$$\lg \varepsilon' = -\frac{\delta}{1-\delta}\,\lg \nu + k$$

$$\varepsilon = k\,\nu^{-\frac{\delta}{1-\delta}}.$$

Da nun für $\nu = 1$ auch $\varepsilon = 1$ wird, so ist $k = 1$, und die Abgleichungsfunktion ist einfach

$$\varepsilon = \nu^{-\frac{\delta}{1-\delta}}.$$

Für den praktischen Fall, $\delta = 0{,}10$, wird

$$\varepsilon = \nu^{-1/9} = \nu^{-0{,}111\,11}.$$

Die durch diese Formel bedingte Abgleichung ist in Abb. 7 graphisch dargestellt. Eine Zehntelung der Leistung bedingt somit eine 29prozentige Vergrößerung der Kurzschlußspannung, eine Drittelung eine Vergrößerung von 13⅓ %.

In Anbetracht dessen, daß die Leistungsverhältnisse der Transformatoren nicht beliebig zu sein pflegen, sondern durch die Normung der Typenreihe gegeben sind, u. zw. derart, daß zwei benachbarte Transformatoren der Typenreihe im gleichen Leistungsverhältnis von etwa $\sqrt[10]{10} = 1{,}259$ stehen, kann man den Exponenten der Funktion $\varepsilon = \nu^{-x}$ derart wählen, daß auch für die benachbarte Type die Überlast den zulässigen Höchstwert von δ % erreicht. Durch diese Maßnahme erzielt man eine geringere Zunahme der Kurzschlußspannung. Es muß dann

$$\gamma_2 = \nu\,\frac{1 - \nu^x\,\dfrac{1-\delta}{1+\delta}}{\nu^{x+1}\,\dfrac{1-\delta}{1+\delta} + 1} = \delta$$

sein, wenn $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \nu = 10^{1/10} = 1{,}258\,925$ gesetzt wird, d. h.

$$\nu^{x+1} = \frac{\nu - \delta}{1-\delta} = 10^{\frac{x+1}{10}}$$

oder

$$10^{\frac{x+1}{10}} = 1{,}287\,68$$

$$x + 1 = 1{,}098\,147,$$

woraus

$$x = 0{,}098\,147 \text{ (statt } 0{,}111\,111).$$

Bei diesem verkleinerten Zuwachs entspricht einer Zehntelung der Leistung nur eine Vergrößerung von rd. 25 %, einer Drittelung eine solche von nur 12 %.

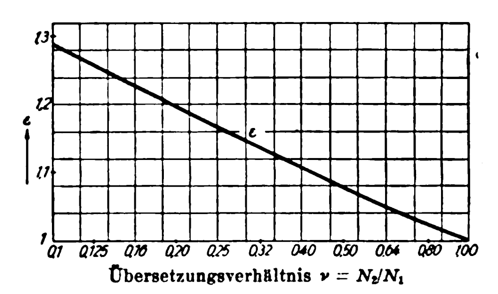


Abb. 7. Abgleichungsfunktion.

Da es auf die haarscharfe Einhaltung der äußersten zulässigen Überlastungsgrenzen nicht ankommt und es auch selten vorkommen dürfte, daß die Spielgrenzen bei beiden Transformatoren voll erreicht werden, kann man eine praktisch sehr brauchbare Vorschrift aufstellen, indem man die Stufen der Abgleichung von u_k statt von 0,023 bis 0,028 ansteigend alle gleich nimmt, u. zw. gleich 0,025, d. h. 2½ % der kleineren Kurzschlußspannung.

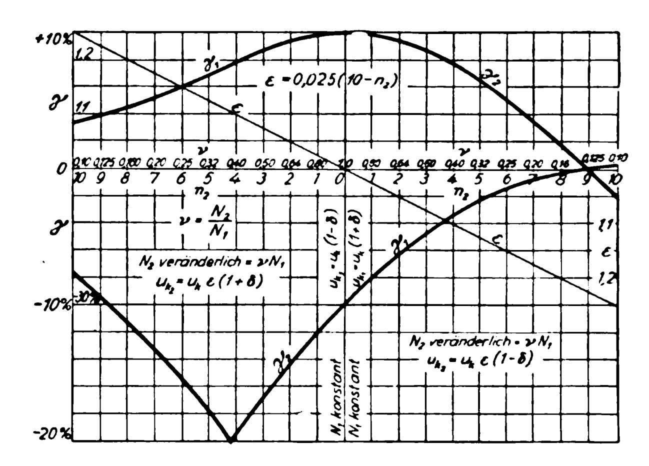


Abb. 8. Überlastung. Abgleichungsstufen $a = 0{,}025$.

Es ergäben sich dann die in Abb. 8 eingetragenen Sollwerte und Überlastungen. Man erkennt, daß die höchste Überlast nunmehr 10 % beträgt und der größte Transformator der stärker überlastete ist. Selbstverständlich treten starke Unterlastungen auf, die bis zu 32½ % betragen können, wenn etwa der Parallelläufer zehnmal so groß ist wie der betrachtete; da jener aber dann nur 3¼ % überlastet wird, so erkennt man, daß der Betrieb noch immer ein sehr erträglicher ist und daß auch das Parallelschalten eines kleineren Transformators bis zu ¹/₁₀ der Leistung und weniger noch immer Gewinn bringen kann.

Man kann die Sollwerte der Kurzschlußspannungen einer vollständigen Typenreihe an Hand des Wertes der Kurzschlußspannung einer zweckmäßig gewählten mittleren Leistung nunmehr für alle Leistungen gegebener

Spannungsverhältnisse leicht durch sinngemäße Wiederholung des Verfahrens ermitteln und erhält dann etwa die Werte der Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Sollwerte für genormte Transformatoren.
Abgleichungstufe der Sollwerte = 0,025.

kVA	u_k		kVA	u_k		kVA	u_k	
10	5,65	(4,7)	100	4,5	(4,0)	1 000	3,6	(3,6)
			125	4,41	(4,0)	1 250	3,53	(3,5)
			160	4,32	(4,0)	1 600	3,46	(3,5)
20	5,30	(4,6)	200	4,23	(3,9)	2 000	3,38	
			250	4,14	(3,9)	2 500	3,31	
30	5,10	(4,5)	320	4,05	(3,9)	3 200	3,24	
			400	3,96	(3,8)	4 000	3,17	
50	4,85	(4,3)	500	3,87	(3,6)	5 000	3,10	
75	4,68	(4,1)	640	3,78	(3,6)	6 400	3,03	
			800	3,69	(3,6)	8 000	2,95	
100	4,50	(4,0)	1000	3,6	(3,6)	10 000	2,88	

Zur Berechnung dieser Tafel wurde die Kurzschlußspannung eines 1000 kVA-Transformators für 15/3,15 kV nach DIN 2610 gewählt, u. zw. mit 3,6 %. Wie erkenntlich, zeigt Zahlentafel 1 eine stärkere Abweichung von den Abstufungen der DIN 2610 und 2600 (Normwerte in Klammern). Diesen Übelstand kann man vermeiden, wenn man die zulässige Überlast um ein geringes vergrößert; man setze zu diesem Zweck das Verhältnis der Kurzschlußspannungen zweier Transformatoren, die im Leistungsverhältnis 10 : 1 stehen, statt mit 1,25 zu nur 1,15 fest und erhält die den DI-Normen besser angepaßte Zahlentafel 2, Zur Benutzung sei bemerkt, daß die Sollwerte nach der angenäherten Formel

$$u_{k_2} = u_{k_1}\,\varepsilon = v_{k_1}\,[1 + (n_1 - n_2)\,\alpha]$$

berechnet sind, wo $\alpha = 0{,}015$ und $n_1 - n_2$ der Unterschied der Kennzahlen ist.

Diese Formel leitet sich leicht aus der genauen

$$\varepsilon = \nu^{-x}$$

ab, wenn man beachtet, daß

$$\nu = 10^{\frac{n}{10}},$$

also

$$\varepsilon = 10^{\frac{-x n}{10}}$$

und

$$10^{\frac{x n}{10}} = 1 + \alpha$$

gesetzt wird. In Anbetracht der Kleinheit von x kann der Ausdruck links nur wenig von der Einheit abweichen, d. h. α ist auch sehr klein, man kann deshalb mit großer Annäherung setzen

$$\varepsilon = \left(\frac{1}{1+\alpha}\right)^n = 1 - n\,\alpha.$$

Zahlentafel 2. Sollwerte der Kurzschlußspannungen einer Typenreihe.
Abgleichungstufe der Sollwerte = 0,015.

n	kVA	u_k		n	kVA	u_k	
0	10	4,761	(4,7)	20	1 000	3,600	(3,6)
1	—	—	—	21	1 250	3,553	(3,5)
2	—	—	—	22	1 600	3,506	(3,5)
3	20	4,575	(4,6)	23	2 000	3,459	—
4	—	—	—	24	2 500	3,412	—
5	30	4,471	(4,5)	25	3 200	3,365	—
6	—	—	—	26	4 000	3,318	—
7	50	4,326	(4,3)	27	5 000	3,271	—
8	75	4,233	(4,1)	28	6 400	3,224	—
9				29	8 000	3,177	—
10	100	4,140	(4,0)	30	10 000	3,130	—
11	125	4,086	(4,0)	31	12 500	3,089	—
12	160	4,032	(4,0)	32	16 000	3,049	—
13	200	3,978	(3,9)	33	20 000	3,008	—
14	250	3,924	(3,9)	34	25 000	2,967	—
15	320	3,870	(3,9)	35	32 000	2,926	—
16	400	3,816	(3,8)	36	40 000	2,885	—
17	500	3,762	(3,6)	37	50 000	2,844	—
18	640	3,780	(3,6)	38	64 000	2,804	—
19	800	3,654	(3,6)	39	80 000	2,763	—
20	1000	3,600	(3,6)	40	100 000	2,722	—

Es sei bemerkt, daß auch hier die normale Kurzschlußspannung des 1000 kVA-Transformators nach DIN 2610 gewählt wurde und daß in der abgekürzten Formel für jede Dekade der Kennzahlen n die Kurzschlußspannung des größeren Transformators eingesetzt wurde.

Der Unterschied der Kurzschlußspannungen zweier benachbarten Typen in der ersten Dekade, d. h. zwischen den Kennzahlen 0 und 10 beträgt . . . . . . 0,062 %
in der zweiten Dekade, Kennzahlen 10 ... 20 . . . 0,054 %
„ „ dritten „ „ 20 ... 30 . . . 0,047 %
„ „ vierten „ „ 30 ... 40 . . . 0,041 %.

Ist der Unterschied der Kennzahlen der Parallelläufer kleiner als eine Dekade, d. h. ist das Leistungsverhältnis kleiner als 10, so ist es in Anbetracht der Kleinheit von α ohne bemerkenswerten Fehler zulässig, die Formel sinngemäß, von irgendeinem der gegebenen Sollwerte der Kurzschlußspannungen ausgehend, anzuwenden. Ist z. B. der Sollwert u_{k_2} des kleineren Transformators bekannt, so ergibt sich jener des größeren zu

$$u_{k_1} = u_{k_2}\,[1 - (n_1 - n_2)\,\alpha];$$

ist dagegen der Sollwert u_{k_1} des größeren bekannt, so ergibt sich jener des kleineren zu

$$u_{k_2} = u_{k_1}\,[1 + (n_1 - n_2)\,\alpha].$$

Die Werte des Abgleichungsfaktors ε innerhalb einer Dekade und die zu erwartenden Unter- und Überbelastungen im ungünstigsten Falle können aus Abb. 9 entnommen werden.

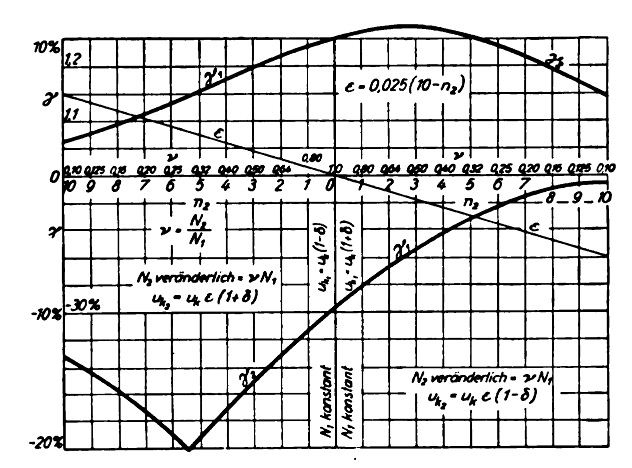


Abb. 9. Überlastung. Abgleichungstufen $\alpha = 0{,}015$.

Bei Betrachtung der Ausgleichsfaktoren und Sollwerte einer Typenreihe erkennt man, daß die nach diesen Grundsätzen abgeglichenen Transformatoren sich sehr gut den vorhandenen Vorschriften anpassen, anderseits die höchste Überlastung im ungünstigsten Falle noch nicht 11 % erreicht. Es wäre deshalb vorteilhaft, die Regeln für den Parallellauf zweier Transformatoren wie folgt abzufassen.

Die genormten Leistungen werden in steigender Reihenfolge geordnet und erhalten Ordnungs- oder Kennzahlen. Für Leistungen über 100 kVA ist die Reihenfolge eine geschlossene, darunter sind Lücken vorhanden und man müßte, wie Zahlentafel 2 zeigt, mit gebrochenen Kennzahlen rechnen.

Der Parallellauf zweier Transformatoren ist dann als einwandfrei zu bezeichnen, wenn neben den üblichen Bedingungen die Sollwerte ihrer Kurzschlußspannungen der Beziehung

$$\frac{u_{k_2} - u_{k_1}}{u_{k_1}} = 0{,}015\,(n_1 - n_2)$$

genügen und die tatsächlichen Meßwerte nicht mehr als

$$\pm 10\,\%$$

von diesen Sollwerten abweichen.

Die Formel gilt mit großer Annäherung, solange der Unterschied der Kennzahlen kleiner als 10 ist. Ist der Unterschied größer, so ist das Verfahren sinngemäß zu wiederholen.

Statt der Formel kann die Zahlentafel 3 benutzt werden.

Zahlentafel 3. Abgleichungsfaktoren.

$n_1 - n_2$	ε	$n_1 - n_2$	ε	$n_1 - n_2$	ε	$n_1 - n_2$	ε
0	1,00	10	1,150	20	1,323	30	1,521
1	1,0151	11	1,167	21	1,342	31	1,544
2	1,030	12	1,185	22	1,362	32	1,567
3	1,045	13	1,202	23	1,382	33	1,589
4	1,060	14	1,219	24	1,402	34	1,612
5	1,075	15	1,236	25	1,422	35	1,635
6	1,090	16	1,254	26	1,442	36	1,658
7	1,105	17	1,271	27	1,461	37	1,681
8	1,120	18	1,288	28	1,481	38	1,703
9	1,135	19	1,305	29	1,501	39	1,726
10	1,150	20	1,323	30	1,521	40	1,749

Unter der Spalte *n* ist der Unterschied der Kenn- oder Ordnungszahlen der Typenreihe der genormten Transformatoren und unter ε der Faktor aufgeführt, der angibt, um wievielmal die Kurzschlußspannung des kleineren Transformators größer ist als jene des größeren Transformators.

Laufen mehrere Transformatoren parallel, so kann im ungünstigsten Fall, wenn nämlich ein Transformator kleinerer Leistung und mit der kleinstmöglichen Kurzschlußspannung parallel geschaltet ist mit mehreren Transformatoren größerer Leistung und alle mit der größtzulässigen Kurzschlußspannung, der kleinere Transformator unter Umständen eine erheblich größere Überlast übernehmen müssen. Dieser Übelstand kann natürlich durch die Abgleichung der Sollwerte nicht behoben werden, da er doch am stärksten auftritt, wenn alle Transformatoren gleich groß sind, in einem Fall also, wo eine Abgleichung gar nicht in Frage kommen kann.

Die Wahrscheinlichkeit jedoch, daß ein solcher ungünstiger Fall sich einstellt, ist gering und nimmt rasch mit zunehmender Anzahl der parallel geschalteten Einheiten ab.

Scheinwerferbeleuchtung von Gleisanlagen.

Von Ing. **Walter Tüngethal**, Berlin.

Übersicht. Es wird ein neuartiges Beleuchtungssystem auf Verschiebebahnhöfen behandelt, das — in Amerika seit mehreren Jahren allgemein benutzt — nun auch in Europa erfolgreich angewandt wird. An Hand einer deutschen Anlage wird das Wesentliche der Scheinwerferbeleuchtung beschrieben. Die wirtschaftlichen Vorteile der Scheinwerferbeleuchtung liegen in erster Linie in einer bedeutenden, bis zu 50 % betragenden Stromersparnis und einer besseren und übersichtlichen Beleuchtung.

Die Beleuchtung von Rangierbahnhöfen ist eine schwierige Aufgabe, denn es gilt eine gute Beleuchtung zu schaffen, bei der eine gefährliche und verantwortungsvolle Arbeit zu leisten ist. In der Hauptsache kommt es darauf an, eine gute Übersicht über die Gleise zu schaffen, und gerade hierin liegt bei den ausgedehnten Gebieten, die zu beleuchten sind, die Schwierigkeit der Beleuchtungsfrage. Bisher wurden zwischen den Gleisen viele Maste mit einzelnen Schirmleuchten aufgestellt, um das große Gelände möglichst gleichmäßig zu beleuchten. Die hierdurch erreichte gute Beleuchtung des Bodens bzw. des Bahnkörpers zeigte sich jedoch für den Rangierbetrieb als nicht besonders geeignet, da überall Klagen des Rangierpersonals laut wurden, daß die Beleuchtung nicht ausreiche, um die abrollenden Wagen oder das, was sich auf dem Bahnkörper bewegt, auf größere Entfernung erkennen zu können.

Man geht deshalb heute dazu über, neben der Horizontalbeleuchtung im wesentlichen für eine gute Vertikalbeleuchtung, d. h. für eine Beleuchtung der senkrecht stehenden Flächen zu sorgen, wodurch eine weite und gute Übersicht wie am Tage ermöglicht wird. Für eine Beleuchtung dieser Art verwendet man Scheinwerfer, und es sind auf diesem Gebiete bereits die besten Ergebnisse erzielt worden. Eine solche Beleuchtung wird schon seit mehreren Jahren in den V. S. Amerika auf Rangierbahnhöfen angewendet[1] und ist in letzter Zeit auch in Europa erfolgreich eingeführt worden.

Wohl die ersten Versuche mit einer Scheinwerferbeleuchtung in Europa wurden im Anfang des vorigen Jahres in Spanien von der Cia. de los Caminos de Hierro del Norte zusammen mit den Siemens-Schuckertwerken durchgeführt, die äußerst günstig ausfielen und die Einführung dieser Beleuchtungsart zur Folge hatten. Inzwischen sind drei weitere Bahnhöfe in Spanien durch die SSW in dieser Weise beleuchtet worden. Versuche auf diesem Gebiete wurden in letzter Zeit auch von der französischen Eisenbahngesellschaft Paris-Mittelmeer angestellt und ein Rangierbahnhof bei Paris mit bestem Erfolge durch Scheinwerfer beleuchtet. Soviel bekannt ist, wird auch dort an eine allgemeine Einführung der Scheinwerferbeleuchtung gedacht.

Eine Scheinwerferanlage größeren Umfanges ist erst kürzlich von der Polnischen Eisenbahndirektion Danzig auf dem Rangierbahnhof Troyl in Betrieb genommen worden. Diese Anlage, die ebenfalls von den SSW ausgeführt wurde, umfaßt einen Bahnkörper von rd. 250 000 m² Ausdehnung und etwa 2,5 km Länge. Die Beleuchtung dieser ausgedehnten Fläche erfolgte von drei Punkten aus, an denen die Scheinwerfer auf hohen Gittermasten zur Aufstellung gebracht sind. Es wurden insgesamt 27 Scheinwerfer mit je 1,5 kW-Glühlampen verwendet. Die Scheinwerfer haben einen Spiegeldurchmesser von 35 cm und sind mit klaren Gläsern oder mit Streugläsern ausgerüstet, je nachdem, ob langgestreckte Felder auf große Entfernung oder breite Felder auf kleine Entfernung zu beleuchten waren. Der Plan Abb. 1 ermöglicht eine Übersicht über den Umfang dieser Anlage und läßt erkennen, mit welcher Einfachheit eine Scheinwerfer-Beleuchtungsanlage aufgebaut ist und wie übersichtlich die Beleuchtung bei einem beiderseitigen Lichteinfall in Richtung der Gleise sein muß.

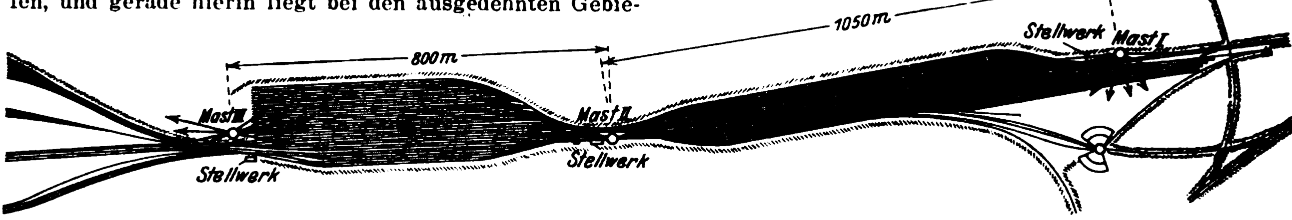
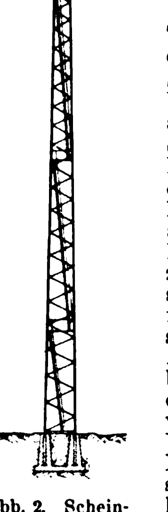


Abb. 1. Scheinwerferbeleuchtung der Gleisanlagen des Bahnhofs Troyl.

Das Wesentliche einer solchen Anlage ist die richtige Wahl der Standorte für die Maste bzw. für die Lichtquellen, bei der dem Charakter der Gleisanlage und auch der Lage der Stellwerke Rechnung zu tragen ist. Unter dieser Berücksichtigung mußten in der Anlage Troyl die Maste 800 bzw. 1050 m voneinander entfernt aufgestellt werden. Trotz der großen Abstände der Maste ist aber die Beleuchtung zwischen diesen vollkommen ausreichend, da die verwendeten SSW-Scheinwerfer eine ganz beträchtliche Lichtstärke besitzen. Die Maste haben eine Höhe von 30 m, die sich bei den vorliegenden Verhältnissen durch Versuche als notwendig erwiesen hatte, um eine Blendung im Betriebe bei normaler Sicht zu vermeiden. Die Gittermaste (Abb. 2) sind besteigbar und haben oben eine Plattform, auf der die Scheinwerfer aufgestellt sind. Der Stromverbrauch der gesamten Anlage beträgt 41,5 kW, was einem Verbrauch von 0,166 W/m² entspricht. Bei einer Beleuchtung durch Schirmleuchten wird dagegen für gewöhnlich mit einem Verbrauch von 0,25 ... 0,3 W/m² gerechnet. Das für den Rangierbahnhof Troyl aufgestellte Projekt nach der bisherigen Beleuchtungsart hatte 147 Schirmleuchten zu je 500 W und ebenso viele Maste als notwendig vorgesehen. Der Verbrauch hätte somit 73,5 kW betragen. Die Ersparnis infolge der Scheinwerferbeleuchtung macht also in diesem Falle 32 kW aus, was im Laufe eines Jahres bei rd. 4000 Brennstunden eine Ersparnis von etwa 128 000 kWh gegenüber der alten Beleuchtungsart bedeutet. Neben dieser bedeutenden Stromersparnis ist zu berücksichtigen, daß noch eine weitere indirekte Ersparnis dadurch auftritt, daß bei


Abb. 2. Scheinwerfermast.

[1] ETZ 1928, S. 762.

der Scheinwerferbeleuchtung durch den Vorteil der eingangs erwähnten Vertikalbeleuchtung eine ungleich bessere Beleuchtung als früher erzielt wird.

Im Vordergrund des Interesses steht selbstverständlich die Kostenfrage einer solchen Scheinwerferanlage. Es sei deshalb noch erwähnt, daß die beschriebene Anlage sich sogar billiger gestellt hat, als wenn die Beleuchtung nach altem System mit Schirmleuchten durchgeführt worden wäre. Ferner ist zu beachten, daß die Unterhaltungskosten einer Scheinwerferanlage geringer sein werden, da sämtliche Lichtquellen an wenigen Punkten zentralisiert sind und dadurch die Instandhaltungsarbeiten auf ein Minimum an Zeitaufwand beschränkt werden.



Abb. 3. Rangierbahnhof Troyl. Blick von Mast *II* in Richtung auf Mast *I*. Der Lichtschein am Horizont kennzeichnet den Standort des Mastes *I* (vgl. Abb. 1).

Die Vorteile der Scheinwerferbeleuchtung sind im wesentlich aus dem Vorstehenden ersichtlich. Es sei aber noch besonders darauf hingewiesen, daß anderseits auch die Betriebsicherheit des Rangierbetriebes neben der besseren Beleuchtung noch dadurch erhöht wird, daß heute zwischen den Gleisen keine Maste mehr stehen brauchen und daher Unfälle, zu denen die zwischen den Gleisen stehenden Lichtmaste häufig Anlaß gaben, nicht mehr auftreten können.

Bei der intensiven Beleuchtung und den starken Lichtquellen des Scheinwerfer-Beleuchtungsystems sind eine stärkere Ausprägung der Schatten und eine gewisse Blendwirkung nicht zu vermeiden. Jedoch stören diese Erscheinungen nach Angabe des Rangierpersonals nur in der ersten Zeit und eine Gewöhnung an diese Beleuchtung stellt sich sehr bald ein. Dies trifft besonders für die Blendwirkung zu, da naturgemäß bei dieser neuartigen Beleuchtungseinrichtung das Personal zuerst noch sehr oft direkt nach oben zur Lichtquelle blickt. Im allgemeinen kann man feststellen, daß die Beleuchtung sehr gut ist und vor allem von den Stellwerken aus der ganze Bahnhof übersehen und auch von den Lokomotivführern bei den längsten Zügen diese bis zum letzten Wagen überwacht werden können. Die beiden in Abb. 3 und 4 gebrachten Aufnahmen von dem beleuchteten Rangierbahnhof Troyl geben die Beleuchtungsverhältnisse verhältnismäßig gut wieder, obwohl es schwer ist, eine Nachtaufnahme zu erhalten, die die wirklichen Verhältnisse und die weitgehende Übersicht zum Ausdruck bringt.

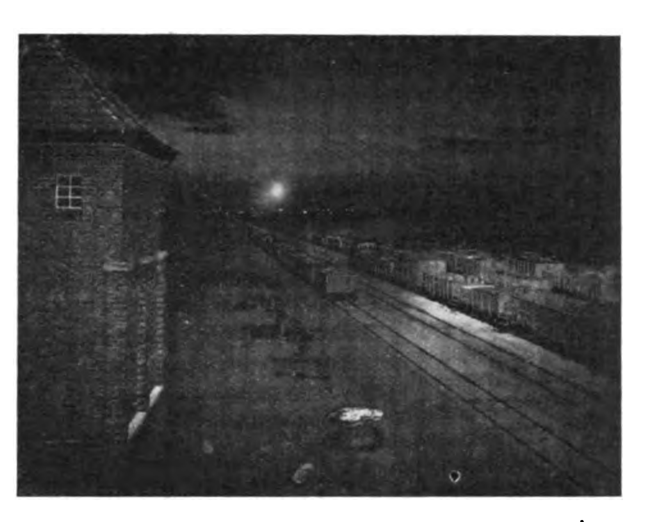


Abb. 4. Rangierbahnhof Troyl. Blick vom Stellwerk am mittleren Mast in Richtung auf Mast *III*. Links im Vordergrund das Transformatorenhaus für die Beleuchtungsanlage.

Der 5. Deutsche Physiker- und Mathematikertag in Prag, 15. bis 21. IX. 1929*.

Das Programm enthielt 112 Vorträge physikalischen und 74 mathematischen Inhalts. Man kann also sagen, sehr viel des Guten. Sollen derartige Tagungen außer dem persönlichen Gedankenaustausch noch einen Überblick über den Stand der Forschung und ihrer Richtungen geben, dann ist unbedingt eine Änderung der bisherigen Organisation vonnöten. Hierauf wurde auch in den Geschäftsitzungen der einzelnen Gesellschaften von verschiedenen Seiten mit solchem Nachdruck hingewiesen, daß wohl schon für die nächste Tagung eine andere Regelung stattfinden wird, durch die der Wirkungsgrad derartiger Veranstaltungen gebessert werden kann. Man könnte hier so verfahren, daß über einzelne Fachgebiete große, zusammenfassende Berichte in ansprechender Form geboten würden, welche auch für den Nichtspezialisten die Fortschritte und Ziele des betr. Gebietes klar hervortreten lassen. Die kleinen Vorträge könnten dann in einer größeren Zahl Parallelsitzungen den Spezialisten Kenntnis und Anregungen vermitteln. Wünschenswert ist außerdem die Herausgabe kurzer Inhaltsangaben vor der Tagung und eine zeitlich genau innegehaltene Folge der Vorträge, wie es bereits in vorbildlicher Weise auf der letzten Jahrestagung des VDE in Aachen durchgeführt war.

Aus der Fülle des diesmal Gebotenen können hier naturgemäß nur kurz die Vorträge genannt werden, welche in Beziehung zur Elektrotechnik stehen. Über den Rahmen der eigentlichen Physik hinaus ging die einleitende Tagung für Erkenntnislehre der exakten Wissenschaften, zu der auch die Vorträge der gemeinsamen Eröffnungsitzung nach den verschiedenen Begrüßungsansprachen zu rechnen sind: **Th. Frank**, Prag, Welche Bedeutung haben die gegenwärtigen physikalischen Theorien für die allgemeine Erkenntnislehre? **R. v. Mises**, Berlin, Kausale und statistische Gesetzmäßigkeit in der Physik und **A. Sommerfeld**, München, Einige grundsätzliche Bemerkungen zur Wellenmechanik. Sie zeigen, wie das Ineinandergreifen der einzelnen Wissenschaften eine Überprüfung der gemeinsamen Grundlagen der Physik und Philosophie bedingt.

Aus den Vorträgen über Schwachstrom sind zu nennen:

W. Deutschmann und **W. Schottky**, Berlin, Scheinwiderstand-Messungen an Kupferoxydul-Gleichrichtern. Zur Klärung der Gleichrichterwirkung zwischen Kupfer und Kupferoxydul ist zunächst der komplexe Widerstand nach einer Substitutionsmethode gemessen. Als Ersatzschema für diesen Widerstand werden zwei Kombinationen einer Kapazität mit zwei Ohmschen Widerständen benutzt. Diese drei Größen zeigen eine große Temperaturabhängigkeit und lassen auf besondere Leitungsvorgänge in der Cu_2O-Schicht als Ursache der Gleichrichtung schließen.

W. Wolman, Berlin, Frequenzgang des Wirbelstromeinflusses bei Übertragerblechen. Der magnetische Widerstand eines Bleches steigt mit der Frequenz an, weil die Wirbelströme den Fluß aus dem Innern verdrängen. Nach Betrachtungen analog denen für die Stromverdrängung in Leitern ergibt sich eine be-

* Der Bericht über die Tagung des Vorjahres in Hamburg erschien in der ETZ 1928, S. 1814.



liebige Phase der Induktion gegenüber der aufgedrückten magnetischen Spannung. Von der wirksamen Induktion kommt man zur wirksamen Permeabilität, die bei niedrigen Frequenzen konstant und gleich der Anfangspermeabilität ist und bei höheren Frequenzen abnimmt. Der Übergang erfolgt ziemlich rasch bei einer Grenzfrequenz, die für normale Bleche im Hörbereich liegt. Der Scheinwiderstand ist unterhalb dieser Grenzfrequenz ein Kreisbogen und verläuft bei höheren Frequenzen um 45° gegen den reellen Anteil geneigt.

W. Deutschmann, Berlin, Flattereffekt auf pupinisierten Leitungen. Dieser tritt auf, wenn man gleichzeitig Telegraphie und Telephonie über eine Leitung schickt. Durch Hysterese in den Pupinspulen modulieren sich beide Ströme gegenseitig. Die Sprache wird im Takte der Telegraphierzeichen verändert und wird flatterhaft. Durch Verwendung von Material für den Spulenkern mit geringerer Hysterese und durch Verstärkung des Sprechstroms gegenüber dem Telegraphierstrom gelingt eine weitgehende Beseitigung dieser Erscheinung.

E. Roeßler, Berlin, Fernsehen. Mit einem beschränkten Frequenzband von etwa 50 ... 10 000 Hz gelingt bereits praktisch ein Fernsehen. Hierbei treten besonders die Konturen hervor. Aus psychologischen Gründen genügt dies bereits für einen brauchbaren Bildeindruck.

P. Selényi, Budapest, Über die weitere Entwicklung der neuen, mittels elektrostatischer Ladungen schreibenden Kathodenoszillographenröhre[1]. Diese erstreckt sich in der Hauptsache auf die Benutzung eines unterteilten Magnesiumbeschlages als statischer Schutz und gleichzeitig als elektrostatische Ablenkungskörper für den Kathodenstrahl. Der Vortragende sprach sich ziemlich zuversichtlich über die weitere Entwicklung der Röhre aus. — Über den Kerr-Effekt-Oszillographen. Die Vorführung mit Beschreibung erfolgte erst in Budapest. Durch Einschalten eines Babinetschen Kompensators werden die mit der Kerrzelle hervorgerufenen Helligkeitsschwankungen in Verschiebung von Interferenzstreifen senkrecht zur Filmbewegung umgesetzt. Der Oszillograph ist zunächst nur für niedere Frequenzen (etwa 50 Hz) anwendbar, da für höhere die Lichtintensität nicht ausreicht.

F. Krüger, Greifswald, Hochohmige Widerstände für niedere und hohe Spannungen. Durch Kathodenzerstäubung werden auf Bernstein oder Quarz Platin- oder Goldüberzüge hergestellt, welche Widerstände von $10^6 ... 10^{13}$ Ω ergeben. Sie sind für Elektrometermessungen und als Hochspannungswiderstände brauchbar. Nach 6 ... 8 Wochen Alterung bleiben sie konstant. Ein Pizeinüberzug beschleunigt die Alterung. Sprüherscheinungen werden durch Einbetten des Widerstandes in Transformatorenöl in einem Pertinax- oder Quarzrohr vermieden.

E. Madelung, Frankfurt a. M., Messung kleiner Spannungen. Ein rotierender Kondensator verwandelt die Gleichspannung z. B. von einem Thermoelement in Wechselstrom, der geeignet verstärkt werden kann.

Aus dem Gebiet der Hochfrequenzschwingungen berichteten folgende Vorträge:

H. Pauli, Berlin, Messung elektrischer Wirkwiderstände mit Hilfe negativer Widerstände. Einen frequenzabhängigen Widerstand kann man dadurch bestimmen, daß ein negativer Widerstand auf ihn abgeglichen wird, der ganz oder in weiten Bereichen frequenzunabhängig und mit niederen Frequenzen oder Gleichstrom ausgewertet ist. Das Verfahren eignet sich besonders für kurze Wellen unter 100 m Wellenlänge.

H. Plendl, Berlin, Über eine neue Art der Leistungsverstärkung durch Hochfrequenzsteuerung des Gittergleichstroms. Bei fremdgesteuerten Sendern kann man das vorletzte Rohr bedeutend kleiner bemessen, wenn keine Verstärkungschaltung, sondern die bisher nur für die Modulation benutzte Gitter-Gleichstromsteuerung verwendet wird. Man kommt so zu einer etwa neunfachen Steuerleistung für die letzte Stufe.

F. Conrad, Berlin, Physikalische Grundsätze für die Unterdrückung von hochfrequenten Störungen. Die Ausbildung gedämpfter und ungedämpfter Schwingungen wird an der Störquelle durch Funkenlöschung unterbunden. Die Schwing- und Strahlfähigkeit von Antennenkreisen wird durch kapazitive Erdung, Erniedrigung der Eigenfrequenz und Vergrößerung des Wirkwiderstandes vermindert. Auch kann man Antennengebilde in einen geerdeten Faradayschen Käfig einschließen. Bei elektrischer Kopplung wirkt ein kapazitiv symmetrischer Aufbau der Störungsquelle günstig.

E. Kramer, Berlin, Neues zur Gleichwellentelephonie. An einem Ort wird eine Grundfrequenz von z. B. 2500 Hz erzeugt und nach den übrigen Sendeorten übertragen. Durch Frequenzvervielfachung kommt man dann an allen Orten zu gleicher Wellenlänge, z. B. in Berlin und Magdeburg und Stettin zu $\lambda = 283$ m. Die Modulation wird ebenfalls niederfrequent zu jedem Sendeort übertragen und erst dort der Hochfrequenz überlagert. In den Grenzgebieten können dann wegen Nichtübereinstimmens der Phase Unregelmäßigkeiten auftreten, die sich nur für bestimmte Orte beseitigen lassen.

G. Potapenko, Moskau, Über die ultrakurzen elektrischen Wellen, die nach dem Barkhausenschen Schema erzeugt sein können. Nach den Anschauungen von Barkhausen und Kurz besteht zwischen Wellenlänge und Gitterspannung E_g die Beziehung $\lambda^2 E_g =$ Konst. Vortragender versucht die nach dem genannten Verfahren erzeugten Wellen in ein Schema zu bringen, wobei sich noch Zwergwellen 1., 2. und 3. Ordnung ergeben für Werte von Konst./4, Konst./9 und Konst./16, die durch Pendeln von Elektronen in homogenen Feldern entstehen. Bei der Röhre TKD 49 war die kleinste erreichbare Welle 3,5 cm. Die Leistung derartiger Kurzwellen liegt bei $\lambda = 30$ cm bei einigen Watt, sie beträgt bei $\lambda = 10 ... 30$ cm etwa 1 W und bei $\lambda = 10$ cm etwa 0,1 W.

K. Krüger, Berlin, Über Kurzwellenempfang bei beweglichen Stationen. Es wird ein Zwischenkreisempfänger benutzt; die erste Überlagerungsfrequenz wird mittels schwingenden Quarzes in einer Wellenlänge von wenigen 100 m erzeugt. Erst eine zweite Überlagerung ergibt Tonfrequenz für Telegraphieempfang. Bei dieser Methode treten Störungen durch Erschütterungen und Zündmaschinen fast ganz zurück. Mit nur wenigen Quarzen kann man den ganzen Wellenbereich überstreichen.

N. v. Korshenewsky, Berlin, Über Schwingungen eines Oszillators im Strahlungsfelde. Bei Empfangsantennen ist die Stromverteilung eine andere wie bei der Senderantenne, wenn die Empfangsantenne nicht abgestimmt ist. Bei geeigneter Wahl des Verhältnisses zwischen Wellen- und Antennenlänge kann man jede beliebige Strom- und Spannungsverteilung erreichen. Es wird eine einfache Anweisung zur Bestimmung des Verlaufes angegeben.

Aus dem Gebiet der Gasentladungen sind zu nennen:

M. Steenbeck, Berlin, Die Aufbauzeit von Glimmentladungen. Der Zündvorgang einer Glimmentladung wird mit einem Braunschen Rohr aufgenommen. Für die statische Entladung sind einige 10^{-6} s Zeit erforderlich. Unter vergleichbaren Bedingungen ist diese Zündungszeit etwa der Wurzel aus dem Molekulargewicht des Füllgases proportional. Bei der normalen Glimmentladung kann der Glimmstrom anfangs bis auf das 5fache des statischen Endwertes ansteigen.

W. Espe, Berlin, Über die Austrittsarbeit glühelektrisch ausgelöster Elektronen. Die Konstanten der Richardson-Gleichung sind an Barium-Destillationskathoden bestimmt. Die in der Technik neuerdings allgemein benutzten Destillationsverfahren werden angegeben. Die Elektronen-Loslösungsarbeit ist dieselbe wie bei sog. Pastekathoden, während die Basiskonstante A etwa 1000mal größer ist und einen Schluß auf größere Besetzungsdichte der Emissionszentren bei Ba-Filmen erlaubt.

A. v. Engel, Berlin, Elektrische Messungen an langen Lichtbogen. Der Lichtbogen von 70 cm Länge brennt zwischen wassergekühlten Kupferelektroden in einem Glas- oder Quarzrohr und ist nach Schönherr und Grotrian durch Luftwirbel stabilisiert. Bei Strömen zwischen 0,8 und 800 A bleibt die Summe von Kathoden- und Anodenfall konstant. Bei etwa 500 A wird ein Minimum der Feldstärke von etwa 3 V/cm gefunden. Die Stromdichte steigt mit dem Bogenstrom an.

E. Lübcke, Berlin, Über Temperaturmessungen in Quecksilberdampf-Entladungen. Die Maxwellsche Verteilung der Elektronengeschwindigkeiten wird für große Sonden bestätigt. Die Elektronentemperatur ist unabhängig von der Stromstärke, abhängig vom Dampfdruck und liegt zwischen 7000 und 45 000° K. Die Gastemperaturen sind mit Thermoelementen bestimmt, die

---

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1815.

gleichzeitig als Langmuir-Sonden dienten. Die Gastemperaturen liegen zwischen 50 und 450 ° C. Beide Temperaturen steigen von der Kathode zur Anode. Der Kathodenfall ist vom Dampfdruck abhängig, der Anodenfall nicht. Pyrometrische Messungen erlauben hier keinen Schluß auf eine Temperatur.

Eine Reihe von Vorträgen behandelte Fragen der Akustik:

F. Eisner, Berlin, Über die Anwendung der Fletscherschen Silbenverständlichkeits-Methode in der drahtlosen Telephonie. Bei stark gestörten Betrieben sind Prüfungen der Leistungsfähigkeit nach der bereits für gewöhnliche Telephonie ausgearbeiteten Methode der Aufnahme unzusammenhängender Silben von Wert. Die Messungen wurden mit der Siemensschen Silbentafel im Flugzeug bzw. bei durch Lautsprecher nachgeahmtem Flugzeuggeräusch durchgeführt.

H. Neumann, Berlin, Zur Frage des Wirkungsgrades elektrodynamischer Lautsprecher. Der Wirkungsgrad läßt sich durch Vergrößerung der Fläche, Verkleinerung der Masse, Wahl des Leitermaterials und durch Steigerung der magnetischen Energie im Leitervolumen vergrößern. Der letztgenannte Weg liefert bei Benutzung flacher Magnetisierungspulen und Verwendung einer 10 %-Fe-Co-Legierung eine Steigerung der Feldstärke auf etwa 20000 Gauß und bei sonst gleichen Verhältnissen eine Vergrößerung des Wirkungsgrades um das 5fache.

C. A. Hartmann, Berlin, Schalldruckmessungen an Mikrophonen, Telephonen und im freien Schallfelde. Zur Messung von Schalldrucken wird ein elektrostatisches Kompensationsverfahren auf das Hochfrequenz-Kondensatormikrophon angewandt. Die elektrischen Einrichtungen für die Erzeugung der Amplitude und Phase der Kompensationsspannung werden beschrieben. Als Beispiel der Methode wird die Übertragungsgüte von Mikrophonen verschiedener Bauart, Telephonen und Lautsprechern angegeben.

F. Trendelenburg, Berlin, Beitrag zur Frage der Richtwirkung der Stimme. Die Richtwirkung ist für die tiefen Vokale wie „u" gering, bei höheren Frequenzen („i"-Formant, Zischlaute) sehr beträchtlich und kann die Sprachverständlichkeit nennenswert beeinflussen. Bei der Aufnahme von Sprache mittels Mikrophons kann nur in einem Winkel von 2 × 45 ° von der vorderen Medianebene des Sprechers aus gleichmäßige Verständlichkeit erwartet werden.

E. Gehrke, Berlin, Über die Vokale (nach gemeinsamen Versuchen mit V. Engelhardt). Es wird der Amplitudenanteil bei verschiedenen Frequenzen für die einzelnen Vokale bestimmt. Aus Beobachtungen von Vokalen, die auf Grammophonplatten aufgenommen sind und mit gewöhnlicher, der doppelten und der halben Frequenz ablaufen, wird geschlossen, daß zum Erfassen eines Vokals die absolute Tonhöhe und die relativen Tonverhältnisse maßgebend sind. Menschliche Vokale werden bei Frequenzhalbierung zu Blöktönen, während tierische Laute, z. B. Hirschrufe, bei Frequenzverdoppelung als vokalartige Klänge erscheinen sollen.

R. Stenzel, Berlin, Interferenzen durch Kolbenmembranen von besonderer Form. Zur Kennzeichnung der Eigenschaft einer Membran gehört auch ihre Richtcharakteristik. Vergrößert man die Schallstärke durch Benutzung mehrerer nebeneinander gestellter Membranen, dann kann die Richtwirkung sehr scharf werden. Man vermeidet dieses durch Neigen der einzelnen Membranebenen. Bei einem schwingenden Konus tritt bei höheren Frequenzen Interferenz auf, welche deren Energie beträchtlich herabsetzt. Berechnet man die Strahlung eines Körpers, der aus drei Viertelkreisflächen zusammengesetzt ist (Annäherung der Konusform), so ergibt sich ein Minimum bei etwa 2500 Hz und ein Maximum bei 3000 Hz in Übereinstimmung mit Messungen am Rice-Kellog-Lautsprecher.

M. Grützmacher, Berlin, Über Klang- und Geräuschanalyse. Die Aufnahme des Schallspektrums von Geräuschen läßt sich mit dem früher beschriebenen Gerät nicht durchführen. Die quadratischen Glieder lassen sich durch eine Gegentakt-Gleichrichterschaltung vermeiden. Als Beispiele wurden die Spektren von Zischlauten, Staubsaugern und Bunsenbrennern gezeigt. Eine neu entwickelte Analysiermethode, die ebenfalls mit Suchfrequenz arbeitet, benutzt ein Einfadenelektrometer, an dessen Schneiden die Suchspannung und an dessen Faden die zu analysierende Klangspannung angelegt wird. Die Analyse eines Wechselstromgemisches wurde vorgeführt.

In das Gebiet des Magnetismus gehören folgende Vorträge:

W. Doebke, Berlin, Ferromagnetische Mischkörper. Die wirksame Permeabilität magnetischer Mischkörper, bei denen ein Material körnchenweise in ein zweites eingebettet ist, muß zwischen zwei Grenzen liegen, die sich unter Benutzung der wirksamen Leitfähigkeit durch die Parallel- und Hintereinanderschaltung beider Stoffe errechnen lassen. Der richtige Wert ergibt sich durch Einfügen einer Lagerungskonstanten, welche die Orientierung der einzelnen Teilchen angibt. Die experimentell bestimmte wirksame Permeabilität von Massekernen stimmt mit der berechneten gut überein.

H. Jordan, Berlin, Zum Gültigkeitsbereich der Rayleigh-Jordanschen Beziehungen. Bei ferromagnetischen Stoffen steigen die Permeabilität und der Winkel zwischen Induktion und Feld, der Verlustwinkel, linear mit der Amplitude an. Nach Rayleigh enthält die Gleichung für die Hysteresisschleife außer der Anfangspermeabilität noch eine Hysteresiskonstante. Der Vortragende führt eine neue Konstante ein, welche von der Amplitude abhängig ist, so daß die durch sie gegebene Richtung nicht mehr für alle Schleifen gleich der Anfangspermeabilität ist. Ein abweichendes Verhalten wird an einem Material gezeigt, bei dem Permeabilität und Verluste für verschiedene Amplituden noch von der Reihenfolge der Beanspruchung abhängen, also selbst Hysterese besitzen.

R. Goldschmidt, Berlin, Zur Überlagerung starker und schwacher Felder in magnetischen Materialien. Für schwache Wechselfelder sind die Anfangspermeabilität und die Jordanschen Verlustkonstanten maßgebend. Bei Überlagerung starker Gleichfelder ist nach Gans die reversible Permeabilität von der Induktion eindeutig abhängig. Es ergeben sich jedoch bei Wechselstrommessungen erhebliche Abweichungen von der Eindeutigkeit der Beziehung. In Abhängigkeit von der Feldstärke ist die Wirbelstromverlust-Konstante von der Permeabilität abhängig, die Hysteresekonstante ansteigend und die Nachwirkungskonstante gleichbleibend. An zwei überlagerten Wechselfeldern werden die Bedingungen für die Verkleinerung des Flattereffektes studiert.

Aus der großen Zahl der Vorträge über Optik seien hervorgehoben:

F. Skaupy, Berlin, Versuche zur Herstellung monochromatischen Lichtes. Das durch ein Prisma zerlegte Licht wird durch ein System von parallelen Kanälen geschickt, welche mit ihren geschwärzten Wänden die unerwünschten Frequenzen absorbieren.

P. Selényi, Budapest, Über rotempfindliche Natrium-Photokathoden. Die Na-Schicht wird elektrolytisch in die Photozelle eingeführt und durch ebenfalls elektrolytisch eingeführten Sauerstoff sensibilisiert. Man erhält eine etwa 3...5mal größere Empfindlichkeit als bisher, u. zw. für den sichtbaren Spektralbereich.

F. Krüger, Greifswald, Periodische Intensitätsschwankungen der Strahlung von gasgefüllten Glühlampen. Sie haben eine Periode von etwa 1 s und eine Amplitude von 1 ‰ und werden durch Wirbel von Konvektionsströmen der Gasfüllung gedeutet.

R. Suhrmann, Breslau, Beziehungen zwischen dem normalen lichtelektrischen Effekt und elektrischen Oberflächeneigenschaften verschiedener Metalle. Der Photoeffekt ist von einer gewissen Oberflächenbedeckung des Metalls mit Wasserstoff abhängig.

F. Hehlgans, Berlin, Über die Abhängigkeit einiger elektrooptischer Konstanten von Nitrobenzol und Nitrotoluol vom Reinheitsgrade. Die sehr sorgfältig gereinigten Stoffe zeigen einen wesentlich höheren Kerreffekt als bisher bekannt war und zeichnen sich durch hohe Isolation aus.

Eine Besonderheit der Tagung war die Vortragsfolge über Biophysik.

R. Fürth, Prag, Physik der Zelle. Die elektrische Struktur der Zelle wird direkt durch zwei Sonden bestimmt, die auf Elektrometer oder Röhrenvoltmeter wirken. Die Sonden sind Leiter zweiter Klasse und bestehen aus Kapillaren von 0,01 mm Dmr. mit Aga-Aga und NaCl. Eine indirekte Methode besteht in dem Einführen elektrisch geladener Probekörperchen, z. B. Farbstoffe.

J. Gicklhorn, Prag, Physik der Zelle. Im Gegensatz zur Körperphysiologie tritt die der Zelle mehr in den Vordergrund, wobei die physikalischen Methoden mit Vorsicht auf die Biologie zu übertragen sind. Heute überwiegt noch die Biochemie. Als Beispiel wurde die Wasseraufnahme der Pflanze sehr instrukt.v behandelt.



Außer den genannten Gebieten wurden noch die der Wärme, der theoretischen Physik, der Stoffphysik, Mechanik und Atomphysik behandelt.

Im übrigen bot die schöne, alte Stadt Prag viel Anregendes und Sehenswertes. Ein Teil der Teilnehmer folgte noch einer Einladung der Stadt Karlsbad zur Besichtigung der Badeanlagen und ein anderer kleinerer einer Einladung der Mathematischen und Physikalischen Gesellschaft zu Budapest und des Ungarischen Elektrotechnischen Vereins zur Besichtigung von Budapest und mehrerer Fabriken für Glühlampen und Radioröhren.

E. Lübcke.

Elektroisolierende Feuerlöschmittel.

Von Ing. **J. Brandl,** Fachlehrer und Feuerreferent, Mitarbeiter des sozialen Landesmuseums, München.

Übersicht. Es wird versucht, die chemischen und physikalischen Eigenschaften der praktisch angewandten elektroisolierenden Feuerlöschmittel einander gegenüberzustellen.

Die Rationalisierung erfordert, auch jeglicher Wertvernichtung vorzubeugen. Daher müssen elektrotechnische Betriebe Vorkehrungen für erste Feuerhilfe[1] treffen.

Zunächst verlangen die „Leitsätze zur Bekämpfung von Bränden in elektrischen Anlagen und deren Nähe", daß nicht nur das Löschmittel, sondern auch dessen Förderstoff praktisch Nichtleiter sind. Wird die Triebkohlensäure bei Gasdruckspritzen von chemischen Reaktionspatronen erzeugt, so darf sich in keiner Gerätestellung die mineralische Säure mit dem Löschstoff mischen. Sie würde denselben sofort zum Leiter machen. Die Löschgeräte und -stoffe können nach Abb. 1 geprüft werden. Allgemein wird eine Spannung von 150 kV in weniger als 2 m Abstand gefährlich. Die Höhe der Überschlagspannung beeinflussen u. a. der Barometerstand und die Luftfeuchtigkeit. Die Leitfähigkeit eines Löschstrahles wächst bei gleichem Stoff mit Kürze und Dichte des Strahles. Letztere kann mechanisch und physikalisch geändert werden. Beispielsweise läßt sich das Strahlgefüge durch Anreichern mit CO_2-Gas lichten. Ein mit letzterem und Natriumsulfat gesättigter Wasserstrahl eines Handfeuerlöschers zeigte bei 1 m Strahllänge und 125 kV Spannung einen Stromübergang von weniger als 0,1 mA[*2]. Der Querschnitt des Löschstrahles ist vom Löschstoff abhängig (Abb. 2). Er ist bei Methylbromid am kleinsten und bei CO_2-Schnee am größten. Die Wurfweite wächst mit der Viskosität und der Austrittsgeschwindigkeit des Mediums (Abb. 2a).

Wir unterscheiden die Feuerlöschmittel nach dem Aggregatzustand, den sie beim Verlassen des Löschgerätes zeigen (vgl. die Zahlentafel 1). Dagegen bestimmt der Lagerzustand die Bewegungsform. Die Löschwirkung eines Stoffes beruht neben der Verdampfungswärme auf der sich entwickelnden sauerstoffabwehrenden Gasmenge; deren Gewicht gegenüber Luft ist ebenfalls von Einfluß.

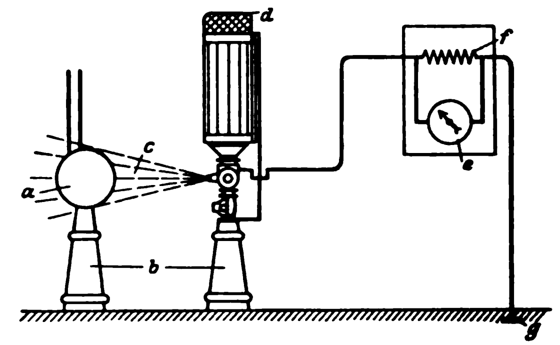
Sämtliche gebräuchlichen dielektrischen Löschmittel sind praktisch frostsicher. Mit Ausnahme der Pulver verflüchtigen sich alle, ohne Rückstände zu hinterlassen. Das Entfernen des Pulvers aus Generatorwicklungen ist zeitraubend.

Zahlentafel 1. Löschstoffe.

Nr.	Handelsübliche Bezeichnung	Chemische Formel	Aus dem Gerät strömend: Aggregatzustand während der Lagerung	Aggregatzustand während des Austrittes	1 l bei 20°: kostet ungefähr RM	1 l bei 20°: spez. Gew.	auf 300° erwärmt: benötigt Wärme kcal	auf 300° erwärmt: entwickelt Dämpfe, l	Bei normalem Druck: Gefrieren °C	Bei normalem Druck: Sieden oder starke Gasentwicklung °C	Gewicht der Dämpfe bez. auf Luft = 1	Rückstände nach dem Verdampfen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Methylbromid	CH_3Br	flüssig	vergasend	über 3	1,8	280	700	—22	+ 4,5	3	—
2	Tetrachlorkohlenstoff (Tetra)	CCl_4	„	flüssig	2	1,6	200	450**	—24	+ 76,5	5	—
3	Kohlensäure	CO_2	„	vergasend	0,75	0,83	200	960	—79	— 78,2	1,5	—
4	CO_2-Schnee	„	„	fest	0,45*	0,59	wie oben unter Berücksichtigung der austreibenden CO_2				1,5	—
5	Natriumbikarbonat	$2\,NaHCO_3$	pulvrig	pulvrig	1	2,2	450	1200	—	≈ + 100	1	Soda

* Von der Konsistenz abhängig. ** Vgl. Abb. 3.

Nun fällt unter den flüssigen Löschisolatoren Methylbromid durch seinen niedrigen Siedepunkt auf. Dasselbe



a Kugel unter Spannung von 900 000 V gegen Erde
b Isolatoren
c Löschstrahl (Tetra)
d Handgasdruckspritze (System Boyce)
e Statisches Voltmeter
f Induktionsfreier Widerstand (5000 Ω, den menschlichen Körper ersetzend)
g Erdungsplatte

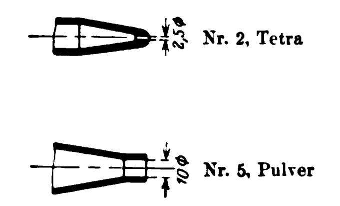
Abb. 1. Prüfen des Löschmittels auf Isolierfähigkeit (Versuchsanordnung des SEV).

wird aus Bromwasserstoff und Methylalkohol durch Abscheiden von Wasser gewonnen. Es ist farblos, hat ätherischen Geruch, greift keine Materialien an, ist giftrein und praktisch indifferent. Beim Erwärmen entwickeln sich CO_2, H_2O und Bromwasserstoff im Verhältnis von 2,5 : 1 : 4,6. Letzterer wirkt wie alle Bromverbindungen organisch reizend. Die Förderung aus den Geräten erfolgt meist durch Stickstoff. Der spezifische Widerstand beträgt $3 \cdot 10^4$ MΩ[*3].

Mehr verbreitet als Methylbromid ist Tetrachlorkohlenstoff[4]. Dieser wurde 1839 entdeckt; er wird nach

[1] Vgl. ETZ 1924, S. 806; 1925, S. 1508; 1927, S. 824. — Blunk, Feuerschutz 1923, S. 100.
[*2] Nach Versuchen der T. H. München vom 9. II. 1926.
[*3] Versuche des elektrischen Prüfamtes Hamburg vom 25. VI. 1925.
[4] Vgl. ETZ 1923, S. 109, 466.

dem Kolbeschen Verfahren (1843, verbessert von A. W. Hofmann 1860) aus Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel hergestellt. Seit 1900 findet Tetra im Feuerlöschwesen Verwendung. Er ist eine einheitliche chemische, farblose Substanz von chloroformähnlichem Geruch. Der Geschmack ist scharf, die Reaktion neutral und die Wirkung narkotisch. Der Ausdehnungskoeffizient bei 20 ° beträgt 0,001 236. Von Tetra werden Kupfer, Eisen und Gummi angegriffen, dagegen Zinn, Blei, Nickel und Zink nicht, daher ist das Gerät vor Neufüllung auf Korrosion zu untersuchen. Der Versand erfolgt in Fässern oder Korbflaschen. Für Reinigungszwecke ist Tetra unter dem Namen Benzinoform im Handel. Bei Benetzen von Karbid tritt keine Gasentwicklung auf. Die sich durch Erwärmen bildenden Dämpfe können durch Reaktion Salzsäure, Chlor, CO_2 und unter Umständen auch Phosgen entwickeln. Daher wirken diese Gase bereits bei einer Konzentration von 0,16 g/m³ organisch reizend (Abb. 3). Tetra darf somit nicht in größeren Mengen in schlecht lüftbaren Räumen angewandt werden. Um einem Verflüchtigen vorzubeugen, müssen die Strahlrohre der Geräte gasdicht schließbar sein (nach Versuchen des Tetra-Ausschusses des RDF.[5]). Das Austreiben aus den Handgasdruckspritzen erfolgt meist durch Preßluft oder Kohlensäure. Man rechnet mit 20 g/l Gas. Tetrachlorkohlenstoff ergibt, auf 1 cm³ bezogen, eine Leitfähigkeit von weniger als $3 \cdot 10^{13}$, der spez. Widerstand beträgt $3{,}3 \cdot 10^4$ *MΩ*. Dieses Ergebnis bietet selbst bei 100 kV*[6] Spannung und 1 m Abstand absolut sicheren Schutz.



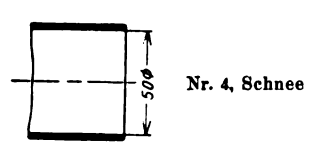


Abb. 2. Strahlrohrmundstücke annähernd gleichgroßer Handfeuerlöscher.

Unter den gasförmigen Löschisolatoren nimmt Kohlensäure unbestritten den ersten Rang ein. Jedoch läßt sich ihre Verwendung als Gas oder Schnee nicht scharf trennen. CO_2 kann aus natürlichen Quellen oder Abgasen gewonnen werden. So geben Rauchgase die CO_2 an 10prozentige Sodalösung ab. Sodann wird das Bikarbonat durch Wasserdampf von 115 ° zerlegt. Gleichzeitig saugt man die gasförmige CO_2 mit einem Kompressor ab und verdichtet sie auf 60 atü. Hierauf erfolgt die Verflüssigung in einem Kondensator. Um das Gas geruchsinnlich wahrnehmbar zu machen, setzt man ätherische Öle, wie Wintergrün usw., zu. Die gesetzlichen Vorschriften fordern auf 1 kg CO_2 1,34 l Flascheninhalt. 10 % CO_2 in der Luft können zu akuten Vergiftungen führen. Verflüssigte CO_2 liefert nach dem Thompson-Jouleschen Effekt praktisch 30 ... 45 % Schnee. Der Rest verpufft als treibendes Gas. Die Schneeausbeute nimmt mit wachsender Außentemperatur und Wurfweite ab. CO_2 hat eine etwas höhere Dielektrizitätskonstante als Luft. Bei 1 m Entfernung beträgt die Überschlagspannung rd. 160 kV; sie wächst bei schneeüberzogenem Pol bis 180 kV*[7].

Während CO_2-Schnee ähnliche physikalische Eigenschaften wie Wasserschnee besitzt, wird Natriumbikarbonat als Pulver verwendet. Dasselbe ist ein Zwischenprodukt der Sodafabrikation nach dem Ammoniaksodaverfahren. Das weiße Pulver wird durch Zusatz einiger Volumenprozente Ocker, Ziegelmehl oder Infusorienerde vor Wasseraufnehmen und damit Backen geschützt. Beim Erwärmen werden H_2O und CO_2 zu gleichen Teilen frei. Das Pulver haftet schlecht an vertikalen Objektflächen. Dagegen saugt es Ölsümpfe auf. Im angefeuchteten Zustand ist das Pulver knetbar und zum Teil in Wasser löslich. Das Löschpulver wird meist mit Kohlensäure auf den Brandherd geblasen. Auf 1 kg Pulver werden 0,08 kg flüssige CO_2 benötigt. Dadurch wird die Löschwirkung des ersteren theoretisch um rd. 40 % erhöht. Ein pulverfördernder Gasstrom von Kegelstumpfform ergab bei einer Achslänge von rd. 200 cm und einem Spitzenwinkel von rd. 15 ° gegen eine unter 50 kV Gleichspannung stehende Platte einen Stromübergang von 0,01 mA. Das Pulver besitzt geschichtet einen spez. Widerstand von $2{,}7 \cdot 10^3$ *MΩ*. Der pulverführende CO_2-Gasstrom dagegen weist einen spez. Widerstand von $2{,}25 \cdot 10^3$ *MΩ* auf. Somit ist die Pulverdichte von großem Einfluß. Im elektrischen Lichtbogen bildet das Natriumbikarbonat eine leitende Schmelze, welche erstarrt wiederum zum Isolator wird[7].

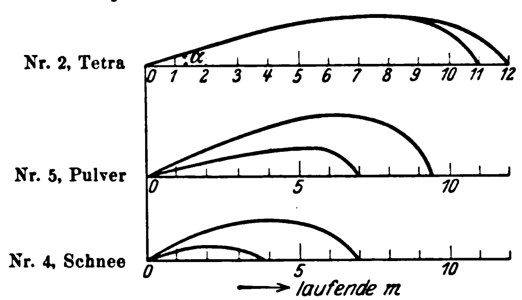


Abb. 2a. Wurfweiten annähernd gleichgroßer Handfeuerlöscher (vgl. Abb. 2).

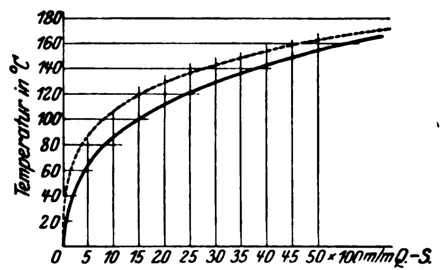


Abb. 3. Spannung von Wasserdampf (-------) und Tetra (———) nach Versuchen der I. G. Farbenindustrie.

Während die Beschaffung der chemischen Löschmittel u. a. eine Preisfrage ist, kann Sand im Kleingewerbe beste Dienste leisten. Dabei ist vor allem die Wasseraufnahme zu verhindern. Dies wird erreicht durch ausschließliches Verwenden eines ungefähr reiskörnigen, quarzreichen Materials, das man in staub- und spritzwasserdichten Behältern lagert. Sand hat unter obigen Löschstoffen die höchste Wärmebeständigkeit. Er bildet über dem Brandherd einen gasdurchlässigen Flammenfilter, ähnlich dem engmaschigen Drahtgitter einer Davyschen Sicherheitslampe.

[5] Feuerschutz 1923, Nr. 2. Chem. Zg. 1925, Nr. 88 u. 133. Chem. Zentralbl. 1924 I, S. 1412. Z. angew. Chemie 1921, S. 314.

*[6] Nach Versuchen des EV vom 19. III. 26.

*[7] Nach Versuchen von BBC. Anz. Maschinenw. 1929, Nr. 89.

[7] Nach Versuchen der PTR. vom 16. X. 1913.

Die Stromwendungschwankungen der Spannung von Gleichstromerzeugern.

II. Teil*

(Wicklungen mit mehr als 2 Spulenseiten in 1 Nut).

Von Ing. Dr. techn. **Heinrich Sequenz,** Wien.

(Schluß von S. 1778.)

B. Bürstenbreite größer als eine halbe Stegteilung
$$\left(b > \frac{\tau_K}{2}\right).$$

Für ein geradzahliges $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2}-1\right)$ ergibt sich der Höchstwert der Spannung zu

$$E_{\max} = \overline{NO} \text{ (Abb. 7, S. 1777, u. 8a)} = 2\,R\cos^2\frac{\pi a}{2\,N}$$

und der Mindestwert als Mittelwert der Projektionen der Sehnen $\overline{JL}$ und $\overline{KM}$ (Abb. 7) auf die Bürstenverbindungslinie $\overline{B'B'}$ oder $\overline{B''B''}$:

$$E_{\min} = \frac{1}{2}\left[\overline{JL} + \overline{KM}\right] \cos\frac{a\pi}{K\tau_K}\left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right).$$

Aus der Abb. 7 ersieht man, daß man für $\overline{JL}$ die Sehne $\overline{DB}$ und für $\overline{KM}$ die Sehne $\overline{CE}$ setzen kann.

* I. Teil: ETZ 1929, S. 1221.

$$E_{\min} = 2\,R\cos\frac{a\,\pi}{2\,N}\left[\cos^2\frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2\frac{a\,\pi}{2\,N}\right] \times \cos\frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right).$$

Die Ungleichförmigkeit der Spannung ergibt sich also zu

$$\varepsilon\,\% = \pm\frac{\cos\frac{a\,\pi}{2\,N} - \left[\cos^2\frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2\frac{a\,\pi}{2\,N}\right]\cos\frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right)}{\cos\frac{a\,\pi}{2\,N} + \left[\cos^2\frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2\frac{a\,\pi}{2\,N}\right]\cos\frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right)}\cdot 100\,\%.$$

Bei einem ungeradzahligen $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2} - 1\right)$ wird wie bei dem geradzahligen Wert die Spannung am größten, wenn die Bürsten so stehen, daß ihre Verbindungslinie die Symmetrielinie des Spannungsvielecks durch breit als eine halbe Stegteilung ist, so kann für diese Vielecksehne $\overline{NM}$ also gesetzt werden:

$$\overline{NM} = \overline{CD} = \overline{AH} - 2\,\frac{\overline{AH} - \overline{FG}}{2}\cdot\frac{2}{s_n}\,\frac{\frac{s_n}{2}+1}{4}$$

$$= 2\,R\cos\frac{a\,\pi}{2\,N}\left[\cos^2\frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2\frac{a\,\pi}{2\,N}\right].$$

Mithin werden die Mittelwerte

$$\frac{\overline{LM} + \overline{NO}}{2} = \frac{\overline{NQ} + \overline{PM}}{2}$$

$$= 2\,R\cos\frac{a\,\pi}{2\,N}\left[\cos^2\frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2\frac{a\,\pi}{2\,N}\right]\cdot\frac{1}{\cos\frac{a\,\pi}{K}}.$$

Da nun, wie schon gesagt wurde, die beiden kleinsten Spannungen, die in einer Periode der Stromwendungs-

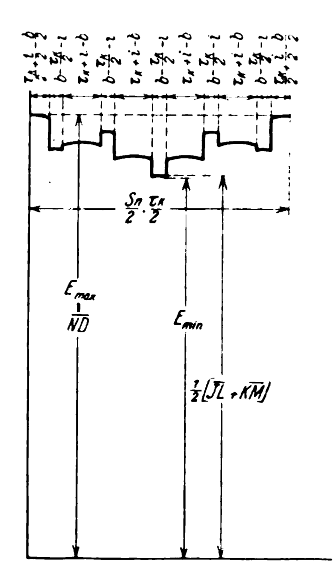


Abb. 8a. Spannungsschwankungen für $\frac{N}{a}$ ungerade, $\frac{s_n}{2}$ ungerade, $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2} - 1\right)$ gerade und $b > \frac{\tau_K}{2}$.

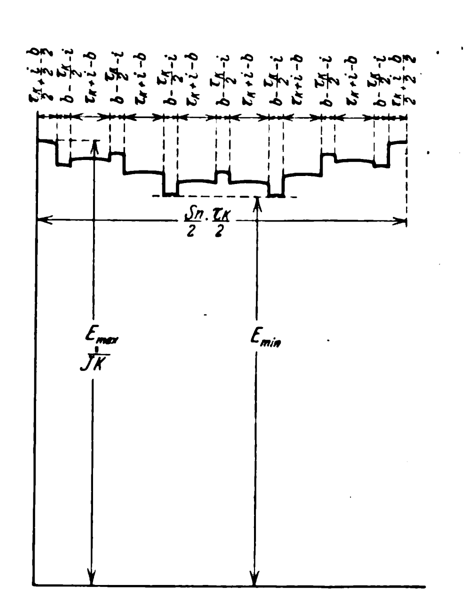


Abb. 10a. Spannungsschwankungen für $\frac{N}{a}$ ungerade, $\frac{s_n}{2}$ ungerade, $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2} - 1\right)$ ungerade und $b > \frac{\tau_K}{2}$.

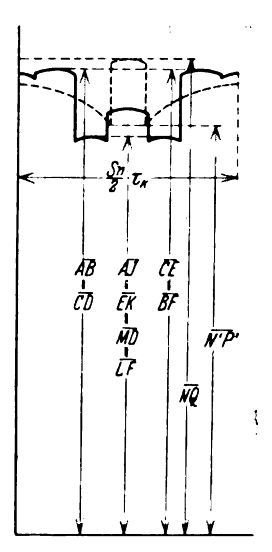


Abb. 12. Vergleich der Spannungsschwankungen der Wicklung mit denen der Ersatzwicklung.

einen Eckpunkt ist. Diese größte Spannung wird dann z. B. durch die Strecke $\overline{JK}$ in Abb. 9 dargestellt.

$$E_{\max} = \overline{JK} = 2\,R\cos^2\frac{\pi\,a}{2\,N}.$$

Betrachtet man die Abb. 9 und 10 a, so erkennt man, daß die kleinste Spannung, die durch diese Wicklung mit ungeradzahligem $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2} - 1\right)$ erzeugt wird, dargestellt erscheint durch die Projektion des Mittelwertes der beiden Vielecksehnen $\overline{LM}$ und $\overline{NO}$ auf die Bürstenverbindungslinie $B'B'$ oder durch die Projektion des Mittelwertes der Vielecksehnen $\overline{NQ}$ und $\overline{PM}$ auf die Bürstenverbindungslinie $B''B''$. Mit großer Annäherung wird man aber diese Mittelwerte anschreiben können:

$$\frac{\overline{LM} + \overline{NO}}{2} = \frac{\overline{NQ} + \overline{PM}}{2} = \overline{NM}\cdot\frac{1}{\cos\frac{\pi\,a}{K}}.$$

Da nun aber die Vielecksehne $\overline{NM}$ in Abb. 9 offenbar dieselbe ist wie die Vielecksehne $\overline{CD}$ in der gleichen Abbildung, deren Projektion auf die unter dem Winkel $\frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(\frac{\tau_K}{2} + i - b\right)$ gegen sie geneigte Bürstenverbindungslinie der Spannungskleinstwert bei einem ungeradzahligen $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2} - 1\right)$ und bei einer Bürste war, die weniger schwankungen auftreten, die Projektionen dieser soeben errechneten Mittelwerte auf die Bürstenverbindungslinien $B'B'$ bzw. $B''B''$ sind, da weiter, wie aus Abb. 9 u. 10 a zu ersehen ist, diese Bürstenverbindungslinien gegen die entsprechenden Mittelwerte um den Winkel $\frac{a\,\pi}{K\,\tau_K} \times \left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right)$ verschoben sind, so können die Spannungskleinstwerte wie folgt ausgedrückt werden:

$$E_{\min} = \frac{\overline{LM} + \overline{NO}}{2}\cos\frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right)$$

$$= \frac{\overline{NQ} + \overline{PM}}{2}\cos\frac{a\,\pi}{K\,\tau_K}\left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right)$$

$$= 2\,R\cos\frac{a\,\pi}{2\,N}\left[\cos^2\frac{a\,\pi}{2\,N} - \frac{2}{s_n}\sin^2\frac{a\,\pi}{2\,N}\right] \times \frac{1}{\cos\frac{a\,\pi}{K}}\cos\frac{a\,\pi}{K}\left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right).$$

Die Schwankungen der Spannung zwischen Höchst- und Kleinstwert, ausgedrückt in Hundertteilen vom Mittelwert, werden daher bei einem ungeradzahligen $\frac{1}{2}\left(\frac{s_n}{2} - 1\right)$ und einer Bürstenbreite, die größer als eine halbe Stegteilung ist,

$$\varepsilon\,\% = \pm \frac{\cos\frac{a\pi}{2N}\cos\frac{a\pi}{K} - \left[\cos^2\frac{a\pi}{2N} - \frac{2}{s_n}\sin^2\frac{a\pi}{2N}\right]\cos\frac{a\pi}{K\tau_K}\left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right)}{\cos\frac{a\pi}{2N}\cos\frac{a\pi}{K} + \left[\cos^2\frac{a\pi}{2N} - \frac{2}{s_n}\sin^2\frac{a\pi}{2N}\right]\cos\frac{a\pi}{K\pi_K}\left(b - \frac{\tau_K}{2} - i\right)} \cdot 100\,\%.$$

Aus den Abb. 6, 8, 8a, 10 und 10a ist zu ersehen, daß die Frequenz der Stromwendungschwankungen der Spannung bei einer Wicklung, die in einem Paar von Ankerstromzweigen eine ungerade Anzahl von Nuten enthält, gleich

$$f = \frac{4\,v_K}{s_n\,\tau_K} = 2\,N\,\frac{n}{60}\ \text{[Hz] ist.}$$

III. Bürstenbreite größer als eine Stegteilung

$$\left(b = m\,\tau_K + \frac{1}{n}\,\tau_K\right).$$

Hier bedeuten wieder b die Bürstenbreite, τ_k die Stegteilung, m eine ganze Zahl und n eine beliebige ganze oder gebrochene Zahl.

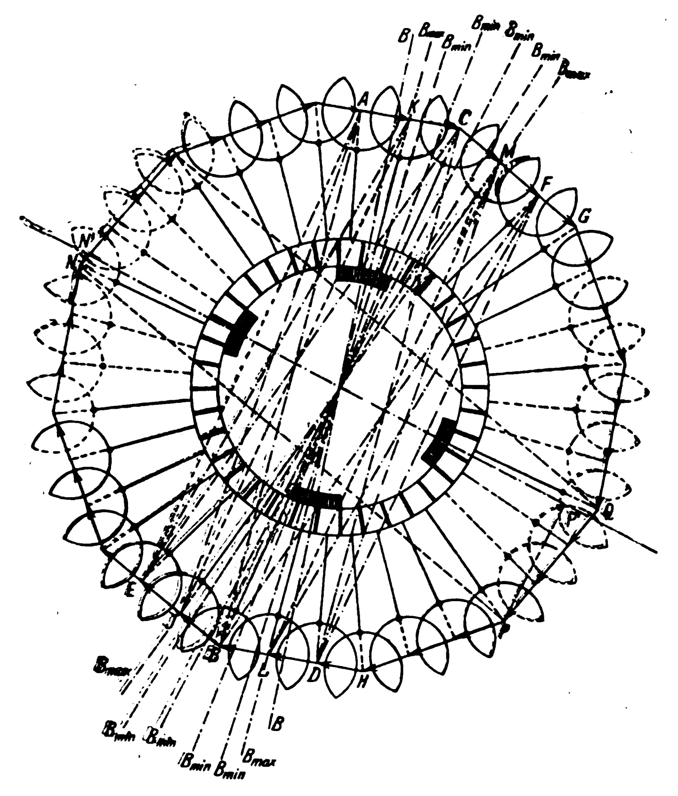


Abb. 11. Spannungsvieleck und reduziertes Schema für Bürstenbreiten größer als eine Stegteilung.

Die Formeln, die wir in diesem Falle erhalten würden, wären erstens recht umständlich auszurechnen; zweitens würde die Lösung der Aufgabe in viele Teilgebiete zerfallen, so daß die Untersuchungen langwierig werden würden. Wir wollen aus diesen Gründen die genaue Durchrechnung aufgeben und zu einem Näherungsverfahren greifen. Dieses besteht in folgendem:

Gegeben sei eine Wicklung, bei der $\frac{K}{a}$ Spulen in $\frac{N}{a}$ Nuten in einem Paar von Ankerstromzweigen untergebracht sind. $\frac{s_n}{2} = \frac{K}{N}$ Spulen gleicher Weite liegen in einer Nut nebeneinander, so daß $\frac{s_n}{2}$ Spannungstrahlen im Spannungsvieleck in die gleiche Richtung zu liegen kommen. Das „reduzierte Schema", das wieder in Verbindung mit dem Spannungsvieleck gezeichnet wird, weist a zusammenfallende Stromwender mit je $\frac{K}{a}$ Stegen auf. [In Abb. 11 ist das Spannungsvieleck und das „reduzierte Schema" einer solchen Wicklung dargestellt $\left(\frac{K}{a} = 36, \frac{N}{a} = 12, \frac{s_n}{2} = 3\right)$. Es wurde eine Bürste gewählt, die in der Breite 2½ Stegteilungen überdeckt.]

Wir ersetzen nun diese Wicklung durch eine solche, die die gleiche Nutenzahl in einem Paar von Ankerstromzweigen enthält, die aber statt der $\frac{s_n}{2}$ in der Nut nebeneinanderliegenden Spulen eine einzige Spule besitzt, so daß zwei solche Einzelspulen sich jetzt in einer Nut befinden. Die EMK einer dieser Einzelspulen soll der Summe der EMKe der $\frac{s_n}{2}$ nebeneinanderliegenden Spulen der ersetzten Wicklung gleich sein. Wir bekommen dann ein Spannungsvieleck, das sich mit dem früheren Spannungsvieleck deckt. Nur sind die $\frac{s_n}{2}$ in die gleiche Richtung fallenden Spannungstrahlen dieses früheren Spannungsvielecks durch einen einzigen Spannungstrahl ersetzt. Das Ersatz-Spannungsvieleck besitzt dann a sich deckende Stromwender mit $\frac{N}{a}$ Stegen. Die Teilung des Ersatzstromwenders beträgt daher $\frac{s_n}{2}$ Stegteilungen des ursprünglichen Stromwenders. Die Bürstenbreite bleibt die gleiche (Abb. 11).

In Abb. 12, die aus Abb. 11 abgeleitet wurde, sieht man, daß selbst für solch kleine Nutenzahlen in einem Ankerstromzweigpaar $\left(\frac{N}{a} = 12\right)$ die Spannungschwankungen der wirklich vorhandenen Wicklung sich von den Spannungschwankungen der Ersatzwicklung der Größe nach nicht viel unterscheiden. Eine Rechnung lehrt, daß für gebräuchliche Steg-, Spulen- und Nutenzahlen, Bürstenbreiten und Stegteilungen die Unterschiede zwischen tatsächlich auftretenden und Ersatzhöchst- und -kleinstwerten der Spannung in der Größenordnung von 1 ‰ liegen.

Wir haben in den Formeln, die im ersten Teil abgeleitet wurden und die für alle möglichen Stegzahlen, die hier gleich den Nutenzahlen sind, und alle möglichen Bürstenbreiten aufgestellt wurden, die Stegzahl K durch die Nutenzahl N und die Stegteilung τ_K durch den Wert $\frac{s_n}{2}\,\tau_K$ zu ersetzen.

Dann haben wir zu unterscheiden, ob die Bürstenbreite $b = \left(m + \frac{1}{n}\right)\tau_K$ kleiner oder größer ist als der Wert $\frac{s_n}{2}\,\tau_K$, der gleich der Stegteilung des Ersatzstromwenders ist.

Nehmen wir zuerst den Fall an, daß

a) $b = \left(m + \frac{1}{n}\right)\tau_K$ kleiner ist als $\frac{s_n}{2}\,\tau_K$,

dann können für ein

α) geradzahliges $\frac{N}{a}$

die Spannungschwankungen nach der Formel

$$\varepsilon\,\% = \pm \frac{1 - \cos\frac{a\pi}{N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_K}}{1 + \cos\frac{a\pi}{N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_K}} \cdot 100\,\%$$

berechnet werden, weil $\frac{a\pi}{N}\,\frac{b-i}{\frac{s_n}{2}\tau_K} = \frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_K}$ ist.

Für ein

β) ungeradzahliges $\frac{N}{a}$

und für den Fall, daß die Bürstenbreite $b = \left(m + \frac{1}{n}\right)\tau_K$ kleiner ist als $\frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$, wird die Ungleichförmigkeit der Spannung dargestellt durch

$$\varepsilon\,\% = \pm \frac{1 - \cos\frac{a\pi}{2N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_K}}{1 + \cos\frac{a\pi}{2N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{b-i}{\tau_K}} \cdot 100\,\%.$$

Ist aber die Bürstenbreite $b = \left(m + \frac{1}{n}\right)\tau_K$ größer als $\frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$, so wird die Ungleichförmigkeit der Spannung

$$\varepsilon\,\% = \pm\,\frac{\cos\frac{a\pi}{2N} - \cos\frac{a\pi}{N}\cos\left[\frac{a\pi}{K\tau_K}(b-i) - \frac{a\pi}{2N}\right]}{\cos\frac{a\pi}{2N} + \cos\frac{a\pi}{N}\cos\left[\frac{a\pi}{K\tau_K}(b-i) - \frac{a\pi}{2N}\right]}\cdot 100\,\%,$$

da ja $\frac{\tau_K}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\frac{a\pi}{K\tau_K} = \frac{a\pi}{2N}$ ist.

Wir betrachten nun den Fall, daß

b) die Bürstenbreite $b = \left(m + \frac{1}{n}\right)\tau_K$ größer ist als der Wert $\frac{s_n}{2}\,\tau_K$.

Hier müssen wir die Bürstenbreite $b = \left(m + \frac{1}{n}\right)\tau_K$ ausdrücken durch $\left(m' + \frac{1}{n'}\right)\frac{s_n}{2}\,\tau_K$. Damit wird

$$m' + \frac{1}{n'} = \frac{2\left(m + \frac{1}{n}\right)}{s_n}.$$

m' bedeutet hier wieder eine ganze Zahl und n' eine ganze oder gebrochene Zahl. In den im ersten Teile für Bürstenbreiten größer als eine ganze Stegteilung abgeleiteten Formeln sind nun zu ersetzen:

die Stegzahl K durch die Nutenzahl N,

die Stegteilung τ_K durch den Wert $\frac{s_n}{2}\,\tau_K$,

die ganze Zahl von Stegteilungen m, die eine Bürste überdeckt, durch m',

der Rest der Überdeckung $\frac{1}{n}$ durch $\frac{1}{n'}$.

Befinden sich jetzt in einem Paar von Ankerstromzweigen eine gerade Anzahl von Nuten, ist also

α) $\frac{N}{a}$ geradzahlig,

so kann man die Spannungschwankungen nach folgender Formel berechnen:

$$\varepsilon\,\% = \pm\,\frac{\cos\frac{m' a\pi}{N} - \cos\frac{(m'+1)\,a\pi}{N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{\tau_K s_n - 2n' i}{2n'}}{\cos\frac{m' a\pi}{N} + \cos\frac{(m'+1)\,a\pi}{N}\cos\frac{a\pi}{K}\,\frac{\tau_K s_n - 2n' i}{2n'}}\cdot 100\,\%.$$

Bei einem

β) ungeradzahligen $\frac{N}{a}$

haben wir wieder zwei Fälle zu unterscheiden:

1. $\frac{1}{n'}\,\tau_K < \frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$ und

2. $\frac{1}{n'}\,\tau_K > \frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$.

Im ersten Falle, in dem also $\frac{1}{n'}\,\tau_K$ kleiner als $\frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$ ist, sind die Spannungschwankungen

$$\varepsilon\,\% = \pm\,\frac{\cos\frac{m' a\pi}{N} - \cos\frac{a\pi}{N}\left(m' + \frac{1}{2}\right)\cos\frac{a\pi}{K\tau_K}\left(\frac{s_n\tau_K}{2n'} - i\right)}{\cos\frac{m' a\pi}{N} + \cos\frac{a\pi}{N}\left(m' + \frac{1}{2}\right)\cos\frac{a\pi}{K\tau_K}\left(\frac{s_n\tau_K}{2n'} - i\right)}\cdot 100\,\%.$$

Im zweiten Falle, in dem $\frac{1}{n'}\,\tau_K$ größer als $\frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$ ist, wird die Ungleichförmigkeit der Spannung

$$\varepsilon\,\% = \pm\,\frac{\cos\frac{a\pi}{N}\left(m' + \frac{1}{2}\right) - \cos\frac{a\pi}{N}(m'+1)\cos\frac{a\pi}{N}\left(\frac{1}{n'} - \frac{1}{2} - \frac{2i}{s_n\tau_K}\right)}{\cos\frac{a\pi}{N}\left(m' + \frac{1}{2}\right) + \cos\frac{a\pi}{N}(m'+1)\cos\frac{a\pi}{N}\left(\frac{1}{n'} - \frac{1}{2} - \frac{2i}{s_n\tau_K}\right)}\cdot 100\,\%.$$

Die Frequenz der Stromwendungschwankungen der Spannung bei einer Wicklung, die in einem Paar von Ankerstromzweigen eine gerade Anzahl von Nuten enthält, ist wie früher

$$f = \frac{2\,v_K}{s_n\,\tau_K} = N\,\frac{n}{60}\,[\mathrm{Hz}],$$

wenn v_K wieder die Geschwindigkeit am Umfange des Stromwenders darstellt. Die Frequenz der Spannungsschwankungen bei einer ungeraden Zahl von Nuten in einem Paar von Ankerstromzweigen ist

$$f = \frac{4\,v_K}{s_n\,\tau_K} = 2\,N\,\frac{n}{60}\,[\mathrm{Hz}].$$

c) Mittelwerte.

Bei Maschinen mittlerer Größe liegt das Verhältnis von Nutenzahl zu Polzahl mit Rücksicht auf geräuschlosen Gang und schmale Wendezonen gewöhnlich zwischen 12 und 16[*3]. Die Bürstenbreite bei solchen Maschinen beträgt zwischen 10 und 25 mm[*4], die Stromwenderteilung etwa 7,5 mm[*5] und die Breite der Isolationsstege 0,6 ... 0,8 mm. Mit Rücksicht auf die Breite des kommutierten Spulenbündels kann das Verhältnis von Stromwenderstegzahl zur Polzahl mit 24 ... 54 angenommen werden[6]. Mit diesen Werten kann man als mittlere Werte der Spulenseitenzahl in einer Nut bei Maschinen mittlerer Größe 4 ... 8 Spulenseiten ansehen. Die Zahl der Stromwenderteilungen, die von einer Bürste überdeckt werden, ist etwa 2 ... 3.

Bei Maschinen mittlerer Größe werden, wenn die soeben angeführten Verhältnisse berücksichtigt werden, die Spannungschwankungen bei einem geradzahligen $\frac{N}{a}$ und für den Fall, daß die Bürstenbreite kleiner ist als $\frac{s_n}{2}\,\tau_K$,

$$\varepsilon\,\% \approx \pm\,1/3\,\%.$$

Wird aber ein ungeradzahliges $\frac{N}{a}$ gewählt, so ist der Ungleichförmigkeitsgrad der Spannung für den Fall, daß die Bürstenbreite kleiner ist als $\frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$,

$$\varepsilon\,\% \approx \pm\,1/10\,\%;$$

ist dagegen die Bürste breiter als $\frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$, aber schmäler als $\frac{s_n}{2}\,\tau_K$, so betragen die Spannungschwankungen

$$\varepsilon\,\% \approx \pm\,1/6\,\%.$$

Bei Bürsten, die breiter sind, als der Wert $\frac{s_n}{2}\,\tau_K$ angibt, sind die Spannungschwankungen bei einem geradzahligen $\frac{N}{a}$ fast ± 1 % des Mittelwertes. Sollen diese Spannungschwankungen kleiner als ½ % sein, so müssen in einem Paar von Ankerstromzweigen mindestens 40 Nuten vorgesehen sein, wenn die vorausgesetzten mittleren Verhältnisse angenommen werden.

Mit einem ungeradzahligen $\frac{N}{a}$ werden die Spannungschwankungen ungefähr ⅓ % des Mittelwertes, wenn die Bürsten breiter sind als $\frac{s_n}{2}\,\tau_K$ und wenn $\frac{1}{n'}\,\tau_K$ kleiner ist als $\frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$. Ist aber $\frac{1}{n'}\,\tau_K$ größer als $\frac{1}{2}\,\frac{s_n}{2}\,\tau_K$, so nähert sich der Ungleichförmigkeitsgrad der Spannung dem Werte ¾ %. Sollen auch in diesem Falle die Spannungschwankungen kleiner als ½ % des Mittelwertes sein, so muß ein Paar von Ankerstromzweigen mindestens 39 Nuten enthalten.

[*3] R. Richter, Elektrische Maschinen Bd. 1, S. 552. Verlag Julius Springer, Berlin 1924.

[*4] Wie Fußnote 3; S. 565.

[*5] Wie Fußnote 3; S. 564.

[6] K. Pichelmayer, Dynamobau, S. 117. Verlag S. Hirzel, Leipzig 1908.

Die Frequenz der Stromwendungschwankungen der Spannung wird bei Maschinen mittlerer Größe und mittlerer Drehzahl

$$f = 620 \text{ Hz},$$

wenn ein Ankerstromzweigpaar eine g e r a d e Anzahl von Nuten enthält, und

$$f = 1240 \text{ Hz},$$

wenn eine u n g e r a d e Zahl von Nuten sich in einem Paar von Ankerstromzweigen befindet. Dabei ist eine Umfangsgeschwindigkeit am Stromwender von 14 m/s vorausgesetzt[7].

[7] Wie Fußnote 3; S. 563.

Verriegelungen als Schutz in Hochspannungs-Schaltanlagen.

Von Ing. **H. Rengert,** Berlin.

Übersicht. Der Verfasser beschreibt eine von ihm entwickelte neuartige Verriegelung, welche außer größter Einfachheit und Billigkeit den Vorteil hat, ohne irgendwelche Änderungen zur Sperrung von Hochspannungs-Trennschaltern, Ölschaltern, Niederspannungs-Ausschaltern und anderen Apparaten gleich gut verwendet werden zu können.

In den Vorschriften[1] für die Herstellung elektrischer Hochspannungsanlagen der Berliner Städtische Elektrizitätswerke AG. (BEWAG) heißt es unter Abschnitt F 2 b: „In Hochspannungs-Schaltzellen für den Anschluß von Transformatoren, durch die ein Hochspannungsrückstrom hervorgerufen werden kann, sind der Hochspannungs-

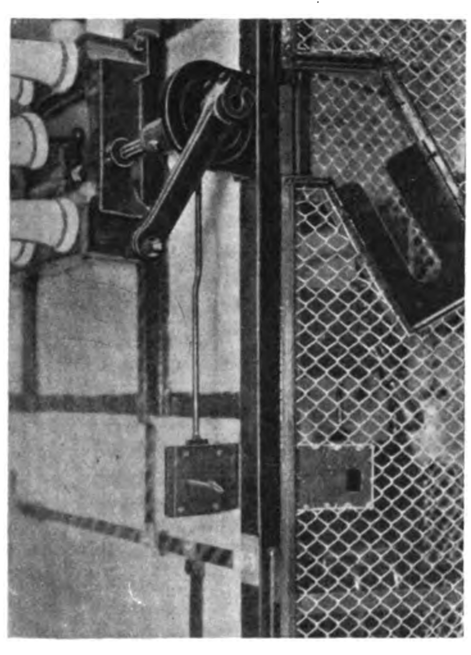


Abb. 1. Hochspannungs-Trennschalter, mittels Schloßverriegelung gesperrt.

Trennschalter, der in jedem Falle erforderliche Niederspannungs-Hauptschalter des Transformators und die Gitterabschlußtür der Schaltzelle mechanisch zwangläufig so zu kuppeln bzw. zu verriegeln, daß eine Öffnung des Hochspannungs-Trennschalters erst möglich ist, nachdem der dazugehörige Niederspannungs-Hauptschalter des Transformators geöffnet wurde. Erst dann darf die Gittertür geöffnet werden können. Der Niederspannungs-Hauptschalter muß außerhalb der Hochspannungs-Schaltzellen angeordnet sein. Die vorbezeichneten Schutzmaßnahmen müssen auch getroffen werden, wenn nur ein Transformator in der Anlage aufgestellt wird."

Ist es schon nicht leicht, diese Vorschriften unter normalen Verhältnissen zu erfüllen, so wird es fast zur Unmöglichkeit, wenn die einzelnen Hochspannungs-Schaltzellen räumlich getrennt liegen. Die Kosten für eine normale, bekannte Gestängeverriegelung oder Kupplung wachsen dann beinahe im Quadrat mit der zunehmenden Entfernung. Ist z. B. die Ölschalterzelle im Obergeschoß, die Transformatorenzelle im Erdgeschoß angeordnet, so ist meist ein Wust von Gestängen, Kegelrädern, Exzenterscheiben und Lagern erforderlich, um eine Kupplung oder Verriegelung von zwei Schaltern durchzuführen. Ganz abgesehen von den Kosten derartiger Vorrichtungen treten die verschiedensten Nachteile und Unzulänglichkeiten gleich oder doch sehr bald zutage. Ein derartiger Mechanismus mit vielen Rädern, Winkelhebeln und Gestängen erfordert Wartung, ist also nicht absolut zuverlässig. Die Kegelräder lockern sich im Laufe der Zeit auf den Wellen, greifen nicht mehr ineinander und machen Kupplung und Sperrung illusorisch. Der Bedienende kann sich nicht in jedem Falle erst genauestens über sicheres Funktionieren der Schaltorgane informieren, teils wegen Zeitmangels, teils wegen unübersichtlicher Anordnung und unsichtbaren Verlaufs der Gestänge. So kommt dann ein Unglück zustande, welches zu verhüten gerade Zweck der ganzen Sperrvorrichtungen ist.

Weiter besteht die Gefahr des Versagens des Verriegelungsmechanismus mittels Gestänge durch Einrosten, da

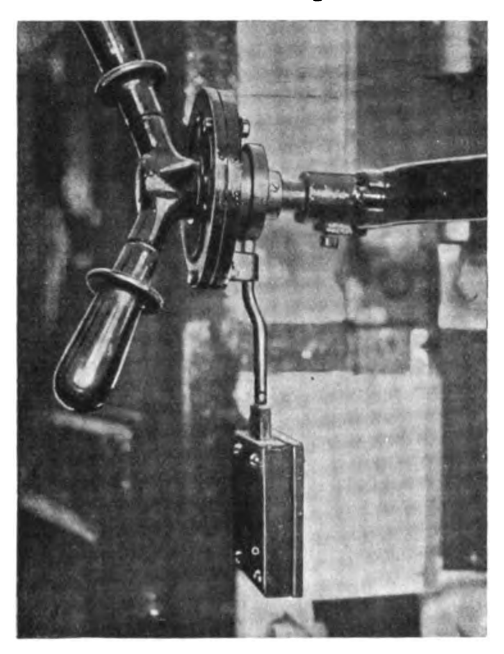


Abb. 2. Schloßverriegelung, an einem Niederspannungs-Ausschalter angeordnet.

Hochspannungsräume in der Regel zwar nicht direkt feucht, aber infolge der nötigen Luftventilation bestimmt auch niemals trocken sind. Dieser Vorgang wird weiter dadurch begünstigt, daß die Schaltvorgänge nicht übermäßig häufig ausgeführt werden und daß ein Ölen der gefährdeten Stellen entweder überhaupt vergessen wird oder aber infolge der damit verbundenen Lebensgefahr durch allzuleicht mögliches Berühren von Hochspannung führenden Teilen nicht durchführbar ist. Dann tragen auch letzten Endes die kreuz und quer durch eine Hochspannungszelle führenden Gestänge einer Kupplung oder Sperrung nach altem Muster nicht gerade zur Übersichtlichkeit der Leitungsführung und damit zum klaren Übersehen der gesamten Anlage bei.

Die Verriegelungsvorrichtung des Verfassers umgeht diese Mängel. Wie aus Abb. 1 u. 2 ersichtlich, besteht das Hauptelement der Neuerung aus einem gewöhnlichen Baskül-Kastenschloß, dessen Riegel in eine Rundstange verläuft. Diese Schubstange, deren Länge beliebig gewählt werden kann, greift in die Aussparung eines Flansches, welcher auf die Welle des zu verriegelnden Schalters aufgesetzt ist. An zwei oder mehr Stellen, entsprechend der Länge des Gestänges, werden einfache Lagervorrichtungen angeordnet. Überhaupt kann der ganze Apparat so schwach wie nur denkbar bemessen sein, da keine Kräfte zu übertragen sind. Die Montage kann so erfolgen, daß das Schloß entweder über, unter, rechts oder links vom Schalterantrieb oder sonst in einem beliebigen Winkel zur Welle des zu verriegelnden Schalters befestigt wird. Die Schubstange gleitet dann unmittelbar hinter dem Türgitter. Auf diesem wird ein Schließblech zur Führung des Schlüssels angebracht, mit welchem die Sperrvorrichtung betätigt wird (Abb. 1 u. 2).

Zu einer Verriegelung von z. B. Hochspannungs-Trennschalter und Niederspannungs-Ausschalter gehören

[1] Ausgabe Februar 1928. — Vgl. a. ETZ 1929, S. 924.

zwei einzelne Sperrvorrichtungen, von welchen je eine an den Wellen der Schalter montiert wird. Dabei ist es ganz gleichgültig, in welchem Abstand sich die beiden Hochspannungszellen voneinander befinden und ob die Schalter innerhalb oder außerhalb der Zellen angeordnet sind. (Für den Niederspannungs-Ausschalter wird von der BEWAG das letztere verlangt!)

Der Vorgang der gegenseitigen Verriegelung ist folgender: Um zu vermeiden, wie schon eingangs erwähnt, daß in einer Anlage Hochspannungs-Rückstrom hervorgerufen werden kann, indem z. B. von einem zweiten Transformator über ein Sammelschienennetz Niederspannung rückwärts in die Sekundärseite des Transformators gelangt, diese dann primärseitig als Hochspannung zutage tritt und einen zufällig in den Hochspannungszellen arbeitenden Menschen töten kann, muß der Niederspannungs-Ausschalter stets geöffnet werden, bevor der Hochspannungs-Trennschalter gezogen wird (Abb. 3 u. 4). Die Reihenfolge der zu betätigenden Apparate bei eingeschaltetem Transformator muß also folgende sein: Ölschalter — Niederspannungs-Ausschalter — Trennschalter; bei ausgeschaltetem Transformator, also beim Einschalten: Trennschalter — Niederspannungs-Ausschalter — Ölschalter.

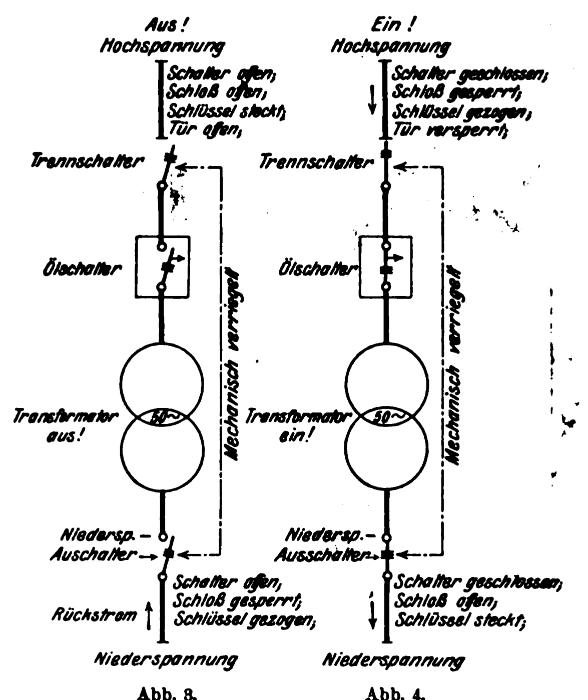


Abb. 3. Abb. 4.

Schematische Darstellung der Verriegelungs- und Schaltvorgänge bei ein- bzw. auszuschaltender Anlage.

Durch diese Reihenfolge der Schaltvorgänge wird außerdem verhütet, daß der Hochspannungs-Trennschalter unter Last geschaltet wird, was bekanntlich große Feuererscheinungen und damit nicht selten Unglücksfälle zur Folge hat. Bei Verwendung der vorstehend beschriebenen Verriegelungsvorrichtung ist jedoch ein derartiger Vorfall ausgeschlossen. Die Ein- bzw. Ausschaltvorgänge wickeln sich nämlich folgendermaßen ab: Im ausgeschalteten Zustande einer Anlage (Abb. 3) sind Trennschalter, Ölschalter und Niederspannungs-Ausschalter geöffnet. In dem Verriegelungschloß des Trennschalters steckt ein Schlüssel, welcher zu beiden Sperrvorrichtungen paßt. Eine e i n f a c h e V o r r i c h t u n g verhindert ein Ausziehen des Schlüssels, bevor nicht der Trennschalter eingelegt ist. Erst dann kann der Schlüssel abgezogen und das Schloß am Niederspannungs-Ausschalter, welches solange geschlossen war und damit den Schalter verriegelt hielt, geöffnet werden. Hierdurch wird die Sperrung aufgehoben und das Einschalten kann erfolgen. Beide Brücken vom und zum Ölschalter sind geschlossen, dieser kann eingelegt werden. Der Transformator steht jetzt unter Spannung. — Solange dieser Zustand herrscht, kann der Schlüssel aus dem Schloß am Niederspannungs-Ausschalter infolge einer bereits vorerwähnten Einrichtung nicht entfernt werden. Es ist also ein gewolltes oder zufälliges Ausschalten des Hochspannungs-Trennschalters unter Last nicht möglich (Abb. 4).

Soll die Anlage stromlos gemacht, der Transformator also abgeschaltet werden, so wird der Ölschalter ausgeschaltet, das zugehörige Schloß am Niederspannungs-Ausschalter geöffnet und dieser gezogen. Jetzt erst gibt dieses Schloß den Schlüssel frei. Nun wird das Schloß am Hochspannungs-Trennschalter geöffnet und dieser gezogen. In diesem Zustande verbleibt die Anlage (Abb. 3).

So kompliziert sich die Beschreibung des Verriegelungsvorganges auch auswirkt, so einfach ist die Handhabung selbst. Ein Irrtum in der Reihenfolge der Schaltvorgänge ist auf alle Fälle durch die bedingte Zwangläufigkeit ausgeschlossen. Eine ungewollte zeitliche Verschiebung der Schalterbetätigungen ist ebenfalls nicht denkbar, da sich bei dieser neuartigen Schloßverriegelung weder ein Zahnrad lösen, noch ein Splint ausfallen kann. Wartung der Apparatur ist überhaupt nicht erforderlich. Einmal montiert und eingeölt, ist ein Nachfetten auf lange Zeit hinaus nicht mehr nötig. Dann aber läßt sich dies ohne die geringste Schwierigkeit durchführen, da ein Zugang von der offenen Zellentür her, also von vorn, ohne Behinderung oder Gefahr möglich ist. Die ganze Beschreibung des Verriegelungsvorganges auf die einfachste Form gebracht lautet: „H o c h s p a n n u n g s - T r e n n s c h a l t e r n u r e i n - u n d a u s s c h a l t b a r , w e n n N i e d e r s p a n n u n g s c h a l t e r a u s g e s c h a l t e t i s t ; N i e d e r s p a n n u n g s - A u s s c h a l t e r n u r e i n - u n d a u s s c h a l t b a r , w e n n H o c h s p a n n u n g s - T r e n n s c h a l t e r e i n g e s c h a l t e t i s t."

Im Zusammenhang sei hier noch erwähnt, daß die Sperrung der Gittertür der Ölschalterzelle auch bei der Schloßverriegelung in der normalen Weise mittels eines schräg nach unten geneigten Ausschnittes im Drahtgitter, welcher ein Öffnen der Tür nur bei gezogenem Trennschalter erlaubt, durchgeführt werden kann (Abb. 1).

Mit dem Vorgesagten ist das Verwendungsgebiet der neuen Schloßverriegelung keineswegs erschöpft. Auch zur gegenseitigen Sperrung von Hochspannungs-Trennschalter mit Ölschalter, von Ölschalter und Transformatoren-Zellentür sowie auch von zwei Trennschaltern untereinander ist sie gleich gut und zweckmäßig zu verwenden.

Beta-Naphthylamin zur Konservierung von Transformatorenölen.

Von Dr. Typke, Berlin.

Übersicht. Beta-Naphthylamin ist nach den Versuchsergebnissen zur Konservierung von Transformatorenölen nicht geeignet.

Da sich in letzter Zeit seitens der Verbraucher Interesse für Beta-Naphthylamin zur Konservierung von Transformatorenölen bemerkbar machte, wurden einige Versuche durchgeführt, um festzustellen, ob das Beta-Naphthylamin wirklich konservierende Eigenschaften besitzt. Es wurde zunächst die Kupferverteerungszahl des Öles bestimmt. Das Ergebnis war:

	Verteerungszahl	Schlamm Vol.-%
Öl allein	0,14	0,7
Öl mit Beta-Naphthylamin (0,5 g auf 150 g Öl)	0,12	1,1

Die Verteerungszahl war also etwas niedriger als ohne Zusatz, die Schlammbildung war dagegen erhöht. Der Schlamm war in üblicher Weise in der Zentrifuge bestimmt worden, da sich das Beta-Naphthylamin vollständig im Öl gelöst hatte.

Da es sich auch bei anderen Stoffen, z. B. Pyrogallol, gezeigt hatte, daß sie eine verhältnismäßig günstige Anfangswirkung haben, während bei längerer Einwirkung eine starke Verschlechterung des Öles eintritt, wurde die Verteerungszahl nach 600 h bestimmt. Es wurden ebenfalls 0,5 g Beta-Naphthylamin auf 150 g Öl angewandt.

	Verteerungszahl	Schlamm Vol.-%
Versuch 1		
Öl allein	0,10	0
Öl mit Beta-Naphthylamin	0,55	4
Versuch 2		
Öl allein	0,17	0
Öl mit Beta-Naphthylamin	0,27	2,5

Das Beta-Naphthylamin beeinflußte also das Öl besonders hinsichtlich der Schlammbildung in sehr ungünstiger Weise.

RUNDSCHAU.

Bahnen und Fahrzeuge.

Die neuere Entwicklung der Pariser Untergrundbahnen[1]. — Unser Berichterstatter schreibt uns: Die von zwei Gesellschaften, der Comp. du Métropolitain und der Comp. du Nord-Sud erbauten Pariser Untergrundbahnen umfassen gegenwärtig 12 Strecken (1 ... 10 für den Metro und A und B für die Nord-Südbahn, Abb. 1) von einer gesamten Bahnlänge von 112,6 km mit 198 Haltestellen, wovon 15 End-, 34 einfache und 6 doppelte Umsteigestationen sind. Alle Baulichkeiten, Tunnel und Grundstücke sind Eigentum der Stadt, die auch alle neuen Bauarbeiten in eigener Regie durchführt. Nur das feste und rollende Bahnmaterial, Einrichtungen der Umformerwerke, Leitungen usw. wurden von den Gesellschaften hergestellt.

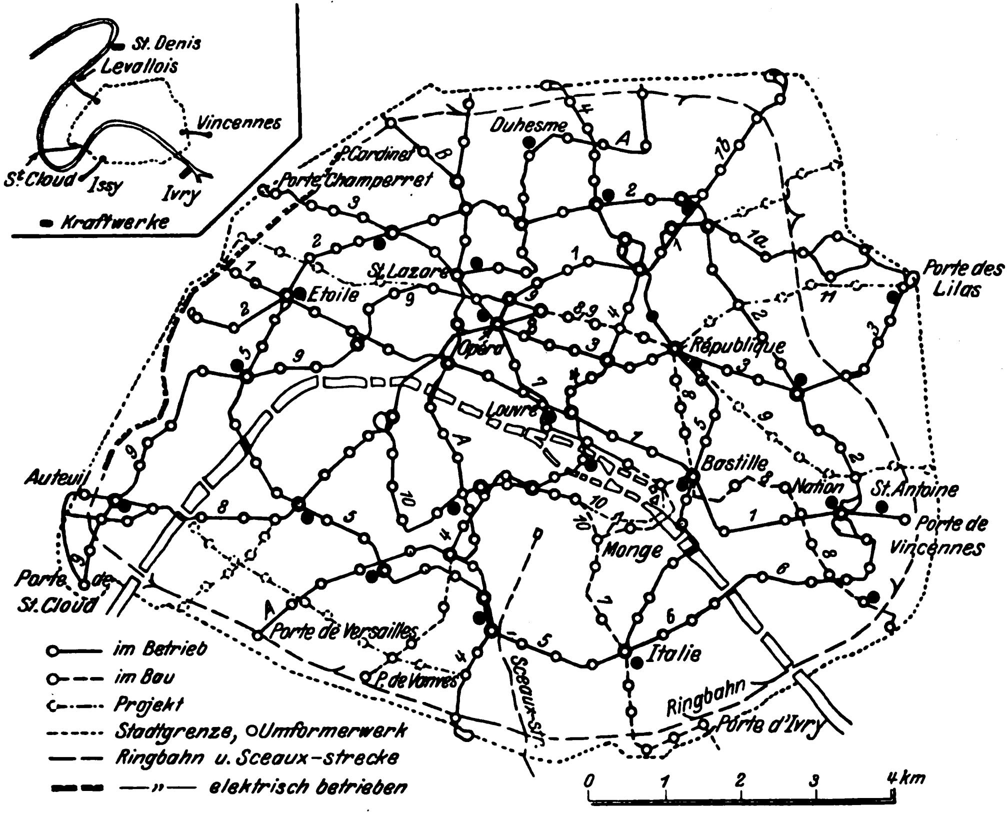


Abb. 1. Übersichtskarte der Pariser Untergrundbahn.

Die letzten Jahresversammlungen der beiden Gesellschaften haben die seit längerer Zeit vorbereitete Fusionierung beschlossen, die in der Weise erfolgte, daß die Comp. du Métropolitain die Nord-Südbahn übernahm und künftig sämtliche Untergrundbahnstrecken betreibt. Das Kapital der Comp. du Métropolitain wurde infolgedessen von 75 auf 101,5 Mill Fr erhöht, wobei die 106 000 neuen Aktien zu 250 Fr den Aktionären der Nord-Südbahn zukommen.

Die Anzahl der ausgegebenen Fahrkarten erreichte im Jahre 1927 527 Mill für den Metro und 86 Mill für die Nord-Südbahn. Für das Jahr 1928 sind diese Zahlen 536 und 88 Mill. Die Anzahl der jährlichen Fahrkarten bleibt in den letzten Jahren fast unverändert oder hat sich nur infolge Eröffnung von neuen Strecken vergrößert, woraus man auf eine bereits erreichte Grenze der Verkehrskapazität schließen kann. Die Anzahl der Fahrgäste ist um etwa 20 % höher als die der Fahrkarten, da in den Frühstunden (bis 9 h) Rückfahrkarten ausgegeben werden. Eine Statistik über die Belastung der einzelnen Strecken liegt nicht vor, da Einheitsfahrkarten, die eine beliebig lange Verweilung auf der Bahn und eine nacheinanderfolgende Benutzung von sämtlichen Strecken beider Gesellschaften gestatten, eingeführt sind. Einige der wichtigsten Strecken (Nr. 1, 3, 4) sind zur Zeit überlastet, und da eine Verdichtung der Zugfolge, die 98 s auf der Strecke Nr. 7 erreicht, oder eine Verlängerung der Bahnsteige schwierig, wenn nicht unmöglich erscheint, müssen neue Entlastungstrecken geschaffen werden. So werden die beiden unter den großen Boulevards von Opéra zu der Station République untereinander geführten Verlängerungen der Strecken Nr. 8 und 9 zur Entlastung der Strecken Nr. 1 und 3 dienen; ebenfalls wird die neue Strecke Nr. 7 und die geplante Verlängerung der Strecke Nr. 10 den Verkehr in der Nordsüdrichtung verbessern.

Die übrigen im Bau befindlichen oder für das nächste Bauprogramm bestimmten Strecken sind in der Abb. 1 eingetragen. Die ersteren umfassen etwa 18 km mit 28 neuen Haltestellen. Die gesamte konzessionierte Bahnlänge beträgt 123 km für den Metro und 19,7 km für die Nord-Südbahn.

Die seit lange bestrittene und zu schweren Kompetenzverhandlungen Anlaß gebende Verlängerung der Untergrundbahnen über die Umwallung hinaus in das nähere Vorstadtgebiet wurde Ende 1928 von den interessierten Behörden im Prinzip angenommen. Die ersten Vorstadtstrecken: Verlängerung Nr. 1 bis nach Vincennes, Nr. 3 bis zur Brücke von Levallois, Nr. 9 bis zur Brücke von St. Cloud und der Strecke A bis nach Issy, in einer Gesamtlänge von 8 km werden nächstens in den Bau genommen (Abb. 1, Nebenkarte). Die etwa 250 Mill Fr. erreichenden Baukosten werden größtenteils von dem Departement der Seine getragen. Im weiteren Programm stehen bis 35 km Untergrundbahnstrecken in dem Vorstadtgebiet. Die Metro-Gesellschaft soll künftig auch die noch dampfgetriebene Untergrundstrecke nach Sceaux wenigstens bis zur Stadtgrenze übernehmen und elektrisieren. Einem noch späteren Programm scheint auch die ähnliche Übernahme und Elektrisierung der längs der Stadtgrenze verlaufenden Ringbahn (52 km) anzugehören, welche zwischen Pont Cardinet und Auteuil (10 km) schon von der Staatsbahn elektrisch betrieben ist, aber auch einen starken Güterverkehr aufweist, so daß die Übernahme eine Reorganisation des Metrobetriebes voraussetzen müßte.

Von den in der letzten Zeit vorgenommenen Untergrund-Bauarbeiten können die Beseitigung des Tunnels von Batignolles und der neue Tunnel unter der Seine für die Strecke Nr. 7 erwähnt werden. Der von der Metrostrecke Nr. 2 überkreuzte Eisenbahntunnel von Batignolles, der einer Erweiterung des Bahnhofs St. Lazare im Wege stand, wurde durch eine dreiteilige Eisenbrücke von 44 m Länge ersetzt, deren Mittelteil ein ganz geschlossenes Viadukt für diese Strecke Nr. 2 bildet, und deren Bau ohne Betriebstörung durchgeführt wurde. Die Verlängerung der Strecke Nr. 7 benötigt die Konstruktion eines neuen (fünften) Tunnels unter der Seine, der als ein aus Gußeisensegmenten hergestelltes 678 m langes Rohr von 7296 mm Innendurchmesser durchgeführt ist. Außerdem ist dieser neue Streckenteil durch seine große Tiefe — er mußte unter die Hausgründungen der alten Stadtviertel auf den beiden Seineufern gelegt werden — bemerkenswert.

[1] Vgl. ETZ 1921, S. 655; 1924, S. 469.

Die bisher nur zur Deckung des Strombedarfs der Untergrund- und Straßenbahnen des Pariser Gebiets dienenden Werke sind Ivry von 60 000 kW (Soc. d'Electr. de la Seine) und St. Denis von 175 000 kW (Soc. d'Electr. de Paris). Der Strom wird mit 10 000 und 13 000 V den 22 Unterwerken der Untergrundbahnen in Dreiphasenkabeln geliefert. Die früher ausschließlich verwendete Periodenzahl von 25 wird stufenweise durch 50 ersetzt. Ende 1928 sind noch etwa 25 % des Strombedarfs mit 25 Hz geliefert worden. Die Umformerwerke sind größtenteils mit Einankerumformern von 750 und 1500 kW ausgerüstet; drei von ihnen (Nation, Louvre und St. Antoine) besitzen auch Quecksilberdampf-Großgleichrichter von 900 bis 1200 kW[1]. Diese letzte Umformerart hat in diesem Sonderfalle auch den Vorteil, daß der Übergang von 25 auf 50 Hz ohne Leistungsverminderung durchführbar ist. In den an Platzmangel leidenden Unterwerken kann außerdem ein Ersatz der älteren Einankerumformer durch die Quecksilbergleichrichter eine Leistungsvergrößerung ergeben. Dies gilt beispielsweise für das Werk Louvre, wo vier Gleichrichter von 900 kW mit Fernbetätigung aufgestellt wurden. Das größte Umformerwerk Opéra hat eine Leistung von 8000 kW, die Gesamtleistung aller Unterwerke erreicht 85 000 kW, wovon 21 000 kW für die drei Unterwerke der Nord-Südbahn. Sammlerbatterien sind in elf Unterwerken vorhanden; davon dienen sieben für die Beleuchtung und vier als Pufferbatterien für das Betriebsnetz. Die Metrostrecken werden mit einer dritten Schiene bei 600 V gespeist. Auf den Nord-Südstrecken wird ein Dreileitersystem (Oberleitung + 600 V, dritte Schiene — 600 V, Gleise Nulleitung) verwendet. Für die zwei in dem Nord-Süd-Unterwerk Duhesme aufgestellten Quecksilbergleichrichter konnte deshalb die mit Rücksicht auf den Wirkungsgrad günstigere Sekundärspannung von 1200 V statt 600 V gewählt werden, doch mußten denselben besondere Spannungsteiler (Drehumformer) von 200 kW Leistung zugegeben werden, die in den Betriebspausen der Einankerumformer dieses Unterwerkes in Betrieb gesetzt werden, um die Unregelmäßigkeiten der Belastung auszugleichen.

Die neueren Triebwagen haben eine Gesamtlänge von 14,4 m, zwei Drehgestelle von 9,2 m Drehzapfenabstand, die je zwei Triebmotoren von 130 kW Leistung besitzen. Mehrere Steuersysteme kommen vor; das neueste ist ein elektropneumatisches mit selbsttätiger Fortschaltung. Die elektropneumatische Türschließvorrichtung wird von dem Zugbegleiter, der sich im letzten Wagen befindet, bedient; erst nach erfolgter Schließung kann das von demselben Zugbegleiter ausgegebene Abfahrtsignal ertönen. Die Züge sind größtenteils aus 2 Trieb- und 3 Anhängewagen zusammengestellt; der mittlere Anhängewagen ist 1., die übrigen sowie die Triebwagen 2. Klasse. Ein aus 5 Wagen bestehender Zug ist 75 m lang und kann normal etwa 500 Personen, wovon 120 sitzend, befördern. Auf der vorläufig wenig belasteten Strecke Nr. 10 verkehren einzelne Triebwagen, die ausnahmsweise auch ein kleines Abteil 1. Klasse haben.

Die Anzahl der gleichzeitig verkehrenden Züge beträgt maximal 286, was einer Verkehrsleistung von 123 753 Plätzen/h entspricht.

Die Haltestellen sind mit für jede Fahrrichtung eigenen Bahnsteigen gebaut; ihre Länge, die bis jetzt 80...90 m beträgt, wurde auf den neuen Strecken auf 105 m gebracht, um die jetzige Maximallänge der Züge vergrößern zu können. Eine entsprechende Verlängerung älterer Bahnsteige auf den überlasteten Strecken ist geplant. Die Anzahl der mechanisch betätigten Eingangstüren an den Bahnsteigen, die eine beträchtliche Personalersparnis gestatten, wird stetig vergrößert. Ihr Schließmechanismus besteht aus einem Motor, der über eine Reibungskupplung und eine Zahnradübersetzung eine Schnecke betreibt, auf der die die Schließstange tragende Mutter sitzt, und aus mehreren für die Einschaltung der Anlaßwiderstände, Umkehrung des Rotorstroms sowie für den Rotorkurzschluß am Ende der Bewegung bestimmten Kontakten. Die Fernsteuerung erfolgt entweder durch Druckknöpfe von dem Standorte des Bahnsteigschaffners aus, soweit dieser auf wichtigeren Bahnsteigen vorhanden ist, oder durch den ein- und ausfahrenden Zug selbst. Das zuerst benutzte Blocksystem der Metrostrecken mit normal auf „halt" stehenden Signalen wird in neuerer Zeit teilweise durch ein „offenes" Blocksystem ersetzt. Es werden entweder Pedalkontakte mit Gleichstrom als Hilfstrom oder eine durch Drosselspulen bewerkstelligte Sektionierung der Gleise mit Wechselstrom als Hilfstrom zur Fernbetätigung der Blockrelais verwendet. Auf den Nord-Südbahnstrecken ist ein kombiniertes Blocksystem mit drei Signalfarben (weiß = frei, rot = halt, grün = langsame Fahrt) eingeführt.

Zur Erleichterung der Fahrkartenausgabe sind besondere vierfache elektrisch betriebene Fahrkartendruckmaschinen im Gebrauch, die dem Verkaufsbeamten nach Bedarf die notwendige Anzahl von frisch gedruckten Fahrkarten jeder Art liefern. Die umständliche tägliche Bereitstellung von Fahrkarten, die eine Tagesnummer tragen, wurde damit vermieden. Fahrkartenautomaten wurden bis jetzt nicht verwendet. Eine Ausgangskontrolle besteht auf den Untergrundbahnen nicht.

Unter den Reklameeinrichtungen kommen auch neue, für die Reklamebilderprojektion auf die Tunnelwände bestimmte, auf der Wagendecke befestigte elektrisch betriebene Automaten vor.

In der Einrichtung der Bahnhöfe ist die größte Einfachheit eingehalten worden; ihre Ausstattung kann daher mit jener der neuen Berliner Untergrundbahnhöfe[1] nicht verglichen werden. Besonders die überall noch mit frei hängenden Glühlampen ausgeführte Beleuchtung würde einer Modernisierung bedürfen. Aus einem übertriebenen Hang am Bestehenden waren auch die neueren Wagenserien den ältesten Wagen gleich ausgeführt worden; nur auf den Nord-Süd-Strecken sind bessere Eisenwagen im Betrieb. Personenaufzüge und Fahrtreppen kommen nur vereinzelt vor. Die Fahrkartenpreise, die in den letzten Jahren infolge der Frankentwertung wiederholt erhöht wurden[2], betragen gegenwärtig 0,60 Fr für die 2., 1 Fr für die 1. Klasse und 0,70 Fr für die für zwei beliebige Reisen geltende Rückfahrkarte 2. Klasse, d. h. 9,8, 16,4 und 11,5 Pf.

—ak.

Leitungen.

Reinigung von Isolatoren mittels Stahlwolle. — Im Vaca-Dixon Unterwerk Überschläge verursachende Staub- und Schmutzablagerungen auf den Hängeketten der 220 kV-Leitungen veranlaßten die Pacific Gas- and Electric Co., die Isolatoren wenigstens einmal im Jahr abzuwaschen. Nach verschiedenen Versuchen hat sich hierzu die Verwendung von mittelstarker Stahlwolle und Bimsstein als zweckmäßig erwiesen, wobei dieser mehr als Schmierdenn als Reinigungsmittel dient. Nach dem Abwaschen werden die Isolatoren mit einem trockenen Tuch abgerieben. Die Glasur des Porzellans soll durch die Stahlwolle keineswegs zerkratzt werden, sondern es soll sich diese zur raschen und leichten Entfernung aller erhärteten Krusten als sehr geeignet ergeben haben. (El. World Bd. 92, S. 897.) *O. N.*

Höchstspannungs - Freileitungen. — Im Freileitungsbau haben die Höchstspannungen zu Leiterdurchmessern geführt, deren zugehöriger Gesamtquerschnitt in keinem Verhältnis zu den zu übertragenden Strömen mehr steht. Die sich ergebenden hohen Seilgewichte in Verbindung mit den aus wirtschaftlichen Gründen erwünschten möglichst großen Mastabständen haben das Problem des Leiteraufbaus weiter verwickelt. Die Lösung wurde gesucht einmal in Seilen mit künstlich vermindertem Metallquerschnitt, dann aber auch im Ersatz des spezifisch schweren Kupfers durch spezifisch leichtere oder auch festere Metalle. So entstanden als Grenzfälle der Lösungen das Kupfer-Hohlseil und das Aluminiumseil. Dazwischen liegen Konstruktionen aus Doppelmetall, Kupferlegierungen, Aluminiumlegierungen und schließlich die Konstruktionen, die das Seil in einen Leitungsteil und einen Tragteil aufteilen. Von den letztgenannten Konstruktionen hat das Stahl-Aluminium-Seil weitgehend Verwendung gefunden. Für England, das für sein im Aufbau begriffenes Landes-Sammelschienennetz bei 132 kV Seile von rd. 18 mm Dmr. benötigt, bestreitet W. T. Taylor die Zweckmäßigkeit dieses Seiles. Er gründet seine Stellungnahme auf die bekannte Tatsache, daß die Luftfeuchtigkeit in England den bei weitem größten Teil des Jahres wesentlich höhere Werte aufweist als auf den großen Kontinenten. Demzufolge kommen als Leitermaterial nur solche Metalle in Frage, die als korrosionsfest zu bezeichnen sind. Galvanisierte Eisen- oder Stahldrähte sowie Doppelmetalldrähte scheiden also aus, Kupfer, Kadmiumkupfer und Aluminiumbronze bleiben verwendbar. Aber auch bei Verwendung der zugelassenen Baustoffe geben die bekannten Hohlleiterkonstruktionen noch zu Bedenken Anlaß. Dagegen hat eine Neukonstruktion, der Zellenleiter, den ein englisches Werk auf den Markt bringt,

[1] ETZ 1925, S. 624.

[1] ETZ 1926, S. 1356.
[2] ETZ 1920, S. 80.



einen zweckentsprechenden Aufbau, da dieser nur feuchtigkeitsdichte Hohlräume aufweist. Der Zellenleiter ist aus Hohldrähten bzw. Röhren, die mit massiven Drähten untermischt sein können, aufgebaut. Die Hohldrähte sind vorzugsweise aus Kupfer oder Aluminiumbronze vorgesehen, die massiven Drähte aus den gleichen Metallen oder Kadmiumkupfer. Tafel 1 zeigt einige Beispiele aus den vielen Kombinationsmöglichkeiten mit Angabe von Gewicht und Bruchlast. Leider sind weitere Kennzahlen noch

Tafel 1.

Außen-Dmr. in mm	9,7	10,1	15,1	17,8
Aufbau: **Kupfer massiv**	4			
Aufbau: **Kadmium + Kupfer massiv**			12	12+12
Aufbau: **Aluminiumbronze massiv**		1		6
Aufbau: **Kupfer hohl**		6		
Aufbau: **Aluminiumbronze hohl**	3		7	7
gleichwertiger Kupferquerschnitt mm²	32,3	32,3	80,6	112,9
Gewicht / km in kg	616	594	1619	2416
Bruchlast in t	2,1	1,9	7,8	12,7

nicht gegeben. In der Hoffnung auf ihre baldige Veröffentlichung hat der Verfasser bereits die Kennzahlen für die verschiedensten Seilkonstruktionen in Tafeln zusammengestellt, um die Grundlage für die spätere Gegenüberstellung mit dem Zellenleiter zu schaffen. (W. T. Taylor, The Electrician Bd. 102, S. 290.) *Wn.*

Imprägnierung von Leitungsmasten im eigenen Betriebe. — Die Frage der Leitungsmasten hat in Nordamerika sich in früheren Jahren grundsätzlich von der gleichen Frage in Deutschland dadurch unterschieden, daß von dem etwa 4 Mill Stück betragenden Jahresbedarf fast 90 % aus White Cedar (Thuya und Libroccdrus, in Deutschland als Lebensbaum bekannt) gewonnen wurden; erst in den letzten Jahren nimmt der Verbrauch von Kiefer stark zu. Während die Zeder, die sehr widerstandsfähig gegen Fäulnis ist, im allgemeinen keine weitere Behandlung erfordert, wird die Kiefer naturgemäß imprägniert. Doch ist in den V. S. Amerika die Zahl der Imprägnieranstalten, die hierfür zur Verfügung stehen, sehr gering, und sie sind sehr weit verstreut. Die großen Schwierigkeiten, geeignete Masten in imprägniertem Zustande zu erhalten, veranlaßten daher in den letzten Jahren die Consolidated Gas-Electric Light and Power Co. zu Baltimore, sich eine eigene Imprägnieranlage zu schaffen. Da der Bedarf nur etwa 10 000 Stück im Jahre ist, so schien es nicht möglich, auf wirtschaftlicher Basis eine Druckanlage zu errichten; man wählte daher eine Abart des schon länger bekannten Doppeltankverfahrens. Zwei Vorratstanks wurden aufgestellt, einer für heißes Öl von etwa 100 t Fassung und einer für kaltes Öl von rd. 40 t. Für die Imprägnierung wurden zwei Tanks von 2 × 3 × 4 m gebaut. Die Erwärmung des Öles wird nicht, wie meist üblich, durch Dampfschlangen im Tank bewirkt, da sich auf diesen oft dickes Öl absetzt und die Temperatur nicht genügend gleichmäßig zu halten ist, vielmehr wird das ganze Öl kontinuierlich durch einen besonderen Erhitzer geschickt. Die Masten werden dann durch einen Kran mit dem Fußende in den Tank gestellt und dieser bis zur geforderten Höhe mit heißem Öl gefüllt. Die Temperatur des heißen Öls muß der Holzart angepaßt sein. Rundholz verträgt höhere Temperaturen als Schnittholz. Für frische Kiefer kann man bis 105° gehen, für Kastanie bis 100°, für Kantholz bis 95°. Zu hohe Temperaturen bewirken Reißen. Wenn auch höhere Temperatur die Arbeit beschleunigt, so sind doch diese Nachteile zu groß, so daß man sich an die oben gegebenen Grenzen halten muß. Die Temperatur muß so lange gehalten werden, bis das Holz genügend durchgewärmt und die Luft in ihm genügend verdünnt ist; das dauert je nach der Holzart 1 ... 5 h. Dann muß sofort das kalte Öl an Stelle des heißen eingebracht werden. Die Temperatur des „kalten" Öles muß genügend unter der des heißen liegen, um eine starke Kontraktion der Luft im Holze und damit Durchtränkung mit Öl zu erzielen; anderseits muß sie noch genügend hoch sein, so daß das Öl noch ordentlich dünnflüssig ist. Als geeignetste Temperatur wurde etwa 40° gefunden. Das kalte Bad braucht nicht so lange wie das heiße zu dauern, muß aber mindestens 1 ... 2 h wirken.

Es gelang, mit diesem Verfahren verhältnismäßig gute Durchtränkungen des Splintholzes zu erzielen. Die mittlere Aufnahme auf den Kubikmeter betrug für Douglastanne zwischen 40 und 200 kg, für Kiefer 50 ... 400 kg und für Roteiche 60 ... 200 kg. Wenn es nur auf die Ziffern ankäme, wäre das nicht einmal so schlecht, doch war die Durchtränkung ziemlich unregelmäßig und ungleichmäßig.

Noch ungünstiger wird das Bild, wenigstens vom deutschen Standpunkt aus, wenn man die Kosten betrachtet. In der Quelle werden ziemlich genaue Angaben gemacht, und es läßt sich entnehmen, daß eine richtige Imprägnierarbeit von den meisten Druckanlagen sehr viel billiger ausgeführt werden konnte und auch wurde. So blieb denn als einziger positiver Wert für diese Betriebsart der Umstand, daß sie der Baltimore-Gesellschaft erlaubt, Masten aus Kiefernholz zu verwenden und diese zu imprägnieren in einer Gegend, wo bis zur nächsten für den Handel arbeitenden Imprägnieranlage mindestens 1000 km Bahnfracht zu zahlen waren. Die Arbeit ist ein ausgesprochener Notbehelf, weil im Osten der V. S. Amerika das Mastengeschäft und die Imprägnierung von Leitungsmasten auf ökonomischer Basis noch nicht so entwickelt sind, daß die geforderten 10 000 Masten jährlich zu einem genügend billigen Preise vom Handel geliefert werden können. (Wilson, Proc. of the 25. Meeting of the American Wood Preservers Association 1929, S. 109.) *Il.*

Apparate.

Forschungsergebnisse über das Schalten unter Öl. — In einem Vortrag gelegentlich der Generalversammlung des SEV in Baden berichtete J. Kopeliowitsch über Forschungen der BBC und verglich die Ergebnisse mit denen früherer Arbeiten. Die Untersuchungen galten zunächst der Feststellung der Schalterarbeit bzw. des Zusammenhanges dieser mit Lichtbogenspannung und -länge. Von den zahlreichen Lichtbogenformeln ist keine geeignet, die Vorgänge bei größeren Leistungen wirklich wiederzugeben; daher ist für praktische Rechnungen die Benutzung experimentell gewonnener Charakteristiken zu empfehlen. Derartige, aus Oszillogrammen erhaltene Charakteristiken zeigt z. B. Abb. 2 für zwei verschiedene Bogenlängen; die Abhängigkeit der Bogenlänge von der Abschaltspannung für gegebenen Strom zeigt Abb. 3. Letz-

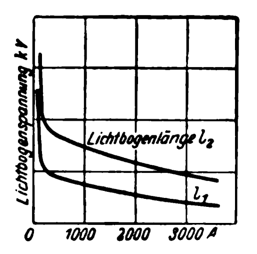


Abb. 2. Statische Charakteristik des Wechselstromlichtbogens in Öl für zwei Bogenlängen.

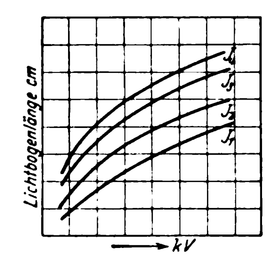


Abb. 3. Bogenlänge und Abschaltspannung bei konstantem Strom. $J_1 ... J_4$ sind Ströme wachsender Größe.

tere Kurven sind ebenfalls Mittelwerte aus zahlreichen Versuchen. Ihr Versuch ähnelt dem der Durchschlagspannung einer Funkenstrecke; der Bogen muß ja auch nach jedem Nulldurchgang über eine vorionisierte Gasstrecke hinweg neu zünden.

Die Versuche über den Einfluß der Schaltgeschwindigkeit wurden mit bis zu 3000 A und 8 kV für jede Unterbrechungstelle durchgeführt und erhärten die Tatsache, daß es eine günstigste Geschwindigkeit gibt. Sie liegt bei 1,2 ... 2 m/s, Abb. 4 zeigt entsprechende Kurven für Klotzkontakte. Eine Vergrößerung der Geschwindigkeit über 2 m/s beeinflußt die Lichtbogendauer praktisch nicht, bewirkt aber eine unerwünschte Vergrößerung des Schaltweges und der mechanischen Beanspruchung der beweglichen Teile. Die Anwendung der Vielfachunterbrechung hat mit zunehmender Zahl der Unterbrechungsstellen eine starke Abnahme der Lichtbogendauer und der entwickelten Gasmenge zur Folge. Versuche zeigten, daß die Bogenlänge bei jeder Unterbrechung unabhängig von der Zahl der in Reihe liegenden Kontakte ist; aus Versuchen mit einer Unterbrechungsstelle dürfen also auf das Verhalten eines Schalters mit *n*-facher Unterbrechung und *n*-mal größerer Abschaltleistung sichere Schlüsse gezogen werden, was für das Prüffeld von großer Bedeutung ist.

Der Strom im Bogen bestimmt dessen Querschnitt und die Größe des Kathodenflecks. Bei großem Strom sind in-

folge geringerer Abkühlung während des Nulldurchganges eine kleinere Zündspannung und entsprechend größere Bogenlänge zu erwarten. Anderseits tritt mit wachsendem Strom eine vergrößerte Blaswirkung auf. Beide Erscheinungen wirken zusammen auf die Ausbildung eines Maximums der Lichtbogendauer bei einer gewissen Stromstärke hin, nach dessen Überschreitung die Lichtbogendauer mit weiter wachsendem Strom infolge der quadratisch zunehmenden Blaswirkung abfällt. Die von BBC zur Vermeidung von Einschaltschwierigkeiten benutzten Solenoidkontakte[1] haben, wie gezeigt wird, auch eine die Abschaltung begünstigende Blaswirkung. — Interessant sind die Messungen an Abschaltungen unter Druck (0 ... 20 kg/cm², 25 000 kW). Sie bestätigen im allgemeinen die Ergebnisse Bauers[2] und seien hier durch Abb. 5 erläutert. Eine Erhöhung des Druckes über 7 kg/cm² erschwert danach den Abschaltprozeß. Der physikalische Zusammenhang erscheint noch nicht völlig geklärt. — Versuche mit verschiedenen Kontaktmetallen und Ölsorten zeigten, daß ein Einfluß auf die Lichtbogenlänge praktisch nicht vorliegt. Die Eigenfrequenz des Netzes beeinflußt die Abschaltung: Bei sinkender Eigenfrequenz wird die Abschaltung erleichtert, die Lichtbogenlänge verkleinert. Diese Wirkung konnte mit Hilfe von Parallelkapazitäten zum Schalter nachgewiesen werden. Eine kurze Mitteilung wird auch über die Beobachtung mittelfrequenter, durch den Bogen bei kleinen Abschaltströmen erzeugter Schwingungen gemacht, die weitere Klärung jedoch einer späteren Arbeit vorbehalten.

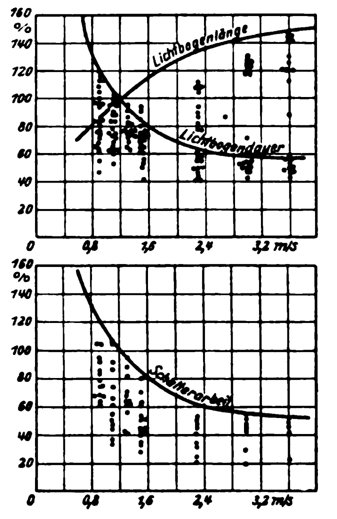


Abb. 4. Abhängigkeit der Lichtbogenlänge, Lichtbogendauer und Schalterarbeit von der Schaltgeschwindigkeit. Klotzkontakte, 22 000 kVA, 50 Hz.

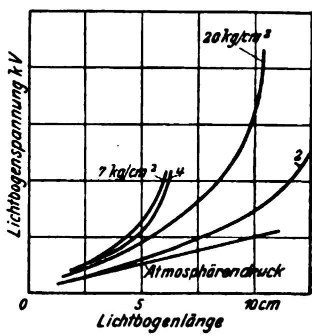


Abb. 5. Zunahme der Lichtbogenspannung mit dem statischen Überdruck im Schalter. 2600 A_{eff}, 4 kV, Zweifachunterbrechung, Schaltgeschwindigkeit 1,1 m/s.

Die vom Verfasser gemachten Ausführungen über Gasentwicklung und Ölkolbentheorie sind teilweise schon in der ETZ veröffentlicht worden[3]. Die Werte für die von 1 kWs entwickelte Gasmenge liegen nach früheren Messungen bei etwa 50 ... 60 cm³. Die BBC-Versuche zeigten, daß noch höhere Werte vorkommen und daß mit zunehmender Schalterarbeit das von 1 kWs erzeugte Gasvolumen eine Steigerung aufweist. Die Ölkolbentheorie wurde durch Zeitlupenaufnahmen an einem Glasschalter von 90 l Ölinhalt bestätigt[3]. Wegen der beobachteten Einzelheiten muß auf die Originalarbeit verwiesen werden, die auch eine ganze Reihe schöner Oszillogramme enthält. Die Druckpulsationen im Schalter wurden gleichzeitig mit Spannung und Strom oszillographisch aufgezeichnet. Schließlich behandelt der Verfasser eingehend Versuche, die über den Wert der Vielfachunterbrechung und der Löschkammer entscheiden sollten; auch hierüber sind Abbildungen usw. bereits in der ETZ veröffentlicht worden[3]. Bei Verwendung von Löschkammern verlangt die schnelle Löschung auch kleiner Stromstärken einen engen unteren Kammerquerschnitt, der anderseits bei hohen Strömen zu großen Drücken führen kann. Die im Kammerschalter entwickelte Gasmenge ist größer als bei freier Abschaltung, erklärbar wohl durch die thermische Isolierung des Lichtbogens durch die Kammer. Wegen der im letzten Teil der Arbeit vorgenommenen Vergleichung der Ergebnisse der Laboratoriumsversuche mit denen der wenigen bekannten Schaltversuche größeren Maßstabes darf ebenfalls auf die ETZ-Veröffentlichung verwiesen werden. Den Schluß bildet eine Betrachtung der Abhebeerscheinungen und ihre Bekämpfung mittels der Solenoidkontakte. (J. Kopeliowitsch, Bull SEV Bd. 19, S. 541.) *Wi.*

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 681.
[2] B. Bauer, Bull. SEV Bd. 8, S. 291.
[3] Kopeliowitsch, ETZ 1928, S. 676.

Bergbau und Hütte.

Elektrisch betriebene Förderwagen-Aufschiebevorrichtungen. — zum Aufschieben von Förderwagen auf den Förderkorb verwendet man, wie F. Wintermeyer im „Glückauf" mitteilt, in der Regel ständig in gleicher Richtung durchlaufende Motoren, weil der Vorstoßhub verhältnismäßig klein ist und die für jeden Hub erforderliche Beschleunigung der Motor- und Getriebemassen beim Umkehrmotor einen nicht unerheblichen Mehraufwand an Energie mit sich bringt. Die Ausführung der Demag wurde bereits in der ETZ beschrieben[1]. Die Maschinenfabrik Hasenclever, Düsseldorf, läßt den Motor (Abb. 6)

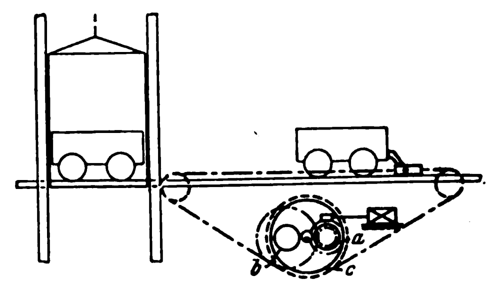
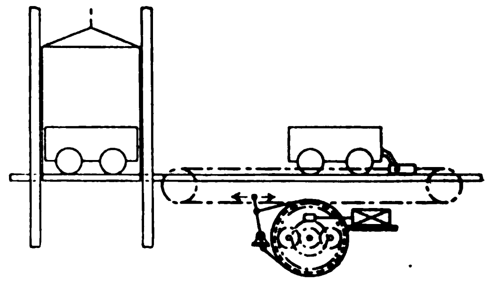


Abb. 6. Förderwagen-Aufschiebevorrichtung der Maschinenfabrik Hasenclever.

über ein Schneckengetriebe, die beiden Reibräder *a* und *b* antreiben, deren Wellen durch ein Stirnräderpaar miteinander in Verbindung stehen. Die zur Bewegung des Seiltriebes dienende Trommel hat den inneren Reibkranz *c*, der durch Ausschwenken eines Exzenters, auf dem die Trommel drehbar gelagert ist, vom Steuerhebel aus mit den Reibrädern *a* bzw. *b* zum Eingriff gebracht werden kann. Durch die Hebelbewegung wird gleichzeitig eine Sperre betätigt, welche sich öffnet, sobald die Stoßvorrichtung auf Vorlauf geschaltet ist, und sich schließt bei Schaltung auf Rücklauf und Stillstand. Die Rücklaufbewegung des Stößels erfolgt mit erhöhter Geschwindigkeit, während das Seil durch eine federnde Spindelspannvorrichtung dauernd in Spannung gehalten wird, so daß sich eine federnde Pufferung und ein elastischer Stoß ergeben. In einer besonderen Ausführung der Firma läuft der Stößelwagen nicht zwischen den Gleisen sondern darüber. Der vom Wagen herabhängende Stoßhebel ist dann, damit der erforderliche Raum für den Wagenverkehr unter der Stoßvorrichtung freibleibt, in einer Führung auf- und abwärts beweglich. Um den Verschleiß zu vermindern sowie um eine schmutz- und staubfreie Anordnung der Getriebe zu erzielen, hat die Firma das Reibrollengetriebe durch ein Planetenräderwerk ersetzt (Abb. 7). Der Motor treibt hier über ein Schneckengetriebe


Abb. 7. Förderwagen-Aufschiebevorrichtung Hasenclever mit Planetengetriebe.

und die Trommelwelle auf ein Sonnenrad. Mit diesem und mit dem in der Seiltrommel befindlichen Innenzahnkranz stehen Planetenräder in Eingriff, die von dem als Bremsscheibe ausgebildeten Planetenradträger getragen werden. Der Steuerhebel ist durch ein Kettengetriebe mit dem Bremshebel verbunden. Die Kraftübertragung findet statt, solange die Bremse angezogen ist; bei Überlastung gleitet der Planetenradträger unter dem Bremsrad, so daß etwaige Stöße gemildert werden. Der Rücklauf des

[1] ETZ 1926, S. 591.

Stoßwagens erfolgt durch Lüften der Bremse und gleichzeitiges Andrücken des Planetenradträgers an einen Reibbelag des Trommelkranzes. Durch Mittelstellung des Bedienungshebels wird der Stillstand des Stoßvorganges erreicht. Gleichzeitig mit dem Auslegen des Bedienungshebels findet eine Einwirkung auf die federnden Sicherheitsperren für die Förderwagen statt.

Die Gewerkschaft Eisenhütte Westfalia, Lünen, verwendet die aus Abb. 8 ersichtliche Bauweise, wobei zwischen den beiden gegenläufigen geschliffenen Treibrollen (*a* und *b*) aus Gußeisen einerseits und dem geschliffenen zylindrischen Reibkranz *d* der Aufschubtrommel anderseits eine in einer Schwinge hängende massive Lederrolle *c* vom Steuerhebel hin- und hergeschaltet wird. Die Aufschubtrommel vermittelt die Bewegung durch das Aufschubseil auf die Schubstange, die in jeder Stellung angehalten bzw. in gegenläufige Bewegung gebracht werden kann. Die Schubstange hat im Rücklauf wieder eine größere Geschwindigkeit als im Vorlauf. Sollte aus irgendeinem Umstand vor der Aufschiebevorrichtung ein Wagen entgleisen und gegen den Steuerhebel geworfen werden bzw. sich dieser zum Schacht hinbewegen, so läuft der Stößel rückwärts und kann den Wagen nicht in den Schacht stürzen. Durch die Wahl eines hohen Reibungskoeffizienten der Lederschaltrolle ist nur ein geringer Anpressungsdruck erforderlich. Die Verlagerungen erhalten geringe spezifische Drücke und haben daher kaum merklichen Verschleiß. Die Lederschaltrolle soll eine Lebensdauer von vielen Monaten besitzen und läßt sich in wenigen Minuten auswechseln.

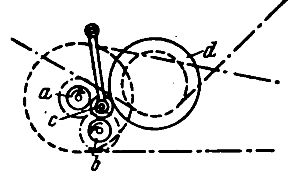


Abb. 8. Getriebe der Eisenhütte Westfalia.

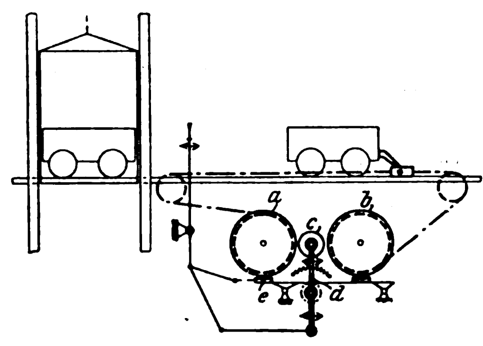


Abb. 9. Bauart Notbohm.

Abb. 9 zeigt die Bauart Notbohm, bei welcher das Antriebseil für den Mitnehmerwagen um 2 mit den Reibscheiben *a* und *b* verbundene Trommeln geschlungen ist, und zwischen denen die in einer Schwinge *d* gelagerte Reibrolle *c* liegt. Eine auf dem Schwingungszapfen befindliche Kettenrolle überträgt den Antrieb auf die schwingende Reibrolle, die durch Federn stets in die Mittellage gedrängt wird. Der Bedienungsmann muß bei Betätigung des Steuerhebels, mit welchem ein Bremsrahmen *e* verbunden ist, jedesmal den Federdruck überwinden. In der Mittellage des Steuerhebels liegen die Bremsschuhe an den Seiltrommeln an, während sie beim Auslegen nach links oder rechts nach unten fallen. Es ist Vorsorge getroffen, daß bei Überschreitung der Endlagen des Mitnehmerwagens der Antrieb ausgerückt wird.

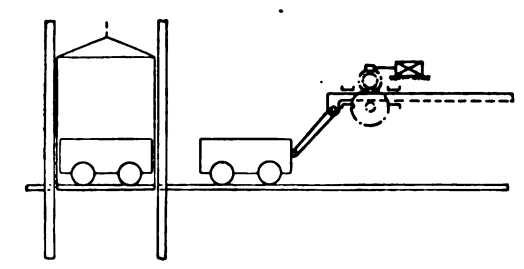

Abb. 10. Aufschiebevorrichtung mittels Umkehrmotors.

Abb. 10 stellt eine Ausführung mit Umkehrmotor dar, die auf Schacht Königshall in Betrieb ist. Zum Antrieb dient ein 5 PS-Kurzschlußmotor, der auf dem nach Art einer Laufkatze ausgeführten, den Stößel tragenden Mitnehmerwagen angeordnet ist und durch ein Schneckengetriebe die vordern Lauf- und Triebrollen des Wagens antreibt. Die Stromzuführung erfolgt durch ein Kabel, während die Steuerung durch die in der Bahn des Wagens an deren Endlagen angebrachten Schalthebel vorgenommen wird, die den Motor um- oder ausschalten. Beim Auftreten von Hindernissen gleiten die Triebräder des Mitnehmerwagens auf der Laufbahn. (F. Wintermeyer, Glückauf Bd. 64, S. 1573.) *Ka.*

Fernmeldetechnik.

Fernsprechstörwirkung von Gleichrichterbahnen. — Wenn in Fernsprechanlagen induktive Störungen durch Gleichrichter-Beeinflussung auftreten, so müssen grundsätzlich drei Voraussetzungen erfüllt sein: die Stromkurve des Gleichrichters muß eine gewisse Welligkeit haben, Starkstrom- und Fernsprechanlage müssen irgendwie elektromagnetisch gekoppelt sein und die Fernsprechanlage muß eine Unsymmetrie besitzen. Dementsprechend untersucht Roehmann in den ersten drei Kapiteln seiner Dissertation die Welligkeit und die Mittel zu ihrer Verminderung, die Kopplung zwischen Starkstrom- und Schwachstromsystem sowie die Unsymmetrie von Fernsprechleitungen und -schaltungen[1]. Das vierte Kapitel behandelt die Messung der Fernsprechstörwirkung von Gleichrichterbahnen[2]; der im Elektrotechnischen Verein gehaltene Vortrag über die Messung der Fernsprechstörwirkung von Starkstromanlagen[3] gibt, soweit er sich auf induktiv störende Anlagen bezieht, in kurzer Form den Inhalt dieses Kapitels wieder. In fünf Anlagen sind einige Rechnungen ausgeführt und Meßergebnisse, die im Gleichrichterwerk Tegel der Deutschen Reichsbahngesellschaft gewonnen wurden, mitgeteilt. Ein Literaturverzeichnis berücksichtigt die neueren Arbeiten auf diesem Gebiet. (L. Roehmann, Dr.-Ing.-Dissertation, T. H. Breslau 1928.) *Sb.*

Über eine Methode zur Erzeugung von sehr kurzen elektromagnetischen Wellen. — In den Proc. Inst. Radio Eng. 1928 hat Hitedsugu Yagi eine Methode zur Erzeugung rascher elektrischer Schwingungen mit Hilfe des Magnetrons veröffentlicht. Der Verfasser weist nun auf die tschechische Zeitschrift für Mathematik und Physik sowie auf ein tschechisches Patent hin, worin er dieses Verfahren bereits vor vier Jahren angegeben hat. Die Spule des Magnetrons wird dabei mit Gleichstrom beschickt; in der Nähe einer bestimmten kritischen Stromstärke erreichen bekanntlich die magnetisch abgelenkten Elektronen die Anode nicht mehr. In dieser Gegend ist das Magnetron geeignet, Schwingungen zu unterhalten. Die Wellenlänge soll dabei von dem angeschlossenen Schwingungskreise unabhängig sein, der nur die Intensität der Schwingungen bestimmt; sie ist vielmehr abhängig vom Durchmesser der Anode, von der Anodenspannung und von der Stärke des Magnetfeldes. Die kürzeste erreichte Wellenlänge betrug 29 cm bei 300 V Anodenspannung. (A. Žáček, Jahrb. drahtl. Tel. Bd. 32, S. 172.) *Kb.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Elektrodenkapazität und Wanderwellengestalt. — Die durch Widerstände oder durch Selbstinduktion verzögerte Entladung zwischen Metallelektroden zerfällt bekanntlich in einen Initialfunken und in eine Nachentladung. Ähnlich gibt nun, wie nachgewiesen wird, eine geladene Doppelleitung beim Überschreiten der Zündspannung zwischen Metallkugeln am Leitungsanfange zunächst eine kurzdauernde Entladung der Elektrodenkapazität und unmittelbar nachfolgend eine länger dauernde Entladung der Doppelleitung. Dementsprechend zeigt die entstehende Wanderwelle einen steileren Buckel aus der Elektrodenkapazität auf einer flacheren Hauptwelle aus der Doppelleitung heraus.

Die Buckelbildung wird für Entladewellen und für Ladewellen untersucht. Es wird gezeigt, wie hierdurch die Höchstneigung der Wanderwelle, die Gestalt der Einhüllenden der Querspannung u. a. m. beeinflußt werden. Für Buckelwellen hängt der Rückschluß aus der Einhüllenden, auch aus Messungen in einer Leitungsschleife, auf die Wanderwellengestalt völlig in der Luft. Insbesondere wird ferner auch die Bestimmung der Funkenkonstante *k* mittels Induktion in locker gekoppelten Drahtschleifen durch

[1] Das dritte Kapitel (erweitert) erschien auch in Tel. u. Fernspr. Techn. Bd. 18, S. 18.
[2] Das vierte Kapitel wurde auch in El. Bahnen, Sonderheft 1928 veröffentlicht.
[3] ETZ 1929, S. 424.

Resonanz auf den Buckel stark, ja bis zur Unmöglichkeit erschwert.

Da das Auftreten eines Buckels wohl nie ganz zu vermeiden ist und bisher nie bewußt auf ein kleinstes Maß herabgedrückt wurde, so besteht für alle bisherigen Bestimmungen von k aus Wanderwellen eine große Unsicherheit. Eine Kritik der Auswertbarkeit älterer und vorliegender Messungen des Verfassers zur Bestimmung von k grenzt dessen Wert zwischen $0{,}12 \cdot 10^{-3}$ und $0{,}20 \cdot 10^{-3}$ ein. (M. Toepler, Arch. El. Bd. 21, H. 5, S. 433.)

Verschiedenes.

Forschungs-Institut für Elektrowärmetechnik in Hannover. Die Karmarsch-Denkmünze für Geheimrat Kohlrausch, Hannover. — Die Hannoversche Hochschulgemeinschaft hatte den Beirat des Forschungs-Instituts für Elektrowärmetechnik Freitag, den 29. November 1929 zu einer Sitzung geladen, die von dem derzeitigen Vorsitzenden des VDE, Herrn Generaldirektor Dr. Krone, Dortmund, geleitet wurde, und in der unter zahlreicher Beteiligung der Leiter des Instituts, Herr Prof. Dr. Dettmar, eingehend berichtete über die bisher durchgeführten Arbeiten (einzelbeheizte Kochgeräte und Wärmespeicher) sowie über die in Gang befindlichen Untersuchungen (Kochplatten, direkt und indirekt wirkende Temperaturregler und Wärmeisolierungen), von denen die Teilnehmer mit Interesse Kenntnis nahmen. Prof. Dr. Dettmar berichtete dann über den derzeitigen Stand der von ihm mit großen Schwierigkeiten eingerichteten Kartei für Elektrowärmetechnik, die bereits über 6000 Eintragungen verfügt. Leider mußte mangels genügender Geldmittel ein Teil der angefangenen Arbeiten des Forschungs-Instituts zeitweise eingestellt werden, weshalb die Aufbringung weiterer Geldmittel dringend erwünscht ist. Ein Rundgang durch die im Kellergeschoß der Hochschule untergebrachten Institutsräume konnte die Teilnehmer von dem flotten Fortgang der von Prof. Dr. Dettmar unter Assistenz des Dipl.-Ing. Backhaus und anderer Herren seit Jahresfrist an Hand einer großen Zahl aus der Industrie stammender Geräte aufgenommenen Forschungsarbeiten überzeugen.

Hervorzuheben ist, daß über die Arbeiten des Forschungs-Instituts bereits zwei gedruckte Mitteilungen vorliegen, u. zw.: „Über die Einzelverluste und den Wirkungsgrad direkt beheizter elektrischer Kochapparate" sowie „Über die Einzelverluste und den Wirkungsgrad elektrischer Heißwasserspeicher", denen in Wissenschaft und Praxis weiteste Verbreitung zu wünschen ist. Beide Mitteilungen sind durch das Forschungs-Institut zu beziehen.

In der am nächsten Tage stattgefundenen ordentlichen Hauptversammlung der Hannoverschen Hochschulgemeinschaft, die von über 400 Teilnehmern besucht war, wurden u. a. rd. 30 000 RM für Forschungs- und wissenschaftliche Arbeiten zur Verfügung gestellt und die Karmarsch-Denkmünze, eine Auszeichnung für verdienstvolle Tätigkeit in Wissenschaft und Praxis, dem Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. Wilh. Kohlrausch, dem Ehrenmitglied des VDE und Altmeister der elektrotechnischen Abteilung an der Technischen Hochschule, der trotz seiner 75 Jahre noch lehrend tätig ist, als „Meister der wissenschaftlichen und praktischen Elektrotechnik" verliehen. Die Karmarsch-Denkmünze ist eine Medaille aus Bronze mit dem von Prof. Ebbinghaus modellierten Kopf des bekannten Technologen Karmarsch, des Begründers und langjährigen Leiters der Vorläuferin der Technischen Hochschule Hannover.

Über die nachmittags gehaltenen Vorträge aus dem Gebiete „Die Deutsche Elektrowirtschaft" wird an anderer Stelle besonders berichtet. *Schp.*

Elektrotechnische Neuerungen. — Die in der ersten Märzwoche 1930 im Hause der Elektrotechnik zu Leipzig stattfindende Frühjahrsausstellung wird wieder eine Fülle von Neuerungen der elektrotechnischen Industrie aufweisen. Wer über seine Neuerungen noch nichts veröffentlicht hat, tut gut, einen kleinen Originalbericht mit Abbildungen für das Frühjahrsmesseheft der ETZ bis spätestens 25. I. 1930 an die Schriftleitung der ETZ, Berlin W 9, Linkstraße 23/24 IV, zu senden.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Zweite Weltkraftkonferenz, Berlin 1930. — Die Geschäftsführung der Zweiten Weltkraftkonferenz hat nunmehr die Anmeldeformulare (Tagungsbeitrag 40 RM) und einen Führer für Besichtigungen von energiewirtschaftlichen Anlagen in Deutschland versandt. Diese Besichtigungen gliedern sich in sieben Gruppen, von denen die 1. Berlin und Umgebung umfaßt, die 2. nach Westen und in das rheinisch-westfälische Industriegebiet, die 3. durch Mitteldeutschland nach Südwesten und Baden, die 4. durch das mitteldeutsche Braunkohlengebiet nach Bayern, die 5. über Sachsen und Niederschlesien nach Oberschlesien, die 6. nach Nordosten in Pommern und Ostpreußen, die 7. in das Gebiet der Hansastädte (Bremen, Hamburg, Lübeck) führen soll. Die Zahl der Teilnehmer kann in deren eigenem Interesse für jede der vorgesehenen Besichtigungsreisen nur beschränkt sein. Wir wiederholen, daß alle Anfragen und die Zweite Weltkraftkonferenz betreffenden Korrespondenzen an Weltkraft, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammadresse: Weltkraft Berlin) zu richten sind.

Auskunftstelle des Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amtes auf der Weltausstellung Antwerpen 1930. — Das Deutsche Ausstellungs- und Messe-Amt beabsichtigt, in Anlehnung an die Beteiligung der Hamburger und Bremer Wirtschaftskreise an der Antwerpener Weltausstellung auf dieser eine Auskunftstelle zu errichten, und bittet Firmen, die an einer Beteiligung Interesse haben, sich wegen näherer Mitteilungen umgehend mit ihm in Verbindung zu setzen.

Internationale Ausstellung Elisabethville (Kongo) 1930. — Aus Anlaß der Jahrhundertfeier Belgiens im Jahr 1930 soll auch in der Kongokolonie, u. zw. in Elisabethville, von Mai bis Juni eine internationale Ausstellung stattfinden und die Gebiete des Handels, der Industrie, der Landwirtschaft sowie in einer allgemeinen Abteilung die koloniale Arbeit umfassen.

Ausstellungs-Messe Nantes 1930. — Vom 3. bis 14. IV. findet in Nantes eine Handelsmesse für den Westen (Foire Commerciale de l'Ouest) statt, u. a. mit einer Abteilung „Elektrizität". Die Teilnahme ausländischer Aussteller ist vorgesehen.

11. Internationale und offizielle Handelsmesse Brüssel 1930. — Diese Messe wird vom 2. bis 16. IV. abgehalten. Ihre Bestimmungen sind beim Deutschen Ausstellungs- und Messe-Amt erhältlich.

Internationale Messe Posen 1930. — Man will dieses Unternehmen vom 27. IV. bis 4. V. wiederholen.

Wiener Frühjahrsmesse 1930. — Der Termin der Messe, die immer in unmittelbarem Anschluß an die Leipziger Messe abgehalten wird, ist auf die Zeit vom 9. bis 16. III. festgesetzt worden.

Energiewirtschaft.

Aus dem Geschäftsbericht der Elektrobank[1]. — Wir entnehmen dem Geschäftsbericht der Bank für elektrische Unternehmungen, Zürich, für 1928/29 zunächst folgende allgemeinen Bemerkungen: „Die stürmische Entwicklung auf dem Gebiete der Elektrizitätswirtschaft geht ohne Rücksicht auf die politischen und wirtschaftlichen Schwankungen unvermindert weiter. In allen Ländern nimmt der Strombedarf stetig zu, und kaum ist ein neues Werk dem Betrieb übergeben, harren schon wieder eine Reihe neuer, noch größerer Projekte der Verwirklichung. Das Vertrauen der Ingenieure und Wirtschafter in die großen Möglichkeiten des elektrischen Arbeitsgebietes scheint auch vom Kapitalanlage suchenden Publikum geteilt zu werden, denn von allen Valoren wurden die Elektrizitätswerte am wenigsten von den Börsenrückschlägen betroffen und erfreuen sich nach wie vor großer Beliebtheit."

Von den Beteiligungen der Elektrobank erstreckt sich eine in Belgien auf die im Sommer gegründete Compagnie Européenne pour Entreprises d'Electricité et d'Utilité Publique (Europel), Brüssel, die, wie der Verwaltungsrat sagt, in der Lage sein werde, in größerem Ausmaß bei der Finanzierung elektrischer und anderer Unternehmungen öffentlichen Interesses mitzuwirken. In Frankreich hat die Electricité de Strasbourg S.A. den Absatz auf 121,1 Mill kWh erhöht; ihre neue Dampfzentrale „Port du Rhin" wird bis 60 000 kW vergrößert. Die Forces Motrices du Haut-Rhin S.A., Mülhausen, lieferte 238,3 Mill kWh und steigert die Betriebsspannung der Übertragungsleitung nach Mülhausen auf 135 kV, um größere Energiemengen aus den Kraftwerken Mühleberg und Grimsel beziehen zu können. Die Zentrale der Compagnie Centrale d'Energie Electrique, Paris, in Grand-Quevilly produzierte 105,5 Mill kWh; ihre Filiale, die Société Algérienne d'Eclairage et de Force hat u. a. die Errichtung eines

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1857.



großen Wärmekraftwerks im Hafen von Algier begonnen; um bedeutende neue Wasserkraftwerke zu bauen, wurde von ihr die Société des Forces Motrices d'Algérie gegründet. Außerdem hat die Compagnie Centrale zur Förderung einer weitgehenden Anwendung der Elektrizität mit befreundeten Unternehmungen die Société Centrale d'Applications Electriques ins Leben gerufen. Der nunmehr reorganisierten Compagnie d'Electricité Industrielle, Paris, ist die Konzession für ihre Hauptzentrale am Lac d'Oo erteilt worden, in der sie eine neue Maschinengruppe von 10 000 kW installiert hat; die gesamte Leistung ihrer drei Wasserkraftanlagen wird bis 1930 60 000 kW erreichen. Eine weitere Ausdehnung des Unternehmens ist projektiert, besonders die Vergrößerung der Anlagen in Marignac. Bei der Société des Forces Motrices de la Vienne, Paris, stieg die Jahreserzeugung um rd. 17 %; die Wasserkraftanlage Jousseau ist vollendet, und die Fertigstellung derjenigen von St. Marc am Taurion, von dem man überdies eine zweite Stufe ausbaut, wird für Anfang nächsten Jahres erwartet. Das Netz der Gesellschaft soll mit denen der Société Nantaise d'Eclairage et de Force par l'Electricité und der Compagnie du Gaz pour la France et l'Etranger verbunden werden. Mit diesen beiden Gesellschaften wurde die Société de Transport d'Energie de l'Ouest (Stello) gegründet, die das restliche Verbindungsstück zwischen den 110 kV-Linien der drei Unternehmungen herstellen wird. Die Société des Forces Motrices de la Vienne hat sich ferner um neue Konzessionen an der Vienne Supérieure bemüht und sich an der Société d'Energie Electrique de la Moyenne Dordogne beteiligt, welch letztere aus dem Fluß 350 000 kW zu gewinnen beabsichtigt. Das Anwachsen der Stromlieferung auf 727 Mill kWh hat in Italien die Società Adriatica di Elettricità, Venedig, veranlaßt, den Bau weiterer Wasserkraftwerke in Aussicht zu nehmen. Bekanntlich wurde von ihr mit befreundeten Gesellschaften die Compagnie Italo-Belge pour Entreprises d'Electricité et d'Utilité Publique geschaffen und von dieser, der Elektrobank usw. wiederum die oben schon genannte Europel, der die Berichterstatterin zahlreiche Beteiligungen abgetreten hat. In Polen ist infolge der Steigerung der Leistung in der Zentrale der Lodzer Elektrizitätsgesellschaft AG. deren Stromabgabe um 26 % auf 80,6 Mill kWh gewachsen; die Anlagen werden um 20 000 kW auf 66 000 kW erweitert. In der Schweiz belief sich die Energielieferung des Kraftwerks Laufenburg auf 384 Mill kWh, d. s. 13 % mehr als 1927; 14,6 Mill kWh wurden von fremden Werken bezogen. Bei den Centralschweizerischen Kraftwerken, Luzern, erhöhte sich die Stromabgabe, einschließlich der angegliederten Werke Altdorf und Schwyz, auf 110,2 Mill kWh. Was Spanien angeht, so hat die Compañia Sevillana de Electricidad, Sevilla, 1928 102,8 Mill kWh gewonnen und die Konzession für die Erstellung einer Wasserkraftanlage am Viar (etwa 80 Mill kWh jährlich) erhalten. Der Stromverbrauch der Compañia Hispano-Americana de Electricidad S.A., Madrid, ist von 498,8 auf 542,9 Mill kWh gewachsen; Ende 1928 betrug ihre Gesamtleistung 392 600 kW. Die erste der beiden Wasserkraftanlagen der Saltos del Alberche, Madrid, genannt Charco del Cura, hat mit 16 200 kW den Betrieb aufgenommen, läßt sich aber erst nach Vollendung der Staumauer für die zweite Zentrale Puente Burguillo voll ausnutzen. Die Regadios y Energia de Valencia S.A., Valencia, welche die Verwertung der Turia bezweckt, befindet sich noch im Anfang der Entwicklung. Der Aktivsaldo der Elektrobank betrug mit Vortrag 9 789 412 Fr (9 656 472 i. V.), woraus wieder 10 % Dividende auf 75 Mill Fr Aktienkapital verteilt worden sind.

Die Energiegewinnung der Welt. — In Abb. 11[1] ist die Menge der 1927 unmittelbar gewonnenen Energieträger einheitlich auf den Maßstab der Kilowattstunde gebracht. Die Darstellung zeigt die beherrschende Stellung der Steinkohle (77 % der Weltenergiegewinnung), die heute noch in allen Erdteilen an der Spitze sämtlicher Energieträger steht. Die flüssigen Brennstoffe konnten sich einen besonders starken Anteil in Amerika und in Asien sichern. Der Beitrag der Wasserkräfte bewegt sich in sehr bescheidenen Grenzen. Selbst in Afrika, das fast die Hälfte aller Wasserkraftvorkommen der Welt besitzt, ist ihre Beteiligung an der Energiegewinnung nur äußerst gering. Das gleiche gilt für den Anteil der Braunkohle. Entfielen doch von den 1928 auf der Erde geförderten 213,5 Mill t allein 166,2 Mill t auf Deutschland. Da die Elektrizitätsgewinnung der Welt im Jahre 1927 etwa 230 Mrd kWh betragen haben dürfte, sind also aus den geförderten Kohle- und Erdölmengen sowie aus den ausgenutzten Wasserkräften nur 14 % der darin enthaltenen Energien in elektrischen Strom umgewandelt worden. Dehne.

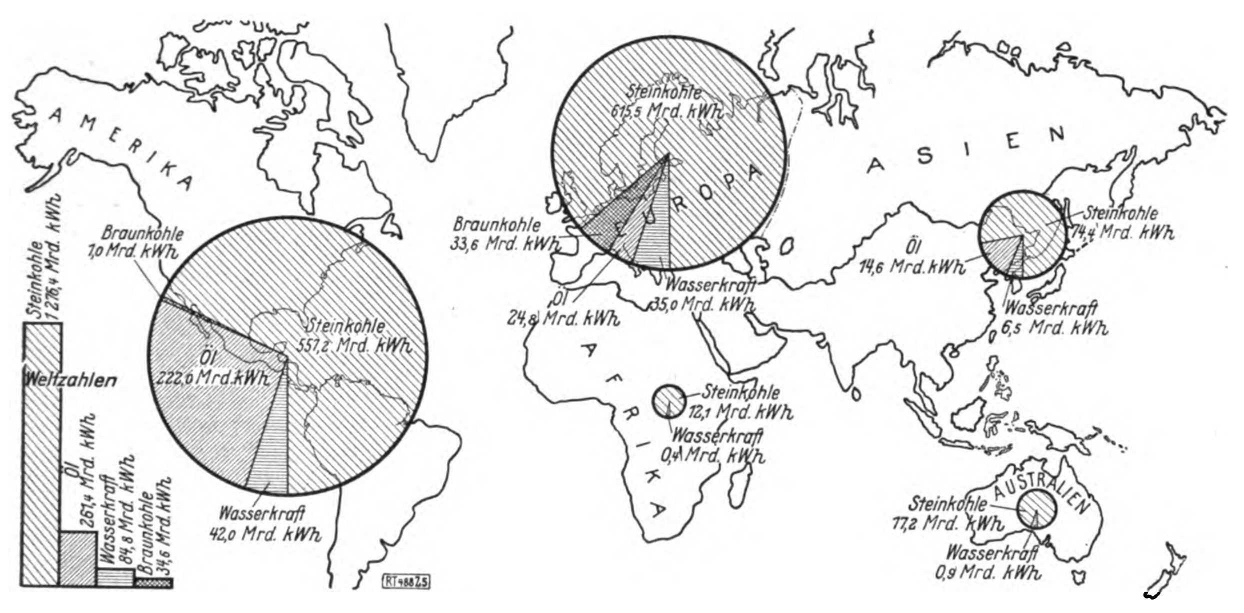


Abb. 11. Die Weltenergiegewinnung 1927.

GEWERBLICHER RECHTSSCHUTZ.

Ausfertigung von Patenturkunden. — Durch eine Entscheidung der Beschwerdeabteilung II vom 30. VIII. 1929 wird der Grundsatz aufgestellt, daß über den im Patentgesetz vorgesehenen Fall der Ausfertigung einer Urkunde nach der Erteilung des Patents an den Patentinhaber hinaus weitere Ausfertigungen zulässig sind, wenn nach Ansicht des Patentamts ein berechtigtes Interesse besteht. Ein solches wurde bisher schon bei Verlust der Urkunde angenommen. Im vorliegenden Fall waren zwei Patentinhaber in Meinungsverschiedenheiten geraten. Der eine wollte unabhängig vom andern über seinen Anteil am Patent verfügen und hatte deshalb die Ausfertigung einer besonderen Urkunde beantragt. Die Beschwerdeabteilung stellte fest, daß ihm für diese Verfügungsmöglichkeit die Ausfertigung der Patenturkunde von großem Nutzen sein könne, weil bei etwaigen Verhandlungen über eine Verwertung des Anteils in der Regel die Vorlegung der Patenturkunde verlangt wird. Die Beschwerdeabteilung führte dann aus, daß sich Mißbrauch mit einer weiteren Ausfertigung der Urkunde nicht treiben lasse, wenn man diese in einer Weise bezeichne, die das Vorhandensein einer ersten Ausfertigung

[1] Aus Techn. Wirtsch. (VDI-Verlag) Bd. 22, 1929 S. 288.

ersichtlich mache. Zudem sei die Patenturkunde nicht Trägerin des Patentrechts, sondern nur Beweisurkunde für die Tatsache der Patenterteilung.

Zahlung von Anmeldegebühren im patentamtlichen Verfahren. — Das Reichspatentamt hat kürzlich darauf aufmerksam gemacht, daß häufig bei der Anmeldung von Patenten, Gebrauchsmustern oder Warenzeichen nicht, wie die gesetzlichen Vorschriften vorsehen, gleichzeitig die tarifmäßige Gebühr eingezahlt werde. Das Amt sei gesetzlich nicht verpflichtet, die Abweisung der Anmeldung wegen Nichtzahlung der Anmeldegebühr von einer vorherigen besonderen Zahlungsaufforderung abhängig zu machen (was z. Z. seine Praxis ist). In der bezüglichen Mitteilung wird ferner auf die Notwendigkeit hingewiesen, bei allen Zahlungen für Neuanmeldungen den Namen des Anmelders und den Gegenstand der Anmeldung, bei allen sonstigen Zahlungen das Aktenzeichen oder die Rollennummer anzugeben, weil sonst neben der Erschwerung des Geschäftsganges auch die schädliche Folge eintreten kann, daß bei nicht rechtzeitiger Feststellung der Zugehörigkeit der geleisteten Zahlung die Zurückweisung des damit verbundenen Antrags droht.

Ausübungszwang in Kanada. — In einer Entscheidung vom 26. VIII. 1929, die das Patent 252 124 betraf, hat der Präsident des kanadischen Patentamts folgende wichtigen Grundsätze über die Handhabung des Ausübungszwangs aufgestellt: „Man kann von dem Patentinhaber vernünftigerweise nicht verlangen, daß er eine Fabrikation in Kanada beginnt, bevor ein genügendes Bedürfnis für den Artikel vorhanden ist, um eine Basis für die Fabrikation abzugeben, oder bevor er die Möglichkeit hatte, sein Produkt einzuführen, es den Interessenten bekannt zu machen und damit einen Markt dafür zu schaffen. Der Patentinhaber hat sich vor Ablauf der Dreijahresfrist bemüht, den patentierten Artikel einzuführen, und auch mit dem Kläger verhandelt, damit dieser den Artikel in Kanada herstellt und den Anforderungen des Gesetzes entspricht. Die Verhandlungen wurden nicht früher begonnen, weil die Nachfrage nicht einen genügenden Umfang der Fabrikation gewährleistete, um diese einträglich zu gestalten. Es ist behauptet worden, daß die Wirkung des Gesetzes automatisch eintritt und daß, wenn die Fabrikation nicht innerhalb von drei Jahren begonnen hat, das Patent widerrufen werden kann oder daß eine Zwangslizenz erteilt werden muß. Ich weigere mich, die § 40 und 41 des Gesetzes so auszulegen. Patente werden nicht nur erteilt, um dem Patentinhaber eine Pflicht aufzuerlegen, deren Erfüllung nicht immer möglich ist. Das Gesetz muß dem Patentinhaber ein gewisses Maß von Schutz geben, und er sollte nicht mit dem Verlust seines ausschließlichen Rechts bestraft werden, wenn die Nichtausführung auf Umstände zurückzuführen ist, die nicht in seiner Macht liegen oder wo der Markt nicht darauf vorbereitet ist, den patentierten Artikel aufzunehmen. Ich finde, daß der Patentinhaber sich zunächst bemüht hat, den patentierten Gegenstand auf dem kanadischen Markt einzuführen und ihn als einen sehr wünschenswerten Artikel bekanntzumachen, und daß er nachher versucht hat, wegen der Fabrikation des Gegenstandes mit den beiden Firmen zu verhandeln, von denen bekannt war, daß sie allein die richtige Einrichtung dafür besitzen." Aus diesen Gründen kommt der Präsident zu einer Zurückweisung der Klage; das Urteil legt besonderen Wert auf die Bemühungen des Patentinhabers um Fabrikation seiner Erfindung in Kanada, selbst wenn diese Bemühungen erfolglos waren.

Gewerblicher Rechtsschutz in Ägypten. — Bisher bestand an jedem der drei gemischten Gerichte Ägyptens, Kairo, Alexandria und Mansourah, ein Register zur Eintragung gewerblicher Schutzrechte, so daß man, um vollständigen Schutz zu haben, drei Eintragungen benötigte. Nach einem Beschluß des gemischten Berufungsgerichts in Alexandria wird nunmehr bei ihm am 1. I. 1930 ein einziges Register für ganz Ägypten eingerichtet, das zur Eintragung von Erfindungspatenten, Warenzeichen, literarischem, künstlerischem und musikalischem Eigentum dient. Das vereinfacht die Erwirkung von Schutz in Ägypten wesentlich.

Beitritt zu den Haager Abkommen. — Brasilien ist mit Wirkung vom 26. X. 1929 dem Pariser Unionsvertrag für den Schutz des gewerblichen Eigentums sowie dem Madrider Abkommen über die Unterdrückung falscher Herkunftsbezeichnungen und über die internationale Eintragung von Warenzeichen in der Fassung der Haager Konferenz vom 6. XI. 1925 beigetreten.

Ferner hat Großbritannien für seine Kolonie der Inseln Trinidad und Tobago den Beitritt zu den ersten beiden Abkommen mit Wirkung vom 21. X. 1929 angezeigt.

Patentanwalt Dipl.-Ing. H. Herzfeld I, Berlin.

VEREINSNACHRICHTEN.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Einladung

zur ordentlichen Sitzung am Dienstag, dem 17. Dezember 1929, 7¼ Uhr abends in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, Erweiterungsbau Saal Nr. 301.

Tagesordnung:

1. Geschäftliche Mitteilungen.
2. Vortrag des Herrn Obering. Dr.-Ing. Kesselring über das Thema: „Der Expansionsschalter (Hochleistungschalter ohne Öl)".

Inhaltsangabe:

1. Das allgemeine Grundgesetz der Flüssigkeitschalter.
2. Einige aus dem Grundgesetz hervorgehende Ausführungsformen des Expansionsschalters.
3. Die thermodynamischen Vorgänge während der Abschaltung.
4. Der Löschvorgang.
5. Der konstruktive Aufbau des Expansionsschalters.
6. Anwendung des Grundgesetzes auf die verschiedenen Flüssigkeitschalter.
7. Gegenüberstellung der Löschkurven des Preßluft- und Expansionsschalters.

Einlaß in den Vortragsaal gegen Vorzeigung der Mitgliedskarten.

Auf den Namen ausgestellte Gastkarten werden bei Vorausbestellung bis 16. Dezember von der Geschäftstelle des Elektrotechnischen Vereins, Berlin W 35, Potsdamer Straße 118 a II, ausgegeben.

Nachsitzung im „Grand-Hotel am Knie", Charlottenburg, Bismarckstr. 1.

Elektrotechnischer Verein e. V.
Der Vorsitzende
K. W. Wagner.

Vorläufige Anzeige

betr. 50jähriges Bestehen des Elektrotechnischen Vereins.

Der Elektrotechnische Verein, der Ende Dezember 1879 gegründet worden ist, wird infolgedessen demnächst 50 Jahre bestehen. Aus mehrfachen Gründen wird die Jubiläumsfeier in der Zeit vom 24. bis 27. Januar 1930 stattfinden. In Aussicht genommen ist die nachstehende „Vorläufige Festfolge":

Freitag, den 24. Januar 1930.

a) 2 Uhr nachmittags: Festsitzung in Krolls Großem Festsaal, Berlin NW 40, Platz der Republik 7.
Ansprache des Vorsitzenden mit einem kurzen Rückblick auf die Entwicklung der Elektrotechnik in den vergangenen 50 Jahren.
Glückwünsche anderer Vereine usw.
Ehrungen.

b) 8 Uhr abends Festessen mit Ball in Krolls sämtlichen Sälen.

Sonnabend, den 25. Januar 1930.

a) 10 Uhr vormittags bis 1 Uhr nachmittags, 3 bis 6 Uhr nachmittags: Technisch-wissenschaftliche Tagung im Langenbeck-Virchow-Haus (Großer Saal), Berlin NW 6, Luisenstr. 58/59, bestehend aus Vorträgen hervorragender Fachmänner über elektrotechnische Themen von allgemeinem Interesse.

b) Abends: Bierabend von 8 Uhr ab (Hotel wird noch bekanntgegeben).



Sonntag, den 26. Januar 1930.
Führung durch Berliner Museen.
Montag, den 27. Januar 1930.
Besichtigung technischer und anderer Betriebe.

Die Einzelheiten werden später bekanntgegeben werden; die Einladungen werden rechtzeitig ergehen.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929.

Das VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929 der XXXIV. Jahresversammlung des VDE in Aachen ist soeben erschienen. Der Inhalt des Heftes gibt die auf der XXXIV. Jahresversammlung des VDE am 8. und 9. Juli 1929 in der Technischen Hochschule Aachen gehaltenen Fachberichte nebst den anschließenden Besprechungen wieder. Die Preise sind:

Für Mitglieder geheftet	5,—	RM,
„ „ gebunden . . .	6,—	„
für Nichtmitglieder geheftet . .	9,—	„
„ „ gebunden . .	10,—	„
Versandkosten	0,50	„

Bestellungen bitten wir umgehend an die Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten. Der Versand erfolgt sofort.

Kommission für Freileitungen.

Die Jahresversammlung 1929 hatte die Kommission bevollmächtigt, den in ETZ 1929, S. 434, 726 und 947 veröffentlichten Schlußentwurf der

„Vorschriften für Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930"

einer nochmaligen Überprüfung zu unterziehen, um nach Ablauf der Einspruchsfrist noch eingegangene Anregungen gegebenenfalls bei dem endgültigen Wortlaut zu berücksichtigen sowie das Ergebnis der zur Zeit der Jahresversammlung noch schwebenden Verhandlungen mit dem Deutschen Straßenbauverband in den endgültigen Wortlaut hineinzuarbeiten.

Diese Überprüfung ist im Einvernehmen mit den Antragstellern erfolgt. Außerdem ist das Ergebnis der Verhandlungen mit dem Deutschen Straßenbauverband in §§ 32 und 36 aufgenommen.

Die Kommission hat weiter, dem Beispiel der Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften folgend, auch für die neuen V.S.F./1930 die Trennlinie von 1000 V eingeführt, so daß jetzt zwischen Freileitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV und solchen mit Betriebspannungen von 1 kV und darüber unterschieden wird. Die hierdurch bedingten Änderungen sind ebenfalls in dem nachstehenden Nachtrag 3 wiedergegeben.

Der Vorstand hat den nachstehend veröffentlichten Änderungen an dem Schlußentwurf in seiner am 8. November 1929 abgehaltenen Sitzung zugestimmt, so daß die V.S.F./1930 mit diesen Änderungen am 1. Januar 1930 in Kraft treten.

Nachtrag 3 zum Schlußentwurf der „Vorschriften für den Bau von Starkstrom-Freileitungen V.S.F./1930".

Inhaltsübersicht.

III. Freileitungen für Betriebspannungen von 1 kV und darüber.

IV. Freileitungen für Betriebspannungen unter 1 kV.

II. Begriffserklärungen.

§ 3.

Die Vorschrift a) erhält folgenden erweiterten Wortlaut:

„a) Freileitung im Sinne dieser Vorschriften ist die Gesamtheit der zu einem Zug vereinigten oberirdischen Starkstromleitungen mit allen Einrichtungen zur Führung der Leitungen, also den Stützpunkten — wie Maste und deren Fundierung, Dachständer, Konsole u. dgl. —, den Leitungsträgern, Isolatoren, Leitungen und Erdungen."

Die Vorschrift f) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„f) Dauerzugfestigkeit der Leitungen im Sinne dieser Vorschriften ist die größte statische Zugspannung, die eindrähtige Leitungen oder zu Seilen verwendete Drähte 1 Jahr lang aushalten müssen, ehe sie zerreißen."

Hierdurch wird an allen übrigen Stellen der Vorschriften, an denen das Wort „Dauerfestigkeit" gebraucht war, dieses Wort abgeändert in „Dauerzugfestigkeit".

Die Vorschrift g) erhält folgenden erweiterten Wortlaut:

„g) Höchstzugspannung im Sinne dieser Vorschriften ist die Zugspannung im tiefsten Punkt der Leitungen, die nach dem bei der Verlegung gewählten Durchhang weder bei — 5° mit der der Berechnung zugrunde gelegten Zusatzlast noch bei — 20° ohne Zusatzlast überschritten wird."

Die der Vorschrift h) angefügte Erklärung wird gestrichen.

III. Freileitungen mit Betriebspannungen von 1 kV und darüber.

A. Leitungen.

§ 4.

Schutz gegen Berührung. Abstände von Gebäuden.

Der 1. Abs. der Vorschrift c) erhält folgenden erweiterten Wortlaut:

„c) Die Führung von Leitungen über Gebäude ist im eigentlichen Stadtgebiet tunlichst zu vermeiden; dieses gilt besonders für Industriebauten, in denen feuergefährliche Stoffe verarbeitet oder gelagert werden. Über Gebäude mit weicher Bedachung (Pappe auf Holzverschalung, Stroh-, Rohr-, Ret-. Schindel-, Lehmschindel- u. dgl. Dächer) dürfen Leitungen nicht hinweggeführt werden, es sei denn, daß der Abstand vom Dachfirst bis zur untersten Leitung mindestens 12 m beträgt."

Die Unterabschnitte der Vorschrift c), die mit α) und β) gekennzeichnet sind, erhalten folgenden Wortlaut:

„α) Der senkrechte Abstand zwischen den nicht ausgeschwungenen Leitungen und darunterliegenden Gebäudeteilen (Dachfirst, Oberkante der Schornsteine u. dgl.) muß mindestens 3 m betragen und zwar bei Leitungen mit Kettenisolatoren auch dann, wenn die unterste Leitung in einem benachbarten Feld bei größtem Durchhang reißt oder, wenn sie bei normaler Eisbelastung den Eisbehang in beiden Nachbarfeldern abgeworfen, im Kreuzungsfeld dagegen noch festgehalten hat.

β) Bei der Führung seitlich von Gebäuden oder Gebäudeteilen dürfen sich Leitungen, die sich leicht ausschalten lassen, im ungünstigsten Falle und im unbeschädigten Zustande festen Gebäudeteilen nicht auf weniger als 3 m nähern können. Alle übrigen Leitungen dürfen sich im ungünstigsten Falle und im unbeschädigten Zustande festen Gebäudeteilen nicht auf weniger als 5 m nähern können.

In beiden Fällen ist das Ausschwingen der Leitungen zu berücksichtigen."

§ 6.

Beschaffenheit der Leitungsdrähte und Leitungseile. Mindestquerschnitte.

Die Vorschrift d) wird durch folgenden, am Schluß anzufügenden neuen Absatz erweitert:

„Eindrähtige Leitungen sind nur bis 80 m Spannweite zulässig (Ausnahme für Fernmeldeleitungen siehe § 11)."

§ 7.

Zulässige Zugspannungen.

Die Vorschrift a) wird in Vorschriften a) bis c) mit folgendem Wortlaut aufgeteilt:

„a) In Gegenden, in denen im allgemeinen keine größere als die normale Zusatzlast [siehe § 8 b)] zu erwarten ist, sind folgende Höchstzugspannungen zulässig:

bei eindrähtigen Kupferleitungen . . .	12 kg/mm²
bei Kupferseilen	19 „
bei Aluminiumseilen	8 „
bei Stahlaluminiumseilen, die den Bedingungen nach §§ 5 u. 6 a) entsprechen, auf den Gesamtquerschnitt bezogen . .	11 „

bei Seilen aus Bronze Bz II . . . . . . 30 kg/mm²
bei eindrähtigen Leitungen aus anderen Werkstoffen . . . . 35 %,
bei Seilen aus anderen Werkstoffen . . 50 „
der Dauerzugfestigkeit.

b) Da bei großen Spannweiten die Zugspannung in den Aufhängepunkten der Leitungen nicht mehr vernachlässigt werden darf — bei normalen Spannweiten ist der Zuwachs der Zugspannung gegenüber der Spannung im tiefsten Punkt so gering, daß er vernachlässigt werden kann —, darf bei einfacher normaler Zusatzlast die Zugspannung an diesen Aufhängepunkten der Leitungseile die Höchstzugspannung nach a) um höchstens 5 % überschreiten.

Da die Sicherheit der Leitungen bei auftretenden Zusatzlasten mit wachsender Spannweite abnimmt, ist der Nachweis zu erbringen, daß bei Leitungseilen die 2-fache normale Zusatzlast den Werkstoff an den Aufhängepunkten höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht.

c) Die vorstehenden Anforderungen gelten für Leitungseile als erfüllt, ein besonderer Nachweis erübrigt sich also, wenn bei den unter a) festgelegten Höchstzugspannungen die in der nachstehenden Tafel I angegebenen Grenzspannweiten nicht überschritten werden.

Die zulässigen Spannweiten für eindrähtige Leitungen sind in §§ 6 und 11 festgelegt.

Die nachstehenden Grenzspannweiten sind nach der Gleichung der Kettenlinie berechnet.

Tafel I.

Nenn-Querschnitt[2]	Grenzspannweiten									
	Kupfer	Bronze			Aluminium	Stahlaluminium	Stahl[3] mit Prüffestigkeit in kg/mm²			
		Bz I[3]	Bz II	Bz III[3]			40	70	120	150
mm²	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
10	260		420		—	—				
16	350		550		—	—				
25	430		690		60	—				
35	510		810		80	160				
50	590		950		110	210				
70	670		1080		140	280				
95	760		1220		190	370				
120	810		1310		230	470				
150	870		1400		290	630				
185	920		1480		360	860				

[2] Für Stahlaluminiumseile geben die Zahlen die entsprechenden Seilnummern an.
[3] Grenzspannweiten für Seile aus Bronze Bz I und Bz III sowie für Stahlseile werden nachgetragen, sobald die eingeleiteten Versuche zur Bestimmung der Dauerzugfestigkeit abgeschlossen sind."

Die bisherigen Vorschriften b) und c) erhalten die Kennbuchstaben d) und e).

§ 8.

Durchhang.

Tafel II und die zugehörende Fußnote 4 werden, wie folgt, geändert (s. nächste Spalte oben):

§ 11.

Fernmeldeleitungen am Gestänge von Starkstromleitungen.

Dieser Paragraph erhält folgende geänderte Fassung:

„a) Fernmeldeleitungen, die mit Starkstromleitungen am gleichen Gestänge geführt sind, müssen so eingerichtet sein, daß gefährliche Spannungen in ihnen nicht auftreten können, oder sie sind entsprechend der induzierten Spannung wie Starkstromleitungen zu behandeln.

Bezüglich der Gefährdung von Fernmeldeleitungen durch unmittelbare Berührung mit Starkstromleitungen siehe §§ 32 und 36.

Fernmeldeleitungen dürfen am gleichen Gestänge nur unterhalb der Starkstromleitungen verlegt werden.

b) Bei Spannweiten bis 120 m wird Bronze-, Doppelmetall- und Stahldraht, dessen Nennlast mindestens 380 kg beträgt, mit einem geringeren Querschnitt als 10 mm² zugelassen. Im übrigen gelten für Fernmeldeleitungen, die mit Starkstromleitungen am gleichen Gestänge geführt sind, §§ 5 bis 8."

B. Isolatoren und Zubehör.

§ 12.

Isolatoren.

Die Vorschrift a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Für die Prüfung der Isolatoren gelten die „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen für Spannungen von 1000 V an". Soweit die Isolatoren genormt sind, gelten außerdem die diesbezüglichen Normblätter DIN VDE 8002 bis 8005, 8007 und 8008. Noch nicht genormte Isolatoren müssen in elektrischer und — bei Abspannpunkten — auch in mechanischer Hinsicht die gleiche Sicherheit wie die genormten Isolatoren bieten."

Tafel II.

Werkstoff	Eigengewicht je kg/cm³	Wärmedehnungzahl ε_t für 1°	Elastische Dehnungzahl a in cm²/kg	Dauerzugfestigkeit in kg/mm²	Prüffestigkeit in kg/mm²
Kupfer	$8{,}9 \cdot 10^{-3}$	$1{,}7 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1{,}3 \cdot 10^6}$	34	40
Bronze Bz I nach DIN VDE 8300	$8{,}9 \cdot 10^{-3}$	$1{,}7 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1{,}3 \cdot 10^6}$	*4	52
Bronze Bz II nach DIN VDE 8300	$8{,}65 \cdot 10^{-3}$	$1{,}66 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1{,}3 \cdot 10^6}$	52	64
Bronze Bz III nach DIN VDE 8300	$8{,}65 \cdot 10^{-3}$	$1{,}63 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1{,}3 \cdot 10^6}$	*4	70
Aluminium	$2{,}70 \cdot 10^{-3}$	$2{,}3 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{0{,}56 \cdot 10^6}$	12	18
Stahlaluminium (nach § 6a) . . .	$3{,}45 \cdot 10^{-3}$	$1{,}918 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{0{,}745 \cdot 10^6}$	—	—
Stahl mit 40 kg/mm² verzinkt .	$7{,}8 \cdot 10^{-3}$	$1{,}23 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1{,}92 \cdot 10^6}$	*4	40
Stahl mit 70 kg/mm² verzinkt .	$7{,}8 \cdot 10^{-3}$	$1{,}1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{1{,}96 \cdot 10^6}$	*4	70
Stahl mit 120 kg/mm² verzinkt .	$8{,}0 \cdot 10^{-3}$	$1{,}1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{2{,}0 \cdot 10^6}$	*4	120
Stahl mit 150 kg/mm² verzinkt .	$8{,}0 \cdot 10^{-3}$	$1{,}1 \cdot 10^{-5}$	$\frac{1}{2{,}0 \cdot 10^6}$	*4	150

*4 Dauerzugfestigkeit für Bronze Bz I und Bz III sowie für Stahl wird nachgetragen, sobald die eingeleiteten Versuche abgeschlossen sind. Bis zur Bekanntgabe dieser Werte sind diese Werkstoffe mindestens mit 2,5-facher Sicherheit, bezogen auf die Prüffestigkeit, zu spannen.

Die Vorschrift d) erhält für den Unterabschnitt 2 α) folgenden geänderten Wortlaut:

„2. Stichprobenprüfung.

α) Mechanische Prüfung von Stützenisolatoren. Stützenisolatoren, die für Abspannzwecke verwendet werden, müssen stichprobenweise gemäß § 9 a) der unter a) genannten Leitsätze mit entsprechend starken eingekitteten oder eingebleiten Versuchstützen geprüft werden. Hierbei müssen genormte Isolatoren die in DIN VDE 8002 bis 8005 aufgeführten, nicht genormte Isolatoren die entsprechenden Mindestbruchlasten haben."

§ 13.

Isolatorstützen und Aufhängeteile.

Die Vorschrift a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Für Isolatorstützen und Aufhängeteile gelten die gleichen Grundsätze wie für Stahlmaste und außerdem die Normblätter DIN VDE 8040 bis 8045."

C. Gestänge.

3. Stahlmaste.

§ 24.

Zulässige Spannungen.

Abs. 2 und 3 der Vorschrift c) erhalten folgende geänderte Fassung:

„Für die verschiedenen Schlankheitsgrade von Stäben aus Flußstahl ist ω aus Tafel VI zu entnehmen. Zwischenwerte sind geradlinig einzuschalten.

In Tafel VI bedeuten:

$$\lambda = \frac{s_K}{i}\,, \text{ wobei } i = \sqrt{\frac{I}{F}}\,,$$

I = das für die Berechnung in Frage kommende Trägheitsmoment des ungeschwächten Stabes,
F = Querschnitt des ungeschwächten Stabes,

$$\omega = \frac{\text{zulässige Zug- und Biegungspannung}}{\text{zulässige Druckspannung}} = \frac{\sigma_{zul}}{\sigma_{d_{zul}}} \text{ ist.}$$

Bei der Berechnung von Tafel VI sind:
der Elastizitätsmodul $E = 2\,100\,000$ kg/cm² und
die Streckgrenze $\sigma_S = 2400$ kg/cm²
angenommen."

Die Erklärung zu der Vorschrift d) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„Sind bei einem Gittermast aus einfachen Winkeleisen die in der Abwicklung der Mastseiten in gleicher Höhe liegenden Streben parallel gerichtet, so kann bei der Berechnung der Eckstäbe das Trägheitsmoment auf die zu einem Winkelschenkel parallele Achse bezogen werden (I_x oder I_y, siehe DIN 1028). Bei nicht parallel gerichteten Streben ist das kleinste Trägheitsmoment (I_η) einzusetzen (siehe Abb. 2).

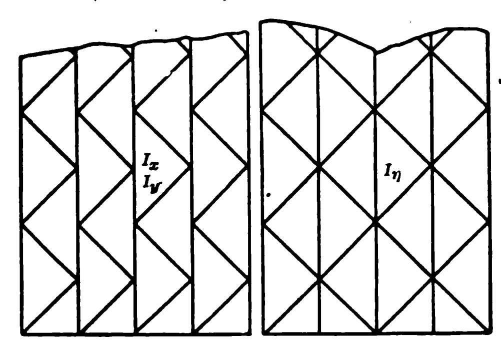


Abb. 2.

In Tafel VI wird der ω-Wert für λ = 140 von 4,64 geändert in: 4,63.

D. Besondere Bestimmungen.

§ 32.

Kreuzungen und Parallelführungen.

Dieser Paragraph erhält folgende geänderte Fassung:

„a) Wenn Freileitungen über Ortschaften, bewohnte Grundstücke oder gewerbliche Anlagen geführt werden, müssen sie mit erhöhter Sicherheit (siehe § 33) ausgeführt werden.

An Stelle der Ausführung mit erhöhter Sicherheit können auch Vorrichtungen angebracht werden, die herabfallende Leitungen auffangen (z. B. Schutznetze, Schutzleitungen oder dgl.). Ihre Anwendung ist jedoch möglichst einzuschränken.

Ferner muß Vorsorge getroffen werden, daß bei ungleicher Eisbelastung der Felder oder bei Leitungsbruch in den Nachbarfeldern kein unzulässig großer Durchhang in den zu schützenden Teilen der Felder eintritt oder, daß der erhöhte Durchhang in seinen Folgen unschädlich gemacht wird.

Schutznetze, Schutzleitungen oder dgl. müssen so gestaltet oder angebracht werden, daß eine Berührung zwischen den unbeschädigten Leitungen und ihnen verhütet wird und, daß gerissene Leitungen von ihnen aufgefangen werden können. Sie müssen, wenn sie nicht geerdet werden können, entsprechend der höchsten hier vorkommenden Spannung isoliert sein. Sind sie aber geerdet, so müssen sie für den höchsten hier möglichen Erdschlußstrom ausreichend bemessen sein.

Für Gestänge, die nur für die Aufhängung von Schutznetzen, Schutzleitungen oder dgl. bestimmt sind, gelten die Bestimmungen für die Freileitungsgestänge sinngemäß mit Ausnahme der Berechnung auf Verdrehen.

b) Wenn Freileitungen verkehrsreiche Fahrwege kreuzen, müssen sie mit erhöhter Sicherheit (siehe § 33) unter Anwendung zusätzlicher Maßnahmen ausgeführt werden.

Diese Maßnahmen sind:

1. Bei Verwendung von einfachen Holzmasten darf die Spannweite nicht mehr als 50 m betragen;
2. Einfach- oder Doppel-Holzmaste dürfen nur mit besonderen Erdfüßen verwendet werden;
3. Schalter sind an Kreuzungsmasten nicht zugelassen; Masttransformatorenstationen sind an den Kreuzungen zu vermeiden;
4. Einfachketten aus Kappenisolatoren unter Erhöhung des Isolationswertes oder Doppelketten aus Kappen- oder Vollkernisolatoren ohne Erhöhung des Isolationswertes [siehe § 33c), 2] sind zulässig, wenn entweder die Hängeketten oben und unten mit Schutzhörnern oder Schutzringen ausgerüstet sind oder, wenn die Befestigung der Leitungen an den Isolatorenketten so ausgeführt ist, daß die Ketten beim Reißen der Leitungen im Nachbarfeld als Abspannketten wirken können;
5. Leitungen müssen im Kreuzungsfeld aus einem Stück ohne Verbindungsstellen bestehen;
6. Der nach § 4 für den normalen Zustand mit mindestens 7 m vorgeschriebene Abstand der Leitungen von der Fahrbahn darf bei ungleicher Eisbelastung der Felder oder bei Leitungsbruch in den Nachbarfeldern nicht kleiner als 5 m werden.

Handelt es sich aber um die Kreuzung einer verkehrsreichen Straße einer Großstadt, so gilt außerdem noch folgendes:

7. Die Höchstzugspannung der Leitungen darf 75 % der in § 7 a) festgelegten Werte nicht übersteigen und die Spannweite muß so gewählt werden, daß die 4-fache normale Zusatzlast [siehe § 8 b)] den Werkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht;
8. Stahlgittermaste müssen quadratischen Querschnitt haben.

Wird eine Freileitung in einer verkehrsreichen Straße einer Großstadt geführt, so sind die zusätzlichen Maßnahmen unter Ziffern 1 bis 3 und 5 bis 8 anzuwenden; an Stelle von Ziffer 4 tritt jedoch die nachstehende Ziffer 9:

9. Einfach-Isolatorenketten sind nicht zulässig. Anzuwenden sind Doppel-Isolatorenketten ohne Erhöhung des Isolationswertes, die oben und unten mit Schutzhörnern oder Schutzringen auszurüsten sind.

c) Wenn sich Freileitungen verkehrsreichen Fahrwegen so weit nähern, daß die Entfernung der Maste von der Straßengrenze kleiner als die Masthöhe über dem Erdboden ist, so müssen die Freileitungen mit erhöhter Sicherheit (siehe § 33) ausgeführt werden. Bei Verwendung von Einfach- oder Doppel-Holzmasten müssen außerdem Vorkehrungen gegen deren Umbruch nach der Straße zu getroffen werden.

Als Vorkehrung gegen Umbruch der Holzmaste nach der Straße zu genügt z. B. die Anordnung von Streben an jedem vierten oder fünften Einfach- oder Doppelmast.

d) Bei sich kreuzenden oder parallel verlaufenden Leitungen, die an getrenntem oder gemeinsamem Gestänge geführt sind, ist durch die Leitungsführung oder durch besondere Vorkehrungen dafür zu sorgen, daß Berührung oder unzulässige Annäherung der beiden Arten von Leitungen verhütet oder ungefährlich gemacht werden.

Empfohlen wird, bei übereinander geführten Leitungen, die Leitungen mit der höheren Spannung oben und die Leitungen mit der niedrigeren Spannung unten anzuordnen.

Diese Forderungen gelten als erfüllt, wenn bei Kreuzungen oder bei parallel übereinander geführten Leitungen die nachstehenden Bestimmungen angewendet werden:

1. Bei Kreuzungen zwischen zwei Stromkreisen, die beide Betriebspannungen von 1 kV und darüber führen, müssen die Leitungen des oben liegenden Stromkreises mit erhöhter Sicherheit verlegt werden, sofern keine Schutznetze oder Schutzleitungen verwendet sind. Zwischen den beiden sich kreuzenden Stromkreisen muß — auch bei größtem Durchhang (siehe § 8) — ein Mindestabstand von 2 m gewahrt bleiben; sind aber die Leitungen des oben liegenden Stromkreises mit Kettenisolatoren ausgerüstet, dann darf — auch bei ungleicher Eisbelastung der Felder oder bei Leitungsbruch in den Nachbarfeldern — der Mindestabstand zwischen den Leitungen nicht kleiner als 1 cm/1 kV Betriebspannung, jedoch nicht kleiner als 0,5 m sein.
2. Bei Kreuzungen zwischen zwei Stromkreisen, von denen der eine eine Betriebspannung von 1 kV und darüber, der andere aber eine Betriebspannung unter 1 kV führt, müssen die Leitungen des oben liegenden Stromkreises mit erhöhter Sicherheit verlegt werden, sofern keine Schutznetze verwendet sind. Außerdem sind im Zuge der Leitungen des unten liegenden Stromkreises über diesen zwei oder mehrere geerdete, elektrisch und mechanisch ausreichend bemessene Schutzdrähte oder -seile anzuordnen, die von den Leitungen des oben liegenden Stromkreises — auch bei größtem Durchhang (siehe § 8) — einen Mindestabstand von 2 m haben müssen. Der Nulleiter darf jedoch nicht als Schutzleitung verwendet werden.

Von der Anbringung von Schutzleitungen kann abgesehen werden, wenn die Höchstzugspannung der



Leitungen des o b e n liegenden Stromkreises 75 % der in § 7 a) festgelegten Werte nicht übersteigt und ihre Spannweite so gewählt wird, daß die 4-fache normale Zusatzlast [siehe § 8 b)] den Werkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht. In Gegenden, in denen nachweislich größere Zusatzlasten als die normale regelmäßig aufzutreten pflegen, darf das 4-fache der größeren Zusatzlast den Werkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beanspruchen.

Ferner muß, wenn von der Anbringung von Schutzleitungen abgesehen wird, zwischen den sich kreuzenden Stromkreisen — auch bei größtem Durchhang (siehe § 8) — ein Mindestabstand von 2 m gewahrt bleiben; sind aber die Leitungen des o b e n liegenden Stromkreises mit Kettenisolatoren ausgerüstet, dann darf — auch bei ungleicher Eisbelastung der Felder oder bei Leitungsbruch in den Nachbarfeldern — der Mindestabstand nicht kleiner als 1,5 m sein.

3. Bei Kreuzungen von Fernmeldeleitungen durch Starkstromleitungen mit Betriebspannungen von 1 kV und darüber gelten die Bestimmungen unter 2.

   Handelt es sich aber um Betriebsfernmeldeleitungen, bei denen Vorrichtungen angebracht sind, die eine Gefährdung des Bedienungspersonales bei Übertritt der Spannung von 1 kV und darüber auf die Fernmeldeleitungen ausschließen (z. B. Schutztransformatoren mit genügend hoher Isolation), so gelten die Bestimmungen unter 1.

4. Bei Parallelführung von zwei oder mehreren Stromkreisen ü b e r e i n a n d e r an gemeinsamem Gestänge, die Betriebspannungen von 1 kV und darüber führen, muß die waagerechte Versetzung von zwei beliebigen Leitungen zweier Stromkreise mindestens $\frac{U}{150}$, in Metern, betragen; sie darf jedoch nicht kleiner als 0,2 m sein [siehe § 9 b)]. U ist in diesem Falle die h ö h e r e Betriebspannung in Kilovolt.

   Ist diese waagerechte Versetzung nicht vorhanden, so müssen die Leitungen der o b e n liegenden Stromkreise mit erhöhter Sicherheit verlegt werden, sofern keine Schutznetze verwendet sind. In diesem Falle muß zwischen den ü b e r e i n a n d e r liegenden Stromkreisen — auch bei größtem Durchhang (siehe § 8) — ein Mindestabstand von 2 m gewahrt bleiben; sind aber die Leitungen der o b e n liegenden Stromkreise mit Kettenisolatoren ausgerüstet, dann darf — auch bei ungleicher Eisbelastung der Felder oder bei Leitungsbruch in den Nachbarfeldern — der Mindestabstand zwischen den Leitungen nicht kleiner als 1 cm/1 kV Betriebspannung, jedoch nicht kleiner als 0,5 m sein.

5. Bei Parallelführung von zwei oder mehreren Stromkreisen ü b e r e i n a n d e r an gemeinsamem Gestänge, die teils eine Betriebspannung von 1 kV und darüber, teils aber eine Betriebspannung unter 1 kV führen, müssen die Leitungen der o b e n liegenden Stromkreise mit erhöhter Sicherheit verlegt werden, sofern keine Schutznetze verwendet sind.

   Außerdem darf die Höchstzugspannung der Leitungen der o b e n liegenden Stromkreise 75 % der in § 7 a) festgelegten Werte nicht übersteigen und ihre Spannweite muß so gewählt werden, daß die 4-fache normale Zusatzlast [siehe § 8 b)] den Werkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beansprucht. In Gegenden, in denen nachweislich größere Zusatzlasten als die normale regelmäßig aufzutreten pflegen, darf das 4-fache der größeren Zusatzlast den Werkstoff höchstens bis zur Dauerzugfestigkeit beanspruchen.

   Ferner muß zwischen zwei ü b e r e i n a n d e r liegenden Stromkreisen, von denen der eine eine Betriebspannung von 1 kV und darüber, der andere aber eine Betriebspannung unter 1 kV führt — auch bei größtem Durchhang (siehe § 8) — ein Mindestabstand von 2 m gewahrt bleiben; sind aber die Leitungen des o b e n liegenden Stromkreises mit Kettenisolatoren ausgerüstet, dann darf — auch bei ungleicher Eisbelastung der Felder oder bei Leitungsbruch in den Nachbarfeldern — der Mindestabstand nicht kleiner als 1,5 m sein.

6. Bei Parallelführung von Fernmeldeleitungen und Starkstromleitungen mit Betriebspannungen von 1 kV und darüber ü b e r e i n a n d e r an gemeinsamem Gestänge gelten die Bestimmungen unter 5 (siehe auch § 11).

   Handelt es sich aber um Betriebsfernmeldeleitungen, bei denen Vorrichtungen angebracht sind, die eine Gefährdung des Bedienungspersonales bei Übertritt der Spannung von 1 kV und darüber auf die Fernmeldeleitungen ausschließen (z. B. Schutztransformatoren mit genügend hoher Isolation), so gelten die Bestimmungen unter 4.

e) Bei Kreuzungen mit Eisenbahnen des allgemeinen Verkehres mit Reichswasserstraßen und mit Fernmeldeleitungen der Deutschen Reichspost sowie bei Näherungen an Eisenbahnen des allgemeinen Verkehres, an Reichswasserstraßen und an Fernmeldeleitungen der Deutschen Reichspost gelten besondere Bestimmungen und zwar:

1. Für E i s e n b a h n e n des allgemeinen Verkehres:
   α) „Bahnkreuzungsvorschriften für fremde Starkstromanlagen B. K. V.";
   β) „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen";
2. Für R e i c h s w a s s e r s t r a ß e n: „Vorschriften für die Kreuzung von Reichswasserstraßen durch fremde Starkstromanlagen W. K. V.";
3. Für F e r n m e l d e l e i t u n g e n d e r D e u t s c h e n R e i c h s p o s t:
   α) „Allgemeine Vorschriften für die Ausführung und den Betrieb neuer elektrischer Starkstromanlagen (ausschließlich der elektrischen Bahnen) bei Kreuzungen und Näherungen von Telegraphen- und Fernsprechleitungen";
   β) Ausführungsbestimmungen des Reichspostministers zu den allgemeinen Vorschriften unter α);
   γ) „Vorschriften für die bruchsichere Führung von Starkstromleitungen mit Betriebspannungen von 1000 V und mehr";
   δ) „Leitsätze für Maßnahmen an Fernmelde- und an Drehstromanlagen im Hinblick auf gegenseitige Näherungen"."

§ 33.

E r h ö h t e S i c h e r h e i t.

Ziffer 2 der Vorschrift c) erhält folgenden abgeänderten Wortlaut:

„2. Bei K e t t e n i s o l a t o r e n: Einfache Ketten aus Kappenisolatoren unter gleichzeitiger Erhöhung des Isolationswertes (Überschlagspannung bei Regen) derart, daß dieser Wert bei Betriebspannungen bis einschließlich 60 kV um 20 %, über 60 kV um 10 % höher als der niedrigste Isolationswert der gleichen Leitung in den anschließenden Strecken ist, oder Doppelketten aus Kappen- oder Vollkernisolatoren ohne Erhöhung des Isolationswertes."

IV. Freileitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV.

§ 35.

A l l g e m e i n e s.

Die Vorschrift a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Für Freileitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV gelten die gleichen Bestimmungen wie für Freileitungen mit Betriebspannungen von 1 kV und darüber, soweit diese nicht durch die folgenden Bestimmungen abgeändert oder aufgehoben werden."

§ 36.

S o n d e r b e s t i m m u n g e n.

Abs. 1 der Vorschrift a) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„a) Zu § 4 a): Sind von Menschen betretene Stätten nur durch besondere Hilfsmittel zugänglich, so genügt es, an diesen Stellen oder an ihren Zugängen gut erkennbare Warnungsschilder anzubringen oder die Leitungen in geeigneter Weise gegen zufälliges Berühren zu schützen."

Die Vorschriften c) bis g) erhalten folgenden geänderten Wortlaut:

„c) Zu § 4 e) bis g): Diese Bestimmungen finden keine Anwendung.

f) Zu § 5 a): Wetterfest umhüllte Leitungen sind bei Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde zulässig.

g) Zu § 6 c): Eindrähtige feuerverzinkte Stahlleitungen sind bei Spannweiten bis 80 m zulässig."

Die Vorschrift h) (früher k) und die zugehörende Erklärung erhalten folgenden geänderten Wortlaut:

„h) Zu § 6 d): Bei Spannweiten bis zu 35 m werden Kupferleitungen von 6 mm² Querschnitt, Leitungen aus Aluminiumseil von 16 mm² Querschnitt und Leitungen aus anderen Werkstoffen mit einer Nennlast von 228 kg zugelassen.

Die Zulassung von Leitungen mit 228 kg Nennlast ermöglicht die Verwendung von Bronze, Doppelmetall und Stahl mit Querschnitten unter 6 mm²."

Die bisherigen Vorschriften l) bis n) erhalten die Kennbuchstaben i) bis l).



Absatz 1 der Vorschrift m (früher p) erhält folgende erweiterte Fassung:

„m) Zu § 12a): Für Betriebspannungen bis 0,5 kV gelten für Isolatoren DIN VDE 8001 und 8011, für Betriebspannungen über 0,5 kV gelten für Isolatoren DIN VDE 8002 bis 8005."

In Abs. 2 ist hinter „DIN VDE 8020" einzufügen: „für Betriebspannungen bis 0,5 kV."

Vorschrift n) (früher q) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„n) Zu § 13a): Für Betriebspannungen bis 0,5 kV gelten für Isolatorstützen DIN VDE 8001, 8050 und 8051 sowie für Isolatoren RM I DIN VDE 8055 und 8056. Für Betriebspannungen über 0,5 kV gelten für Isolatorstützen DIN VDE 8040 bis 8045."

Die bisherigen Vorschriften r) bis u) erhalten die Kennbuchstaben o) bis r).

Die Vorschrift s) (früher v) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„s) Zu § 31: Die Bestimmungen § 31 a) bis c) finden für Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde keine Anwendung.

Für das Erden der Maste gelten bei Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde die „Leitsätze für Erdungen und Nullung in Niederspannungsanlagen", für Freileitungen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde die „Leitsätze für Schutzerdungen in Hochspannungsanlagen"."

Die Vorschrift t) (früher w) erhält folgenden geänderten Wortlaut:

„t) Zu § 32: Die Bestimmungen § 32a) bis c) finden keine Anwendung.

Bei Kreuzungen von verkehrsreichen Fahrwegen sind ungetränkte Holzmaste nur mit besonderen Erdfüßen zulässig.

Bei Kreuzungen von verkehrsreichen Fahrwegen müssen die Leitungen im Kreuzungsfeld im allgemeinen aus einem Stück ohne Verbindungstellen bestehen. In Ausnahmefällen werden jedoch im Kreuzungsfeld Verbinder zugelassen.

Von den in § 32d) angeführten Bestimmungen gelten nur die Ziffern 2 und 5.

Bei Kreuzungen von Fernmeldeleitungen durch Starkstromleitungen mit Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde oder bei Parallelführung von Fernmeldeleitungen und Starkstromleitungen mit Spannungen bis höchstens 250 V gegen Erde genügt es, wenn die Starkstromleitungen als isolierte Leitungen mit wetterfest getränkter Beflechtung (NGAW) nach den „Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen V. I. L." ausgeführt sind.

Wenn von der Anbringung von Schutzleitungen abgesehen wird, muß bei Kreuzungen von Fernmeldeleitungen durch Starkstromleitungen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde oder bei Parallelführung von Fernmeldeleitungen und Starkstromleitungen mit Spannungen von mehr als 250 V gegen Erde am gleichen Gestänge — auch bei größtem Durchhang — ein Mindestabstand zwischen den beiden Stromkreisen von 1,5 m gewahrt bleiben.

Handelt es sich aber um Betriebsfernmeldeleitungen, so finden die beiden letzten Absätze keine Anwendung.

Von den in § 32 e), Ziffern 1 α), 2, 3 α) und β) angeführten Bestimmungen gelten nur die Abschnitte, die sich auf Freileitungen mit Betriebspannungen unter 1 kV beziehen."

Verband Deutscher Elektrotechniker
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Unberechtigte Benutzung des VDE-Zeichens.

In Heft 44 der Elektrotechnischen Zeitschrift S. 1610 vom 31. Oktober 1929 gaben wir bekannt, daß die im Handel befindlichen Schraubkappen mit dem Ursprungszeichen das VDE-Zeichen zu Unrecht tragen. Um Irrtümer zu vermeiden, weisen wir noch darauf hin, daß dieses Fabrikzeichen nicht mit dem Firmenzeichen HKL identisch ist. Die Firma, welche das zuletzt angegebene Zeichen führt, hat die Berechtigung zur Führung des VDE-Zeichens für Schraubkappen erhalten.

Prüfstelle des
Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Dresdner Elektrotechn. Verein. 19. XII. 1929: Vortrag Dir. G. Gut, „Die Wärmeübertragung in der Starkstromtechnik".

Elektrotechn. Verein Düsseldorf. 19. XII. 1929, Städt. Tonhalle; Vortrag Prof. Dr.-Ing. J. Teichmüller, „Die künstl. Beleuchtung als technische und künstlerische Aufgabe".

Thüringer Elektrotechn. Verein Erfurt. 14. XII. 1929, abds. 8 h, Restaurant Münchner Bürgerbräu: Weihnachtsfeier.

Schleswig-Holsteinischer Elektrotechn. Verein, Kiel. 21. XII. 1929: Weihnachtsfeier in Holsts Hotel.

Elektrotechn. Gesellschaft zu Nürnberg. 13. XII. 1929, abds. 8 h, SSW, Frauentorgraben 35: Vortrag Prof. Dr. H. Hahn, „Die Sowjet-Union, ihre Entstehung, Entwicklung und die Frage der künftigen Wandlungsfähigkeiten in kultureller, politischer und wirtschaftlicher Beziehung".

Pomm. Elektrotechn. Verein, Stettin. 17. XII. 1929, abds. 8¼ h, Konzerthaus: Vortrag Obering. Kröll, „Reguliertransformatoren".

Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin. 13. XII. 1929, abds. 8 h, Vortragsaal der AEG-Ausstellung der Fabriken, Haus der Technik, Friedrichstr. 110/112, Eingang Lichthof: Vortrag Dr.-Ing. H. Piloty, „Wesen und Bedeutung der Fernwirkanlagen im Kraftwerksbetrieb". Eintrittskarten bei Abt. Technisches Vortragswesen der AEG, Berlin NW 40, Friedrich-Karl-Ufer 2/4.

Physikalische Gesellschaft und Deutsche Gesellschaft für technische Physik, Berlin. 13. XII. 1929, abds. 7½ h, gr. Hörsaal des Physikal. Inst. d. T. H.: 1. Vortrag E. Warburg, „Photolyse der Lösungen von Schwefelwasserstoff in Hexan u. in Wasser" (n. gemeins. Versuchen mit W. Rump). 2. Vortrag K. Herrmann, Röntgenaufnahmen an flüssigen Kristallen im Magnetfeld".

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

Hochschulnachrichten. — Dr. Hans Busch, a. o. Prof. für Physik und angewandte Physik an der Universität Jena und Leiter der Fernmeldekabelfabrik der AEG, Berlin, wurde als Nachfolger von K. Wirtz zum o. Prof. an der T. H. Darmstadt ernannt.

Jubiläum. — Am 1. XII. feierte Herr Dr. Karl Mey, Direktor der Osram-Gesellschaft, das 25jährige Dienstjubiläum. 1904 in die AEG eingetreten, ist er seit 1909 Leiter der Glühlampenfabrik, die von 1919 ab als „Fabrik A" zum Osram-Konzern gehört. Die technische Entwicklung der Fabrik vor dem Kriege war besonders gekennzeichnet durch die Einführung des gezogenen Wolframdrahtes, einer amerikanischen Erfindung, und die Entwicklung der gasgefüllten Glühlampe, wodurch ein altes Problem gelöst wurde. Unabhängig von den Amerikanern und gleichzeitig mit ihnen fand man nämlich, daß eine Gasfüllung eine sehr viel höhere Temperatur des Leuchtkörpers praktisch ermöglicht, wenn man den Leuchtkörper dicht gedrängt anordnet, am besten in Form einer Wendel. Dr. Mey hat die „Nitra-Lampe" erstmalig öffentlich in jener historischen Sitzung des Elektrotechnischen Vereins am 14. Oktober 1913 vorgeführt. Nach seiner Genesung von einer schweren Kriegsverwundung betrieb er energisch die Erweiterung der Fabrikation von Empfänger-, Sende- und Gleichrichterröhren, für die schon vor dem Kriege die Coolidge- und Lieben-Röhre Vorläufer gewesen waren. Jetzt zählt die von Dr. Mey geleitete Fabrik als Röhrenfabrik wie auch als Glühlampenfabrik zu den bedeutendsten der Welt. Dr. Mey ist Mitgründer der D. Ges. f. Techn. Physik und hat große Verdienste um den Aufbau der „Physikalischen Berichte", eines vorbildlichen, unersetzlich gewordenen Referatorganes für das Gesamtgebiet der Physik. Im VDE war Dr. Mey lange Jahre in der Kommission für Lichttechnik tätig.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Netzkupplung.

Zu dem Aufsatz „Netzkupplung" von Dr.-Ing. M. LIWSCHITZ, ETZ 1929, Heft 37 und 39, habe ich folgendes zu bemerken: Der in Abb. 26, 27 u. 28 dargestellte Netzkupplungsumformer Alnabru besitzt einen durch Leistungsrelais gesteuerten Thomaregler zur Einstellung der Wirkleistung und einen durch cos φ-Relais gesteuerten Eilregler zur Einstellung der Blindleistung. Ich nehme an, daß zwei verschiedenartige Regler mit ungleicher Regelzeit verwendet worden sind, um ein gegenseitiges Pendeln zu vermeiden, das dadurch eintreten könnte, daß der Wirkleistungsregler nicht ohne Einfluß auf die Blindleistung ist. Diese Anordnung ist der AEG in den deutschen Patenten 463 147 und 468 457 geschützt. Der Ohmsche Widerstand im Sekundärkreis des Vordermotors der in Abb. 22 dargestellten Kaskade hat wohl auch den Zweck, den Einfluß der Wirkleistungsregelung auf die Blindleistung zu verringern und damit die Überlastbarkeit im untersynchronen Lauf zu erhöhen. Diese Anordnung ist der AEG im deutschen Patent 482 454 geschützt.

Berlin-Niederschönhausen, 22. IX. 1929. W. Weiler.

Erwiderung.

Was den ersten Punkt der Zuschrift des Herrn WEILER betrifft, verweise ich auf die von mir zitierte Arbeit des Herrn Dr. SCHENKEL aus dem Siemens-Jahrbuch 1929 „Der Netzkupplungsumformer Alnabru der norwegischen Staatsbahnen und seine elektrische Arbeitsweise". Es sind dort zwei rascharbeitende Regler zur Verwendung gekommen. Mit Rücksicht auf Pendelungen ist es wichtig, daß die Eigenschwingungszahlen der beiden Regler verschieden sind. Der Widerstand im Sekundärkreis der Asynchronmaschine Abb. 22 hat mit der Regelung der Wirk- und Blindleistung nichts zu tun. Er verfolgt den Zweck, für den aufgehobenen Widerstand des Sekundärkreises der Asynchronmaschine Ersatz zu schaffen. Ich verweise auf meine Arbeit im Arch. El. Bd. 19, H. 3, S. 354, „Asynchronmaschinen mit vom Schlupf unabhängiger Wirk- und Blindleistung".

Berlin, 24. X. 1929. M. Liwschitz.

Eichung von Kugelfunkenstrecken.

Herr Dr. H. BECHDOLDT veröffentlicht in der ETZ 1929, S. 1394, Eichmessungen an Kugelfunkenstrecken bei symmetrischer Spannungsverteilung und findet z. T. beträchtliche Unterschiede zwischen seinen Meßergebnissen und den vom VDE herausgegebenen Normwerten (VDE 365, 1926). Lediglich zur Klarstellung des geschichtlichen Zusammenhanges möchten wir eine irrtümliche Bemerkung über die Entstehung der in den VDE-Regeln angezogenen Gleichung von PEEK

$$U_d = 27{,}7 \cdot \left(1 + \frac{0{,}757}{\sqrt{\delta D}}\right) \delta D \frac{s}{D} \frac{1}{f_i}$$

berichtigen (U_d ist die Durchbruchspannung in kV_{max}, δ die auf 20° und 760 mm Q.-S. bezogene Luftdichte, D der Durchmesser, s die Schlagweite in cm). f_i ist nämlich für „isolierte Anordnung", d. h. gleich große und entgegengesetzte Potentiale an den beiden Kugeln, nicht aus Versuchen erschlossen, sondern auf Grund theoretischer Berechnungen von POISSON, PLANA, THOMSON, KIRCHHOFF, RUSSLL u. a. ermittelt. Entgegen der ursprünglichen Erwartung, daß die Überschreitung stets desselben, dem untersuchten Stoff eigentümlichen Feldstärkenwertes (der „Durchbruchfeldstärke") an der Stelle höchster Beanspruchung zum (vollkommenen oder unvollkommenen) Durchbruch der Funkenstrecke führen müsse, fand man bei Umrechnung der Versuchsergebnisse mit den theoretischen f_i-Werten, daß die beim Durchbruch auftretende größte Feldstärke $\mathfrak{E}_d$ in hohem Maße von D und δ abhängig war; in weiten Bereichen blieb hingegen s fast ohne Einfluß. So konnte man hier (etwa zwischen $s = 0{,}38 \cdot \sqrt{D}$ und $s = 1{,}5\,D$) $\mathfrak{E}_d$ in möglichst guter Annäherung an die Versuchsergebnisse durch eine Rechnungsformel mit den Veränderlichen D und δ wiedergeben und erhielt schließlich die oben angeführte Gleichung für U_d. Erst bei Ausdehnung der Untersuchungen auf den unsymmetrischen Fall (eine Kugel geerdet) ging man von den (auch für diese Anordnung vorliegenden) theoretisch gefundenen f-Werten ab, da sich hier ein ähnlich einfacher Ausdruck für die Durchbruchspannung nicht aufstellen ließ. Unter Zugrundelegung der bei der isolierten Anordnung gefundenen Beziehung zwischen $\mathfrak{E}_d$ und $D \cdot \delta$ berechnete PEEK aus Versuchen an Kugeln von 0,32 ... 5 cm Dmr. Umrechnungswerte f_0, die nun auch für den Fall einseitiger Erdung der Kugelfunkenstrecke in gewissen Grenzen eine Berechnung von U_d aus einer der oben stehenden Formel entsprechenden Gleichung ermöglichen sollten. Eine eingehendere Darlegung der Zusammenhänge haben wir anläßlich von Versuchen zur Eichung der einseitig geerdeten Kugelfunkenstrecken gegeben[1]; auch dort ist als Ergebnis festgestellt, daß eine Zusammenfassung aller Versuchswerte durch eine Gleichung, deren Bau mit den von TOEPLER und PEEK benutzten übereinstimmt, nicht möglich ist.

Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin, 21. X. 1929.

Carl Stoerk, Wolfgang Holzer.

Erwiderung.

Herr Karl STOERK und Herr Wolfgang HOLZER gehen im vorstehenden Schreiben in der Hauptsache auf die Entstehung der Gleichung für U_d (A_s) ein und bemerken, daß der Faktor $1/f_i$ nicht durch Versuche, sondern durch Rechnung gefunden sei. Bei der Abfassung meiner Arbeit über die „Eichung der Kugelfunkenstrecken" war es mir nicht möglich, die genaue Entstehung dieser Gleichung festzustellen, weshalb ich auch den Zusatz machte „soweit festgestellt werden konnte". Für das Ergebnis der Messungen selbst ist aber die Entstehung der Gleichung weniger wichtig, als vielmehr die Tatsache, daß auch Herr STOERK und Herr HOLZER festgestellt haben, daß sich die Überschlagspannung zwischen 2 Kugeln nicht für alle Schlagweiten durch eine Formel von dem Charakter:

$$A_s = a\left(1 + \frac{b}{\sqrt{D}}\right) D\,\psi\left(\frac{s}{D}\right)$$

darstellen läßt.

Vergleicht man die Messungen der Herren STOERK und HOLZER (Z. Techn. Physik 1929, S. 317) mit meinen Messungen (ETZ 1929, S. 1394), so sieht man, daß in beiden Fällen, also für geerdete und isolierte Anordnung die Abweichung zwischen Rechnung und Versuch für die verschiedenen Kugeln verschieden groß ist. Ein Unterschied besteht nur insofern, als in dem einen Fall für kleine Kugeln verhältnismäßig gute Übereinstimmung gefunden wurde, in dem anderen Fall für große Kugeln. Es würde in diesem Zusammenhang noch interessieren, auf welche Art das von den Herren STOERK und HOLZER benutzte Hochspannungsvoltmeter der Firma E. Haefely & Co. geeicht ist.

Durch die beiden Versuche steht aber fest, daß die durch Rechnung ermittelten Eichkurven für die verschiedenen Kugeln untereinander nicht übereinstimmen.

Neu-Rössen, 2. XI. 1929. H. Bechdoldt.

LITERATUR.

Besprechungen.

Die physikalischen Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre. Von N. Semenoff u. A. Walther. Mit 116 Textabb., VII u. 168 S. in gr. 8°. Verlag v. Julius Springer, Berlin 1928. Preis geb. 16,50 RM.

Das klar und übersichtlich geschriebene Buch zerfällt in drei Teile: Die experimentelle Methode der Erforschung von elektrischen Feldern — Das Vakuum als Isolator — Der Durchschlag von festen Isolatoren. Der 1. Teil enthält neben bekannten Verfahren zur Bestimmung des elektrischen Feldes auch einige neue Methoden, welche in bestimmten Fällen mit Vorteil angewendet werden können. Allerdings darf nicht verhehlt werden, daß in neuerer Zeit die Kenntnis des elektrostatischen Feldes nicht mehr die Bedeutung hat wie früher, da man erkannt hat, daß bei elektrischen Entladungen im allgemeinen durch die auftretenden Raumladungen starke Feldverzerrungen auftreten. Im 2. Teil wird zunächst die Townsendsche Theorie kurz dargestellt, dann die Glühemission von Elektronen behandelt, daran anschließend die Theorie des Vakuumdurchschlages, welche auch experimentell gestützt wird.

[1] Z. Techn. Phys. Bd. 10, S. 217.



Die praktische Anwendung des Hochvakuums für Isolierzwecke wird wahrscheinlich an den bekannten Schwierigkeiten der Erhaltung eines Hochvakuums scheitern. Der letzte Teil, welcher zwei Drittel des ganzen Buches umfaßt, stellt eine verdienstvolle Bereicherung der Arbeiten über den elektrischen Durchschlag von festen Isolatoren dar. Nach einer allgemeinen Betrachtung über den Stromdurchgang durch feste Isolatoren und die dabei auftretenden dielektrischen Verluste wird die Wagnersche Wärmetheorie theoretisch erläutert und durch eine Reihe zum Teil neuer Versuchsresultate ergänzt. Es folgt eine Zusammenstellung der experimentellen Untersuchungen des rein elektrischen Durchschlages und anschließend seine Theorie, wobei, um eindeutige Verhältnisse zu haben, der Durchschlag von Stoffen kristallinischer Struktur den Betrachtungen zugrunde gelegt wird. Auf die neueren Untersuchungen von Joffé über den Durchschlag dünner Schichten wird kurz hingewiesen.

Infolge der klaren und gedanklich sauberen Darstellungsweise kann das Buch auch zur Einarbeitung in die Fragen der elektrischen Festigkeitslehre empfohlen werden.

Kesselring.

Der Radio-Empfänger. Von Dr.-Ing. W. Braunbek. (Die Radio-Reihe Bd. 2.) 2. umgearb. u. erw. Aufl. Mit 34 Abb. u. 93 S. in 8°. Verlag Richard Carl Schmidt & Co., Berlin 1929. Preis geb. 3,50 RM.

In den 90 Seiten wird in populärer Darstellung ein Überblick über die ganze drahtlose Empfangstechnik gegeben. Ausgehend von den Grundprinzipien des Empfanges werden die verschiedenen Empfangsanordnungen, auch die modernsten Röhrenempfänger, behandelt. Die Darstellung scheint das Niveau des Laien gut zu treffen.

A. Meißner.

Einführung in die Chemie. Von Dr. H. Loewen. Mit 15 Textabb., 18 Aufg. nebst Lös. u. 131 S. in 8°. (Techn. Fachbücher Bd. 6, herausg. v. A. Meyer). C. W. Kreidel's Verlag, München 1928. Preis kart. 2,25 RM.

Das Büchlein ist für solche bestimmt, welche nur im Zahlenrechnen Vorkenntnisse haben. Für die Leser der ETZ kommt es kaum in Frage; sie wissen ja schon, was spez. Gewicht und andere einfache Begriffe bedeuten. Im übrigen ist das Geschick des Verfassers anzuerkennen; nur stört mich die Eigenbrötelei „Oxid" statt „Oxyd", während Loewen ruhig „Hydrat" schreibt, also dem y an sich nicht den Krieg erklärt hat.

K. Arndt.

Handbuch für Betriebsräte in Gemeinde- und Staatsbetrieben. Herausg. v. Vorst. d. Verb. d. Gemeinde- u. Staatsarbeiter, bearb. v. R. Weck. Mit 350 S. in 8°. Verlag Verb. d. Gemeinde- u. Staatsarbeiter, Berlin 1929. Preis geb. 5 RM.

Das Handbuch will kein Kommentar zu arbeitsrechtlichen Gesetzen und Verordnungen sein, es ist auch kein Lehrbuch des Arbeitsrechts, in dem Meinungen verfochten und in wissenschaftlicher Untersuchung Aufbau und System des Arbeitsrechts abgehandelt werden. Es gibt zunächst einmal nur eine Zusammenstellung aller der Gesetze und Verordnungen, die für die in Gemeinde- und Staatsbetrieben beschäftigten Arbeitnehmer gelten. Beginnend bei den maßgeblichen Artikeln der Reichsverfassung, führt das Handbuch durch die Fülle der Gesetze und Verordnungen, die übersichtlich nach ihrem Sachinhalt in 11 Abschnitten gruppiert wurden. So sind beispielsweise unter dem Abschnitt „Betriebsvertretung", dem Abschnitt „Arbeitsvertragsrecht" oder dem Abschnitt „Arbeitszeit" alle Rechtsnormen vereint, die auf diese Gebiete Bezug haben, auch Sonderbestimmungen für einzelne Berufsgruppen fehlen nicht. Wird es der Praktiker sicher schon begrüßen, in einem Bande einmal alle arbeitsrechtlichen Bestimmungen vereinigt zur Hand haben zu können, so hat das Handbuch doch noch einen weiteren Vorteil. Zu den einzelnen Paragraphen der verschiedenen Gesetze und Verordnungen sind nämlich die jeweils ergangenen höchstgerichtlichen Entscheidungen (Reichsarbeitsgericht, Reichsgericht) bis 1928 einschl. nebst Fundstelle in ihrem das wesentliche wiederholenden reinen Wortlaute angegeben und lassen so eine zuverlässige Unterrichtung auch über den Stand der Rechtsprechung zu. Ein umfangreiches Sachregister gewährleistet schnelles Auffinden gesuchter Bestimmungen.

Man darf alles in allem wohl annehmen, daß der Praktiker gern nach diesem Handbuch greifen wird.

v. dem Busch.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Wachsende Bedeutung der American & Foreign Power Co. — Da im letzten Heft der ETZ ein Abkommen der belgischen Sofina mit der American & Foreign Power Co. über die Abgrenzung der beiderseitigen Arbeitsbereiche erwähnt worden ist, mögen hier nach El. World einige Angaben über diese 1919 gegründete bedeutende Holdinggesellschaft Platz finden, die von der bekannten Electric Bond & Share Co. beherrscht wird. Dem Bericht der Gesellschaft über die Ende Juni abgelaufenen 12 Monate zufolge betrugen die Roheinnahmen der unter ihrer Kontrolle stehenden Unternehmungen allein aus der Akquisitionstätigkeit 45,554 Mill $ gegen 24,178 Mill $ in der entsprechenden Zeit des Vorjahres. Für die mit Juli abschließende gleich lange Periode ergaben sich 48,805 Mill $ und ein Nettoertrag (vor den Abschreibungen) von 25,076 Mill $. Abgesehen von der Akquisition haben dieselben Unternehmungen an Roheinnahmen 59,414 Mill $ und als Nettoertrag (wie oben) 30,642 Mill $ gebucht. Diese Beträge stellten sich für die 12 Monate bis Ende Juli auf 63,902 bzw. 32,996 Mill $, u. zw. seit Anfang 1929 einschl. der von dem kürzlich angekauften Kraftwerk im Shanghai International Settlement erzielten Einnahme. Die von der American & Foreign Power Co. kontrollierten Unternehmungen liefern z. Z. Licht, Kraft usw. in Kuba, Argentinien, Brasilien, Chile, Mexiko, Panama, Guatemala, Ekuador, Kolumbien, Venezuela, Kostarika und in der genannten internationalen Niederlassung von Schanghai. Daneben laufen Erwerbungen und Beteiligungen in verschiedenen anderen Ländern. Ende Juni erstreckte sich die Versorgung auf 693 Gemeinden, von denen 670 elektrische Arbeit für Beleuchtung und Kraft erhielten. Die Bevölkerung des gesamten Versorgungsgebiets, einschl. Schanghai, wird auf mehr als 10,25 Millionen geschätzt. Erhebliche Investierungen hat die American & Foreign Power Co. in schnell aufblühenden Städten und Ortschaften Argentiniens vorgenommen, wo z. Z. etwa 140 Städte und Gemeinden beliefert werden und die Roheinnahmen daraus jährlich 13,5 Mill $ überschreiten. Die zu Beginn dieses Jahres aus dem Besitz der Whitehall Electric Investments Ltd. erworbenen Wasserkraftanlagen in Chile, die Santiago und Valparaiso speisen, produzieren heute etwa 250 Mill kWh jährlich, d. s. 16 % mehr als im Vorjahr. Die Erzeugung der Shanghai Power Co. betrug 1928 rd. 528 Mill kWh und dürfte nach der Vergrößerung ihres Werks um 40 000 kW im laufenden Jahr voraussichtlich 600 Mill kWh liefern.

Aus der Geschäftswelt. — Die Süddeutsche Telefon-Apparate-, Kabel- und Drahtwerke AG., Nürnberg, haben 1928/29 an Fabrikations- und sonstigen Gewinnen 2 144 898 RM erzielt (2 137 668 i. V.) und aus dem mit Vortrag 346 315 RM betragenden Reingewinn (341 738 i. V.) wieder 10 % Dividende gezahlt. Die Kabelfabrik konnte ihre Einrichtungen etwa im gleichen Umsatz wie 1927/28 ausnutzen, die Apparatefabrik erreichte den Vorjahresumsatz nicht ganz, und das an sich befriedigende Ergebnis der Röhrenfabrik sowie der Radioabteilung wurde durch einen, wie der Vorstand sagt, ungewöhnlich harten, noch nicht beendeten Konkurrenzkampf beeinträchtigt. Über die Überführung der Abteilung Telephonapparate in die Süddeutsche Apparatefabrik G. m. b. H., Nürnberg, ist in der ETZ 1929, S. 1756, bereits berichtet worden.

In das Handelsregister wurden eingetragen: Kolster-Tefag Radio G. m. b. H., Berlin (50 000 RM): Vertrieb insbesondere von Erzeugnissen der Kolster-Brandes Ltd. in Sidcup, Kent, und der Telephonfabrik Berliner AG., Berlin; Elektro-Quick Vertriebs-Gesellschaft m. b. H., Berlin (20 000 RM): Vertrieb des elektrischen Heißwassererzeugers „Quick" und anderer elektrischer Apparate in Deutschland.

Deutschlands elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Im Oktober 1929 ist innerhalb des Tarifunterabschnitts 18 B die Einfuhr gegenüber dem Vormonat (6219 dz bzw. 4,167 Mill RM) um 4294 dz (69 %) und 0,155 Mill RM (4 %) gestiegen. Diese Zunahme betrug im Vergleich zum Oktober 1928 2157 dz (26 %) und 0,265 Mill RM (6,5 %). Für die Ausfuhr, die 20 235 dz Sachlieferungen im Wert von 4,962 Mill RM umfaßte, ergibt der Vergleich mit dem Vormonat (139 502 dz bzw. 48,094 Mill RM) eine Erhöhung um 24 388 dz (17,5 %) bzw. 11,791 Mill RM (24,5 %) und gegen den Parallelmonat des Vorjahres ein Mehr von 48 175 dz (41,6 %) und 19,991 Mill RM (50 %). In den abgelaufenen zehn Monaten hat der Import gegenüber der gleichen Periode des Vorjahres um 10 257 dz (12 %) bzw. 7,494 Mill RM (21 %) zugenommen und 11 713 Lichtmaschinen (16 628 i. V.), 190 328 Dynamos, Elektromotoren usw. (105 586 i. V.), 4621 Bogen- usw. Lampen (886 i. V.), 4,549 Mill Metalldrahtlampen (4,274 i. V.) sowie 142 400 Kohlefaden- usw. Lampen (106 700 i. V.) nach

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1867; 1929, S. 1683.

Stat. Nr.	Erzeugnisse	Einfuhr in dz			Ausfuhr in dz		
		Oktober	Januar/Oktober		Oktober	Januar/Oktober	
		1929	1929	1928	1929	1929	1928
907 a	Lichtmaschinen und Lichtzündmaschinen für Motorfahrzeuge; Anlaßmotoren für Verbrennungsmotoren . . .	204	916	1 488	501*	6 849*	5 996*
907 b bis g	Dynamomaschinen, Elektromotoren, Umformer; Transformatoren und Drosselspulen[1]	6 653	32 946	41 424	37 870*	269 971*	257 238*
907 h	Fertig gearbeitete Anker, Kollektoren[2]	422	1 988	1 374	1 863*	16 200*	22 814*
908 a, b	Elektrizitätssammler, deren Ersatzplatten (Elektroden) .	290	4 847	6 321	4 568*	43 860*	46 539*
909	Kabel zur Leitung elektrischer Ströme, zur Verlegung in Wasser oder Erde geeignet	543	30 080	13 671	50 250*	493 351*	394 612*
910 a bis c	Bogenlampen, Quecksilberdampf-, Quarz- und ähnliche Lampen; Gehäuse dafür mit Glasglocken; Scheinwerfer, Reflektoren[3]	13	164	97	408	3 648*	3 987
911 a	Metallfadenlampen	316	2 138	2 052	1 480	11 164*	10 648*
911 b	Kohlenfaden-, Nernst- und andere Glühlampen	18	70	50	35	351*	618*
912 A1	Telegraphenwerke; Bestandteile davon	2	116	42	23	221*	177
912 A2	Fernsprecher, Fernsprech-, Wand- und Tischstationen, Fernsprechvermittelungseinrichtungen; Bestandteile davon .	28	843	497	2 268*	16 611*	12 750*
912 A3	Vorrichtungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; Bestandteile davon	554	5 342	2 888	7 363*	45 826*	32 321*
912 A4	Meß-, Zähl- und Registriervorrichtungen, auch in Verbindung mit Uhrwerken; Bestandteile davon	156	1 701	1 682	2 899*	28 259*	24 807*
912 B	Bügeleisen; Bestandteile davon	—	17	16	924	6 914*	5 275
912 C	Heiz-, Koch- und sonstige Wärmeapparate; Bestandteile davon	178	1 746	[9] 1 255	1 992*	13 504*	10 560*
912 D	Röntgenröhren; Bestandteile davon	2	21	10	24*	175*	109*
912 E	Magnetzündapparate und sonstige elektrische Zündsysteme sowie Teile davon (ausgenommen Magnete); elektrotechnisches Zubehör für Motorfahrzeuge	212	2 607	2 396	2 110*	22 112*	15 745*
912 F1	Sicherungs- und Signalapparate; Läutewerke; Bestandteile davon	16	189	136	1 403*	11 112*	9 643*
912 F2	Vorrichtungen für Beleuchtung, Kraftübertragung, Elektrolyse; Vorschalte- und Nebenschlußwiderstände; sonst. a. n. g. Vorrichtungen; Bestandteile davon[4]	811	10 523	10 008	32 425*	271 069*	259 919*
912 F3	Vorrichtungen für ärztliche oder zahnärztliche Zwecke; Bestandteile davon (ausgenommen 912 D)	41	567	795	1 265*	14 850*	13 610*
912 F4	Galvanische (auch Trocken-) Elemente, elektr. u. galvanische Batterien; Thermoelemente; Bestandteile davon .	23	324	621	10 325	61 429	46 376*
912 F5	Isolationsrollen, -glocken, -knöpfe, Spulen, Taster, Schalter usw. aus Steingut, Porzellan oder Glas (ausgenommen 733 a)	31	192	212	[6]	[6]	[6]
912 F6	Isolationsgegenstände aus Asbest, Asbestpappe, Glimmer oder Mikanit für die Elektrotechnik (Schutzkasten usw.)	—	66	111	54	505*	448*
912 F7	Isolierröhren für elektr. Leitungen aus Papier oder Pappe; Verbindungsstücke dafür[5]	.	.	.	3 840	31 187*	20 975*
—	Elektrotechnische Erzeugnisse, unvollständig angemeldet .	—	—	—	—	6	27
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Menge in dz . .	10 513	97 403	[9] 87 146	163 890*	1 369 174*	1 195 194*
	Summe von Tarifunterabschnitt 18B: Wert in 1000 RM	*4 322*	*43 497*	[9] *36 003*	*59 885**	*475 220**	*399 512**
648 a	Vorgepreßte Blöcke, Platten und Stangen aus Kohle für elektrotechnische Zwecke	32	320	375	2 299	10 651	11 543
648 b	Kohlenbürsten, Mikrophonkohlen usw.; Kohlenfäden für elektr. Beleuchtungskörper oder dgl., auch in Verbindung mit Platin	5	63	52	85	732*	660
648 c	Brennstifte für Bogenlampen	179	1 422	168	582	6 526	5 874
648 d	Elektroden	144	4 469	9 803	21 864	230 447	229 999
733 a	Porzellanisolatoren für Telegraphen- oder Fernsprechleitungen[7]	—	180	239	8 382*	70 127*	51 964*
740 a	Glühlampenkolben	14	375	305	2 110	15 024	9 049
783 c	Bearbeitete Teile von elektrischen Maschinen der Nrn. 907 a/g und von Erzeugnissen der Nrn. 907 h/911 b aus nicht schmiedbarem Gußeisen	271	1 845	2 463	[8]	[8]	[8]
799 c	dsgl. aus schmiedbarem Eisen	167	880	687			
890 a	Isolierter Draht aus unedlen Metallen für die Elektrotechnik	192	1 994	1 873	12 826*	115 957*	94 274*

Deutschland gebracht. Bei der Ausfuhr ist ein Anwachsen um 173 980 dz (14,5 %) und 75,708 Mill RM (19 %) festzustellen. Die Reparationssachlieferungen betrugen in diesem Zeitabschnitt 90 435 dz im Wert von 28,876 Mill RM, und der Stückzahl nach erstreckte sich der Export auf 74 536 Lichtmaschinen (70 551 i. V.), 597 763 Dynamos, Elektromotoren usw. (495 922 i. V.), 34 038 Bogen- usw. Lampen (23 102 i. V.), 64,846 Mill Metalldrahtlampen (55,607 i. V.) und 0,980 Mill Kohlefaden- usw. Lampen (1,816 i. V.). Als Überschuß der Ausfuhr hat man 1 271 771 dz bzw. 431,723 Mill RM zu buchen (1 108 048 dz bzw. 363,509 Mill RM i. V.).

[1] Die Ausfuhr von Quecksilberumformern ist in Nr. 912 F 2 enthalten. — [2] Die Ausfuhr umfaßt auch andere Teile von nicht vollständigen elektrischen Maschinen. — [3] Die Ausfuhr umfaßt auch Teile von Bogenlampen außer Brennstiften (648 c). — [4] Die Ausfuhr umfaßt auch Quecksilberumformer aus Nr. 907 b/g und Isolationsgegenstände, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., der Nr. 912 F 5 außer Isolationsglocken (733 a). — [5] Einfuhr nach Beschaffenheit. — [6] Isolationsglocken unter 733 a, andere Waren, auch aus Ambroid, Hartkautschuk usw., unter 912 F 2. — [7] Die Ausfuhr umfaßt Isolatoren aller Art aus Steingut oder Porzellan. — [8] Für die Ausfuhr gelten die im Unterabschnitt 18 B bei den Maschinen angegebenen stat. Nrn. — [9] Berichtigte Zahl.

* Einschließlich der Reparationssachlieferungen.

Berichtigung.

In dem Aufsatz „Die elektrische Küche", ETZ 1929, S. 1689, muß es in der letzten Zeile der Fußnote 1 auf S. 1689 statt „1 RM auf 1 kW" heißen: „1 RM auf 1 hW (Hektowatt)".

Abschluß des Heftes: 7. Dezember 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.



ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

…HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
…–1868) 19. DEZEMBER 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 19. Dezember 1929 | Heft 51

Untersuchung der Abschaltvorgänge in Schmelzsicherungen und Installations-Selbstschaltern bei Kurzschlüssen in elektrischen Verteilungsanlagen mit Querschnitten bis zu 6 mm² bzw. Sicherungen bis 25 A.

(Im Auftrag der Unterkommission für I.-S.-Schalter des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.)

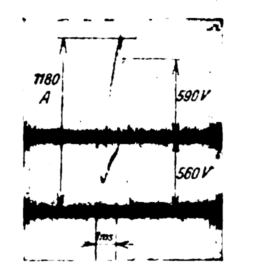
Von C. **Paulus,** Oberbaurat, München.

Übersicht. Die theoretischen Grundlagen der Kurzschlußvorgänge werden allgemein erörtert und die in elektrischen Anlagen wirklich auftretenden Verhältnisse bei Kurzschluß an Hand von Oszillogrammen dargelegt.

Über die Größe des Kurzschlußstromes, der in einer Verteilungsanlage zustande kommen kann, sowie über die Zeitdauer des Kurzschlusses bis zum Abschalten der Fehlerstelle vom Netz durch eine vorgeschaltete Schmelzsicherung bzw. durch einen vorgeschalteten I.-S.-Schalter herrschen vielfach weit auseinandergehende Ansichten. Der Grund hierfür ist in der Hauptsache wohl darin zu suchen, daß bei derartigen Betrachtungen in den weitaus meisten Fällen die Ergebnisse von Berechnungen, die oft nur überschlägiger Art sind, zugrunde gelegt werden. Da ein Teil der Faktoren, die die Größe des Kurzschlußstromes in einer Anlage bestimmen, mathematisch nicht erfaßt werden kann und andere Faktoren nur mit einiger Annäherung in die Rechnung eingesetzt werden können, liefert diese stets unzuverlässige und je nach ihrem Genauigkeitsgrade recht unterschiedliche Angaben über die Größe des zu erwartenden Kurzschlußstromes. Die Tatsache, daß die errechneten Kurzschlußströme stets größer ausfallen als die wirklich auftretenden, führt leicht dazu, den Gefahren eines Kurzschlusses ungewöhnlich große Bedeutung zuzumessen. Man war bemüht, diese Fragen durch oszillographische Aufnahme der Kurzschlußvorgänge in den verschiedenartigsten Leitungen möglichst weitgehend zu klären. Bei Verwendung von Schmelzsicherungen und I.-S.-Schaltern als Abschaltmittel wurden Kurzschlußoszillogramme an einem Gleichstrom-Kraftnetz, an einer Gleichstrom-Lichtleitung sowie an einer Wechselstrom-Verteilungsanlage aufgenommen. Die Kurzschlußstellen lagen das einemal in größerer Entfernung von dem Unterwerk, die andern Male in dessen unmittelbarer Nähe. Außerdem wurden die elektrischen Konstanten der einzelnen Kurzschlußkreise durch Einbau verschiedener Zähler in weiteren Grenzen verändert.

Um das Verhalten der Abschaltvorrichtungen auch bei den höchsten Beanspruchungen kennen zu lernen, wurden mit ihnen im Elektrischen Prüfamt 3, München, Kurzschlußversuche an einer Batterie mit etwa 550 V Spannung und einer Kapazität von 3000 Ah durchgeführt. Bei diesen Prüfungen waren die Spannung und im Zusammenhang damit die auftretenden Kurzschlußströme bedeutend höher als in normalen Hausanlagen.

In ähnlicher Weise führte auch das Laboratorium der AEG-Fabrik für Installationsmaterial Kurzschlußversuche unter verschärften Bedingungen durch, wobei ein fremderregter Gleichstrom-Schwungradgenerator, der kurzzeitig Ströme bis zu 3000 A bei einer Prüfspannung von 550 V liefert, als Stromquelle diente. Das Verhalten der Batterie und des Schwungradgenerators bezüglich ihrer Klemmenspannungen während eines Kurzschlusses über eine normale 25 A-Schmelzsicherung zeigen die Oszillogramme Abb. 1 und 2. Bei Beginn und Ende des Kurzschlußvorganges treten an den Klemmen der Stromquellen Überspannungen auf, deren Größe und Verlauf von der Induktivität und der Stromänderung in der Zeiteinheit abhängig sind. Die höheren Überspannungen bilden sich am Generator aus, jedoch nicht in sehr beträchtlicher Höhe, denn der Begünstigung zur Ausbildung der Überspannung durch die größere Induktivität steht der durch die gleiche Eigenschaft verlangsamte Stromabfall entgegen (Abb. 2). Die Spannungsabfälle sind in beiden Fällen unwesentlich. An dieser Stelle sei ausdrücklich bemerkt, daß die durchgeführten Untersuchungen sich nur auf geschlossene Schmelzsicherungen 6 ... 25 A, 500 V und auf I.-S.-Schalter in Stöpselform 6 ... 15 A, 250 V Gleichstrom bzw. 380 V Wechselstrom erstrecken.



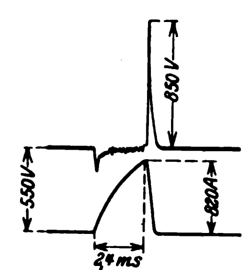


Abb. 1 u. 2. Kurzschluß-Abschaltung durch D II-Stöpsel 25 A, 500 V; Leitungs- und Batteriewiderstand $R = 0{,}375\ \Omega$.

Zunächst sei auf die theoretischen Arbeiten von Oelschläger[1] verwiesen. Das theoretische Kurzschlußdiagramm der Abb. 3 bringt den Abschaltvorgang in einer Schmelzsicherung bei Kurzschluß in einem Gleichstromkreis zur Darstellung. Der Kurzschlußstrom steigt während der Abschmelzzeit — erster Abschnitt des Kurzschlußvorganges — annähernd nach einer Exponentialkurve an, also anfangs rasch, später immer langsamer, und nähert sich, sofern die Sicherung den Stromkreis nicht vorher unterbricht und der Stromerzeuger den Kurzschlußstrom über längere Zeit in voller Größe liefern kann, asymptotisch einem Höchstwert, dem dauernden Kurzschlußstrom J_k. Die in der Sicherung entwickelte Stromwärme erhitzt im Verlaufe dieser Zeit die Schmelzleiter auf die Schmelztemperatur. Innerhalb der nun folgenden Schaltzeit brennen die Schmelzleiter durch und unterbrechen nach dem Erlöschen des Ausschaltlichtbogens den Kurzschlußkreis. Der Strom fällt je nach Bauart der Sicherung mehr oder weniger steil von seinem Höchstwert auf den Wert Null zurück. Die Größe des dauernden Kurzschlußstromes ist durch die Gleichung $J_k = E/R$ gegeben, wenn unter E die EMK des Stromerzeugers und unter R der Ohmsche Widerstand des gesamten Stromkreises einschließlich des Stromerzeugers verstanden werden. Die Form der Exponentialkurve hängt von dem Verhältnis $L/R = T$ (Zeitkonstante) ab. Die EMK des Stromerzeugers und die elektrischen Konstanten des Kurzschlußkreises bestimmen somit die Größe des Kurzschlußstromes und den Verlauf des Stromanstieges. Maßgebend dafür, welchen Wert der durch diese Faktoren festgelegte Kurzschlußstrom in einer Anlage tatsächlich erreicht, sind die Abschaltverzögerung der eingebauten

[1] Oelschläger, ETZ 1904, S. 762.

Unterbrechungsvorrichtungen und das Verhalten des Stromerzeugers während des Kurzschlußvorganges. Es sei erwähnt, daß bei Schmelzsicherungen kleiner Nennstromstärke die Stromunterbrechung meist schon vor Eintritt des Beharrungszustandes erfolgt.

Folgende Überlegungen sollen den Einfluß der elektrischen Leitungskonstanten und der EMK darlegen. Werden während des Kurzschlußvorganges die EMK des Stromerzeugers und die Induktivität L des Kurzschlußkreises als gleichbleibend angenommen, so erfolgt der Stromanstieg bei verschiedenen Ohmschen Widerständen R nach Exponentialkurven, wie sie in Abb. 4 dargestellt sind. All diese Kurven haben die gleiche Anfangsneigung gegen die Zeitachse; die Höchstwerte, denen sie zustreben, verhalten sich umgekehrt wie die Widerstände, ebenso die Zeitkonstanten T. (Nach einer Zeit gleich der Zeitkonstanten T ist der Kurzschlußstrom auf 63,2 % seines Höchstwertes angewachsen; nach $t = 4\,T$ kann vom praktischen Standpunkte aus der Höchstwert als erreicht betrachtet werden [Beharrungszustand]. Der waagerechte Abstand zwischen Ordinatenachse und Schnittpunkt der Ursprungstangente mit der Asymptote der Exponentialkurve ist die Zeitkonstante der betreffenden Exponentialkurve.) Für den Grenzfall $R = 0$ würde der Kurzschlußstrom nach der Einhüllenden dieser Kurvenschar — Ursprungstangente — zunehmen. Die Zeitkonstanten T_1, T_2, T_3 .... geben in diesen Fällen ($R = 0$) auch jene Zeiten an, nach welchen der Kurzschlußstrom jeweils auf die Werte $J_{k_1}, J_{k_2}, J_{k_3}$ ... angestiegen sein würde.

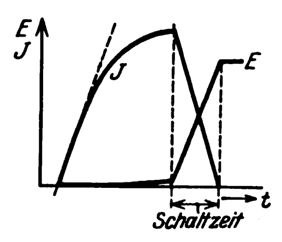
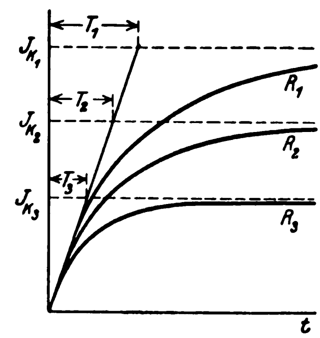


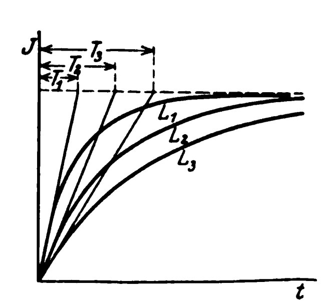
Abb. 3. Kurzschlußdiagramm.



E konst. L konst. $R_1 < R_2 < R_3$

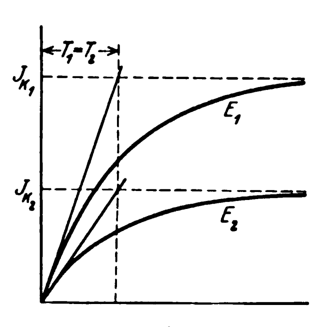
Abb. 4. Stromanstieg.

Für verschiedene Induktivitäten L ergeben sich bei Konstanz der EMK und des Ohmschen Widerstandes R während der Kurzschlußzeit Scharen von Stromanstiegkurven nach Abb. 5. Der dauernde Kurzschlußstrom J_k wird in allen Fällen gleichgroß, doch wird er nach verschieden großen Zeiten erreicht. Mit abnehmender Induktivität verkleinert sich die Zeitkonstante; die Anfangsneigungen der Kurven gegen die Zeitachse werden größer, d. h. der Stromanstieg erfolgt jäher.



E konst. R konst. $L_1 < L_2 < L_3$

Abb. 5. Stromanstieg.

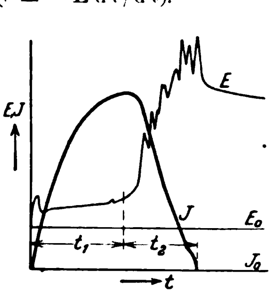


R konst. L konst. $E_1 > E_2$

Abb. 6. Stromanstieg.

Die Kurvenschar der Abb. 6 zeigt den Einfluß der EMK auf die Größe des Kurzschlußstromes und auf die Schnelligkeit des Stromanstieges bei gleichbleibender Induktivität und gleichbleibendem Ohmschen Widerstand während des Kurzschlußvorganges. Mit wachsender EMK nimmt die Steilheit der Ursprungstangente gegen die Abszissenachse zu ($T_1 = T_2$). Die jeweiligen Stromhöchstwerte stellen sich in allen Fällen nach gleichen Zeiten ein ($4\,T_1 = 4\,T_2$). Während des Kurzschlußvorganges verläuft die an der Sicherung liegende Spannung zunächst in der Nähe der Nullinie und nimmt gegen Ende des Stromanstieges um einiges zu (vgl. Abb. 3). Ihre jeweilige Größe ist bei Vernachlässigung der Induktivität und der Kapazität der Sicherung durch die Gleichung $e = J\,r$ definiert, wenn J den augenblicklichen Wert des ansteigenden Kurzschlußstroms und r den im gleichen Zeitpunkte vorhandenen Ohmschen Widerstand der Schmelzsicherung bezeichnen. Während der Abschmelzzeit nehmen beide Faktoren der Gleichung zu; der Strom J nach einer Exponentialkurve wie oben geschildert und der Widerstand r zufolge der durch die Stromwärme bedingten Temperaturerhöhung der Schmelzleiter. Mit Einsetzen der Schaltzeit übernimmt der Ausschaltlichtbogen die Stromführung in der Sicherung und erhöht ihren Widerstand sprunghaft. Die Spannungslinie steigt plötzlich steil an und geht nach vollzogener Stromunterbrechung auf den Spannungswert über, der nach der Kurzschlußabschaltung an der Unterbrechungsstelle auftritt.

Der Übergang von der Kurzschlußspannung auf die Netzspannung, wie er in Abb. 3 dargestellt ist, tritt in praktischen Fällen äußerst selten auf. Da jeder Stromkreis eine gewisse Induktivität besitzt, ruft die rasche Feldänderung während des Stromabfalles Überspannungen hervor, deren Größe von der Gesamtinduktivität des Kurzschlußkreises einschließlich des Stromerzeugers, von der Kurzschlußstromstärke und von der Dauer der Abschaltzeit der Schmelzsicherung abhängig ist ($e = -L\,\mathrm{d}\,i/\mathrm{d}\,t$).



J Kurzschlußstrom
E Spannung am Schalter

Abb. 7. Abschaltung eines Kurzschlusses durch einen Installations-Selbstschalter.

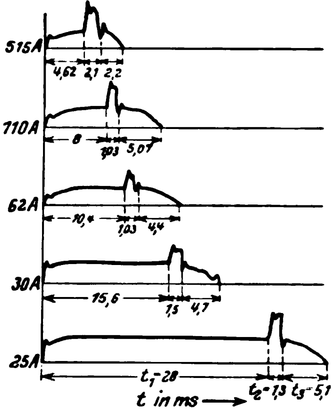


Abb. 9. Auslöseströme und Schaltzeiten.

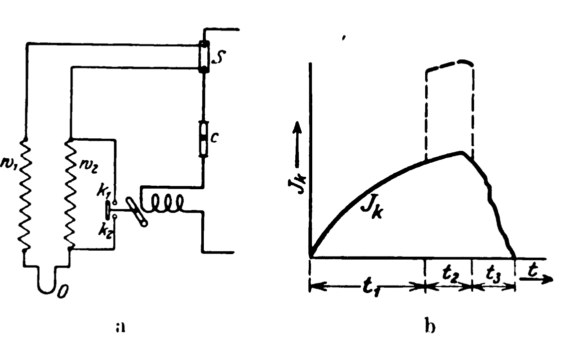


Abb. 8. Aufnahmeschaltung und Ideal-Oszillogramm für einen I.-S.-Schalter.

Das Ideal-Kurzschlußdiagramm eines I.-S.-Schalters (Abb. 7) weist ähnliche Strom- und Spannungsverhältnisse wie dasjenige einer Schmelzsicherung auf. Bemerkenswert ist die mit dem Sättigungsverhältnis der Eisenteile zusammenhängende Spannungsspitze zu Beginn des Kurzschlußvorganges. Für das weitere Verhalten der am I.-S.-Schalter liegenden Spannung gilt sinngemäß das bei Sicherungen Gesagte. In etwa der zweiten Hälfte des Stromanstieges setzt die Spannungslinie plötzlich steiler und unregelmäßiger ein, gleichzeitig erfolgt die Stromzunahme etwas langsamer, als nach dem bisherigen Verlauf der Exponentialkurve zu erwarten wäre. Vermutlich sind diese Erscheinungen mit dem mechanischen Schaltvorgang (Verringerung des Schalterkontaktdruckes) in Verbindung zu bringen. Während der Schaltzeit vollzieht sich der Übergang auf die Netzspannung in ähnlicher Weise wie bei einer Sicherung. Die Zackenbildungen in der steil aufsteigenden Spannungskurve sind auf den stark veränderlichen Widerstand des Ausschaltlichtbogens zurückzuführen. Da dieser durch die Luft nur schwach gekühlt wird, kann er sich trotz der magnetischen Blasung über längere Zeit in der Löschkammer aufrecht erhalten; daselbst steht ihm auch genügend Raum zur Verfügung, um die Länge und den

Querschnitt der ionisierten Strombahn in weiten Grenzen zu verändern. Im Gegensatz hierzu bedingt die starke Kühlwirkung des Füllstoffes (Quarzsand) bei Sicherungen kurze Abschaltzeiten; der Unterbrechungslichtbogen ist an eine eng begrenzte, durch die Schmelzkanäle vorgeschriebene Bahn gebunden.

Das normale Oszillogramm eines L.-S.-Schalters gibt zwar eindeutige Antworten auf die meisten Fragen, die den Abschaltvorgang betreffen, doch läßt es uns teilweise im unklaren darüber, wie sich die Gesamtauslösezeit auf die Bewegungsvorgänge der einzelnen Glieder, die das Abschalten bewirken, verteilt. Aufschluß hierüber geben Sonderoszillogramme, die mit der in Abb. 8a dargestellten Schaltanordnung an einem Sockel-Selbstschalter aufgenommen wurden. Der L.-S.-Schalter liegt im Hauptstromkreis. In Reihe mit seinen Hauptkontakten, die durch das Schlußstück *c* überbrückt werden, liegt der Nebenwiderstand *S*. An den Meßklemmen des Nebenwiderstandes sind in Reihe geschaltet der Vorwiderstand w_1, die Stromschleife *O* und ein weiterer Vorwiderstand w_2. Parallel zum Widerstand w_2 liegt ein Hilfskontaktpaar k_1 und k_2.

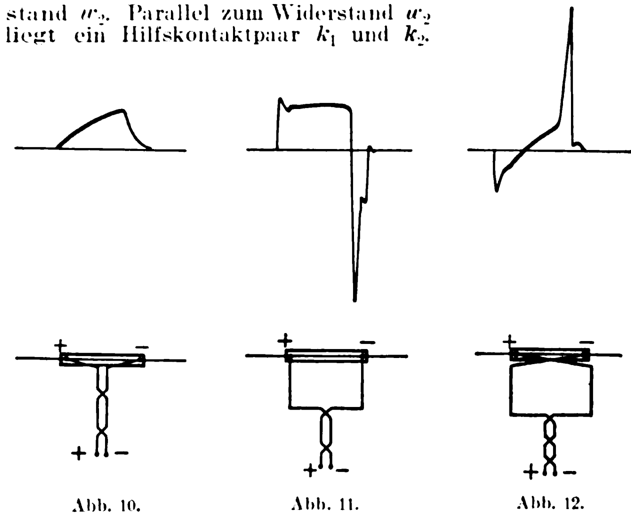


Abb. 10. Abb. 11. Abb. 12.

Abb. 10 ... 12. Verlegung der Meßschleifenleitung.

Wird der L.-S.-Schalter von einem Kurzschlußstrom durchflossen, so wird sein Anker angezogen; dieser löst in seiner Endlage die Sperrung von *c* und betätigt gleichzeitig die Hilfskontakte k_1 und k_2, die den Vorschaltwiderstand w_2 überbrücken. Während des Beginns der nunmehr einsetzenden Drehung des Schlußstückes *c* werden die Kontakte k_1 und k_2 wieder geöffnet. Von diesem Zeitpunkt an nimmt der Widerstand w_2 wieder an der Stromführung teil. Durch diese Anordnung wird der Maßstab des von der Meßschleife aufgezeichneten Kurzschlußstromes in demjenigen Zeitabschnitt vergrößert, den der Anker vom Auftreffen auf die Verklinkung bis zu deren Lösung braucht, weil während dieses Zeitabschnittes der Vorwiderstand w_2 durch die Hilfskontakte kurzgeschlossen ist. Die Oszillogramme geben also Aufschluß über die drei Abschnitte des Abschaltvorganges: Vorhub, Lösung der Verklinkung und Löschung des Lichtbogens. Die Stromkurven zeigen an der Stelle der plötzlichen Erhöhung des Schleifenstromes kleine überlagerte Schwingungen, die von der nicht aperiodischen Dämpfung der Stromschleife herrühren. Das Ideal-Oszillogramm verläuft nach Abb. 8 b.

Die Oszillogramme der Abb. 9, die mit der beschriebenen Schaltanordnung aufgenommen wurden, zeigen, daß mit zunehmender Stromstärke die Magnetbewegung etwas rascher wird. Die für die übrigen Vorgänge benötigten Zeiten verändern sich im Bereiche der mittleren Überströme nur unwesentlich; erst bei hohen Überströmen (Kurzschlußströmen) macht sich die stärkere magnetische Blaswirkung in einer Verkürzung der Brenndauer des Ausschaltlichtbogens bemerkbar. Die Verkleinerung der Auslösezeiten bei zunehmender Stromstärke wird im wesentlichen durch die immer größer werdende Beschleunigung des Magnetankers verursacht.

Bevor auf die folgenden Oszillogramme näher eingegangen wird, sollen einige Merkpunkte besprochen werden, die bei der oszillographischen Aufnahme besonders von rasch verlaufenden Ausgleichsvorgängen zu beachten sind. Das Entstehen und Verschwinden des Kurzschlußstromes ruft veränderliche magnetische Felder hervor, die sowohl auf den Kurzschlußkreis selbst als auch auf benachbarte elektrische Schließungskreise induzierend einwirken. Von Bedeutung für vorliegende Betrachtungen sind lediglich die Vorgänge im Kurzschlußkreise selbst. Damit diese einwandfrei oszillographisch abgebildet werden können, ist darauf zu achten, daß die zum Oszillographen führenden Meßleitungen induktionsfrei (verdrillt) verlegt werden, so daß die veränderlichen Magnetfelder in ihnen keine resultierende EMK erzeugen können. Diese Forderung ist besonders für die Stromschleife von größter Wichtigkeit, da ihr Meßkreis einen viel geringeren Widerstand aufweist als derjenige der Spannungsschleife mit dazwischen geschalteten Widerständen. Daß der Oszillograph bei mangelhaft verlegter Meßschleifenleitung ein unrichtiges Kurvenbild für den Kurzschlußvorgang aufzeichnen kann, soll an folgenden Beispielen gezeigt werden. Abb. 10 stellt den wirklichen Stromverlauf bei Kurzschluß über eine 25 A-Sicherung dar. Die zur Oszillographenschleife führende Meßleitung war in diesem Falle induktionsfrei bis an den im Kurzschlußkreis liegenden Nebenwiderstand geführt. Der Meßstrom wird das getreue Abbild des Kurzschlußstromes, da in dem Meßkreis nur die an den Klemmen des Nebenwiderstandes auftretende Spannung wirksam ist. Bildet die Meßleitung in der Nähe des Nebenwiderstandes eine Schleife, so wird diese von einem veränderlichen Flusse durchsetzt und es entsteht als Darstellung des Kurzschlußvorganges über eine 25 A-Schmelzsicherung ein Oszillogramm nach Abb. 11. Wird die Schleife am Nebenwiderstand um 180° gedreht, ohne daß die Anschlußklemmen der Meßschleife vertauscht werden, so zeichnet diese denselben Kurzschlußvorgang als Kurvenzug, wie er in Abb. 12 zur Darstellung gebracht ist. (Die Meßleitungsschleife am Nebenwiderstand ist bei Aufnahme der Oszillogramme Abb. 11 und 12 absichtlich groß gewählt. Kleine Schleifen rufen entsprechend kleinere Wirkungen hervor.)

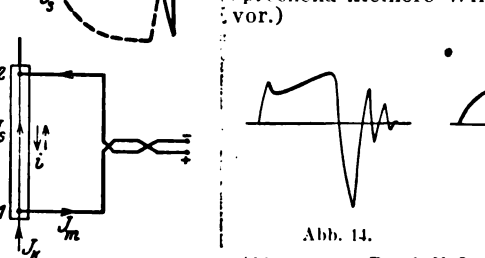


Abb. 13. Vorgänge in der Meßleitungsschleife.

Abb. 14. Abb. 15.

Abb. 14 u. 15. Durch Meßschleifenleitung gefälschter und wirklicher Kurzschlußverlauf.

Zur Erklärung dieser Vorgänge diene folgendes: Der Kurzschlußstrom J_k verzweigt sich im Punkte *1* (Abb. 13) in die zwei Teilströme J_s und J_m. Das stark veränderliche Feld Φ des Stromes J_s durchsetzt die Schleife am Nebenwiderstand und induziert in ihr eine EMK $e = -w\,d\Phi/dt$, wenn w die Windungszahl und $d\Phi/dt$ die Flußänderung in der Zeiteinheit bedeuten. Betrachtet man den Teil *1–2*, den die Schleife der Meßleitung mit dem Kurzschlußkreis gemeinsam hat, so ist die Richtung des induzierten Stromes i und des Kurzschlußstromes J_s durch Abb. 13 wiedergegeben. Es ist zu beachten, daß die Darstellung nicht maßstabgetreu ist; der Strom J_s hat die Größenordnung von einigen hundert Ampere, während der Induktionsstrom i nur etwa 50 ... 100 mA beträgt. Während des Stromanstieges ist im Nebenwiderstand i dem Strom J_s entgegengesetzt und während des Stromabfalles gleichgerichtet. Der eigentliche, durch den Spannungsabfall am Nebenwiderstand bedingte Meßstrom J_m ist dem Strome J_s dauernd entgegengerichtet. Er verläuft nach der Kurve J_m in Abb. 13. Sein Höchstwert beträgt etwa 100 ... 150 mA. Die Überlagerung der Kurven i und J_m ergibt den in dem Teile *1–2* fließenden resultierenden Meßstrom, der ein Oszillogramm nach Abb. 11 aufzeichnet, da die Richtungen von i und J_m auch im Meßschleifenkreis in derselben Weise wie im Teil *1–2* beibehalten werden. Wird die Schleife um 180° gedreht, ohne daß die Meßschleifenklemmen vertauscht werden, so dreht sich in der Schleife am Nebenwiderstand der Pfeil von J_m bei gleichbleibenden Pfeilen von i um. Die Meßschleife zeichnet damit ein Oszillogramm nach Abb. 12.

An Hand dieser Überlegungen ist leicht nachzuweisen, daß bei unsachgemäßer Verlegung der Meßschleifenleitung ein Oszillogramm nach Abb. 14 zustandekommen kann, während in Wirklichkeit der Kurzschlußverlauf durch Abb. 15 dargestellt wird.

Es sei bemerkt, daß die Verlegungsart der Meßschleifenleitung praktisch keinen Einfluß auf den wirklichen

Kurzschlußvorgang hat, sondern nur auf seine oszillographische Abbildung. Wenn der Aufbau des Nebenwiderstandes keine induktionsfreie Anordnung der Oszillographen-Meßleitung ermöglicht, so kann die induzierende Wirkung der Hauptstromleitung auf die Meßleitung bei Versuchsanordnungen dadurch fast aufgehoben werden, daß die Hauptstromleitung bifilar verlegt wird, wie aus Abb. 16 und 17 ersichtlich ist. Oszillogramm Abb. 16 ist

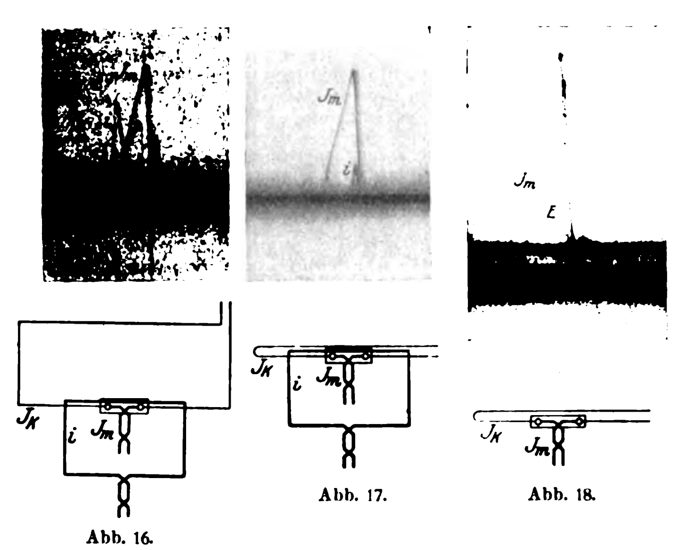


Abb. 16. Abb. 17. Abb. 18.

Abb. 16...18. Einfluß der Verlegung der Meßschleifenleitung auf das Kurzschluß-Oszillogramm.

dadurch erhalten, daß eine in sich geschlossene schleifenförmige Meßleitung der induzierenden Einwirkung einer Hauptstromschleife beim Kurzschluß einer 10 A-Schmelzsicherung ausgesetzt worden ist; die genannte Einwirkung ist nach Oszillogramm Abb. 17 durch bifilare Anordnung der Hauptstromleitung fast beseitigt. Aus Oszillogramm Abb. 18 ist zu ersehen, daß durch induktionsfreie Anordnung sowohl der Haupt- als auch der Meßleitung Nebenwirkungen durch Induktion auf die Meßleitung vermieden sind. Hierzu wird bemerkt, daß die Empfindlichkeit der Induktions-Meßschleife (Strom i) auf etwa das Sechsfache der Kurzschlußstrom-Meßschleife (Strom J_m) gesteigert war. Ein geringes Überschwingen des Lichtzeigers unter die Nullinie kann selbstverständlich auch als Folge ungenügender Dämpfung der Meßschleife auftreten.

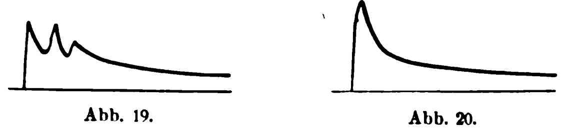


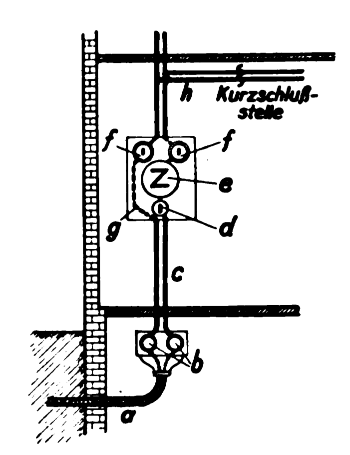
Abb. 19. Abb. 20.

Abb. 19 u. 20. Einschaltstrom einer Nitraphotlampe bei verschiedenen Schaltern.

In manchen Oszillogrammen tritt an Stelle der erwarteten zusammenhängend verlaufenden Stromanstiegkurve eine solche mit zackenförmig ausgebildeten Schwankungen, für deren Zustandekommen — sofern es sich nicht um das Oszillogramm einer Schmelzsicherung mit mehreren parallelen Stromzweigen handelt — keine eindeutige Erklärung im Zusammenhang mit dem Kurzschlußvorgang gefunden werden kann. Die Vermutung liegt nahe, daß irgendein unsicherer Kontakt des Kurzschlußkreises die Ursache dieser Erscheinung bildet. Versuche bestätigten, daß derartige Stromschwankungen durch den Schalter, der zum Schließen des Stromkreises verwendet wird, verursacht werden können, wenn unmittelbar nach dem Einschalten seine Kontakte vibrieren oder wenn die Kontaktgabe während des Einschaltvorganges unsicher erfolgt, wie dies bei Hebelschaltern, namentlich bei zweipoligen, oft der Fall ist. Die recht verschiedenartig aussehenden Oszillogramme Abb. 19 und 20 stellen denselben Vorgang dar: Einschaltstrom einer Nitraphotlampe; im Falle 19 wurde ein schnellwirkender Schalter mit Fernbetätigung und federnden Flachkontakten, im Falle 20 ein normaler einpoliger Drehschalter als Stromschlüssel verwendet.

Im Anschluß an diese Betrachtungen sollen die folgenden Oszillogramme über den zeitlichen Verlauf und über die Größe der Kurzschlußspannungen und der Kurzschlußströme, die in Kraft- und Lichtanlagen wirklich auftreten, Aufschluß geben. Zur Aufnahme diente ein Universal-Schleifenoszillograph der Siemens & Halske AG. Die Strom-Meßschleife lag an einem Abzweigwiderstand, der in Reihe mit dem Kurzschlußkreis geschaltet war. Die Kurzschlußspannung wurde an den Klemmen der jeweiligen Unterbrechungsvorrichtung gemessen.

Die erste Reihe der Oszillogramme wurde am 230 V-Gleichstrom-Kraftnetz des Versuchsraumes 1 im Elektrischen Prüfamt 3 in München aufgenommen. Die von den Sammelschienen des Kraftwerkes bis an den Prüfstand führende Leitung (vgl. Schaltbild der Tafel A), die mit dem dazwischengeschalteten Aron-Pendelzähler und den verschiedenen Sicherungen einen Ohmschen Widerstand von insgesamt 0,16 Ω und eine Induktivität von etwa 0,75 mH besitzt, ist fest verlegt und blieb bei sämtlichen Versuchen unverändert. Vor der Kurzschlußstelle wurden für die einzelnen Versuche Zähler mit verschiedenen Widerständen und verschiedenen Induktivitäten eingebaut, wodurch eine Veränderung der elektrischen Konstanten des Kurzschlußkreises in weiterem Bereich ermöglicht wurde. Als Abschaltmittel dienten bei der Versuchsreihe I normale D II-Stöpsel 2 ... 25 A, 500 V der SSW, bei der Versuchsreihe II Elfa-Druckknopf-Selbstschalter mit thermisch-elektromagnetischer Auslösung 6 ... 15 A, 250 V Gleichstrom bzw. 380 V Wechselstrom, der AEG.



a	2 × 3 m 6 mm²	= 0,0182 Ω
b	2 × 25 A-Sich.	= 0,0200 „
c	2 × 3 m 6 mm²	= 0,0182 „
d	Drehschalter	= 0,0050 „
e	Zähler	= 0,1300 „
f	2 × 6 A-Elfa	= 0,1200 „
g	0,6 m 1,5 mm²	= 0,0150 „
h	2 × 5 m 1,5 mm²	= 0,1200 „

Gesamtwiderstand: 0,4464 Ω

$E = 220$ V

$$J_k = \frac{E}{R} = \frac{220}{0{,}446} = 496 \text{ A}$$

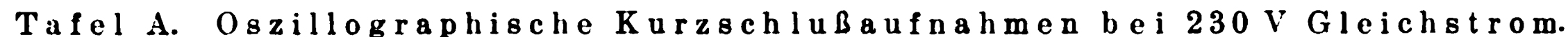
$$J_k \approx 500 \text{ A}$$

Abb. 21. Zur Errechnung eines Kurzschlußstromes.

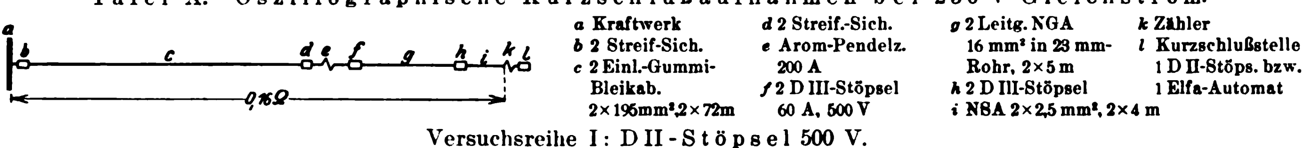
Die Oszillogramme zeigen somit die Kurzschlußverhältnisse bei Gleichstrom in Stromkreisen gleicher Verlegungsart, die hinsichtlich ihrer elektrischen Konstanten verschieden sind. Es ist zu beachten, daß die Kurzschlußstelle in unmittelbarer Nähe des speisenden Unterwerkes gelegen ist. Tafel A enthält die ermittelten Meßergebnisse und die näheren Angaben über die Zusammensetzung des Kurzschlußkreises. Ein Vergleich der Versuche 1 und 3 (Versuchsreihe I) läßt den Einfluß des Ohmschen Widerstandes auf den Kurzschlußvorgang erkennen. In der Leitung mit dem kleineren Ohmschen Widerstand (1) stellen sich die höheren Stromwerte ein; im Zusammenhange damit werden die Abschmelzzeiten kleiner, da gleichen Sicherungen ungefähr gleiche Wärmemengen zugeführt werden müssen, sofern die Wärmeabgabe unberücksichtigt bleibt, wie dies wegen der Kürze der Abschmelzzeiten zulässig ist.

Die beiden Stromkreise 1 und 2 (Tafel A, Versuchsreihe I) unterscheiden sich im wesentlichen nur durch die Verschiedenheit ihrer Induktivitäten; ihre Ohmschen Widerstände sind angenähert gleich. Die größere Zeitkonstande T der Leitung 2 verursacht einen flacheren Stromanstieg und kleinere Kurzschlußströme bei größeren Abschmelzzeiten. Noch deutlicher bringen die Beispiele 4 (Versuchsreihe I) die Einwirkung der höheren Gesamtinduktivität auf den Kurzschlußvorgang zum Ausdruck. Bezüglich der Überspannungen, die während der Schaltzeit auftreten, werden im allgemeinen die vorausgeschickten Betrachtungen bestätigt (unter sonst gleichen Bedingungen nehmen die Überspannungen in stark induktiven Stromkreisen höhere Werte an als in solchen mit geringer Selbstinduktion. In gleichartigen Leitungen ergeben höhere Ströme und kürzere Abschaltzeiten größere Überspannungen.)

Die in der Tafel zusammengestellten Werte sind keine Mittel- sondern Einzelwerte. Es liegt in der Natur der Sache, daß bei diesen Einzelwerten Abweichungen von den erwarteten Werten auftreten können, weil die durch die Fabrikation bedingten unvermeidbaren Verschiedenheiten der Schmelzstöpsel gleicher Nennstromstärke und Bauart voll zur Auswirkung gelangen. Bereits eingangs wurde er-



Tafel A. Oszillographische Kurzschlußaufnahmen bei 230 V Gleichstrom.



a Kraftwerk
b 2 Streif-Sich.
c 2 Einl.-Gummi-Bleikab. 2×195mm², 2×72m
d 2 Streif.-Sich.
e Arom-Pendelz. 200 A
f 2 D III-Stöpsel 60 A, 500 V
g 2 Leitg. NGA 16 mm² in 23 mm-Rohr, 2×5 m
h 2 D III-Stöpsel
i NSA 2×2,5 mm², 2×4 m
k Zähler
l Kurzschlußstelle 1 D II-Stöps. bzw. 1 Elfa-Automat

Versuchsreihe I: D II-Stöpsel 500 V.

Zusammensetzung des Kurzschlußstromkreises	Kurzschluß über einen D II-Stöpsel 500 V für																	
	2 A 0,57 Ω kalt			4 A 0,095 Ω bei Nennstrom, 0,38 Ω beim Abschmelzen			6 A 0,05 Ω bei Nennstrom, 0,2 Ω beim Abschmelzen			10 A 0,027 Ω bei Nennstrom, 0,11 Ω beim Abschmelzen			15 A 0,019 Ω bei Nennstrom, 0,076 Ω beim Abschmelzen			25 A 0,0095 Ω bei Nennstrom, 0,038 Ω beim Abschmelzen		
	Kurzschlußstrom J_k Amp.	Überspannung $E_ü$ Volt	Zeitdauer bis zum Abschmelzen t/1000Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.
1. Leitgn. + Hauptzähler + D III-Stöpsel 0,16 Ω Elektrolytzähler 5 A 220 V .... 0,11 „ Zählerinduktivität ≈ 0 0,27 Ω	.	.	.	90	176	0,5	133	280	0,8	295	370	1,6	445	400	2,3	668	650	3,9
2. Leitgn. + Hauptzähler + D III-Stöpsel 0,16 Ω Wh-Zähler 10 A 220 V .... 0,10 „ Zählerinduktivität ≈ 0,6 mH 0,26 Ω	.	.	.	.	.	.	124	520	1,15	275	635	2,1	396	1090	3,3	543	980	5,5
3. Leitgn. + Hauptzähler + D III-Stöpsel 0,16 Ω Ah-Zähler 3 A 220 V .... 0,43 „ Zählerinduktivität ≈ 0 0,59 Ω	36	122	0,65	57	160	0,55	90	295	1,3	207	430	2,25	275	380	4,5	315	215	8,8
4. Leitgn. + Hauptzähler + D III-Stöpsel 0,16 Ω Wh-Zähler 5 A 220 V .... 0,39 „ Zählerinduktivität ≈ 2,5 mH 0,55 Ω	.	.	.	.	.	.	89	800	2,5	159	900	4,55	233	1010	7,45	315	910	13,75

Versuchsreihe II: Elfa-I.-S.-Schalter 250 V (thermisch-elektromagnetische Auslösung).

Zusammensetzung des Kurzschlußstromkreises	Kurzschluß über einen Elfa-I.-S.-Schalter für																	
	2 A			4 A			6 A (0,11 Ω)			10 A (0,05 Ω)			15 A (0,03 Ω)			15 A		
	Kurzschlußstrom J_k Amp.	Überspannung $E_ü$ Volt	Zeitdauer bis zum Abschmelzen t/1000Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.	J_k Amp.	$E_ü$ Volt	t/1000 Sek.
5. Leitgn. + Hauptzähler + D III-Stöpsel 0,16 Ω Elektrolytzähler 5 A 220 V .... 0,11 „ Zählerinduktivität ≈ 0 0,27 Ω	.	.	.	.	.	.	157	147	2,85	252	75	3,3	400	147	3,1	500	110	3,3
6. Leitgn. + Hauptzähler + D III-Stöpsel 0,16 Ω Wh-Zähler 10 A 220 V .... 0,10 „ Zählerinduktivität ≈ 0,6 mH 0,27 Ω	.	.	.	.	.	.	168	156	2,8	190	138	3,1	272	162	3,4	315	165	3,3
7. Leitgn. + Hauptzähler + D III-Stöpsel 0,16 Ω Ah-Zähler 3 A 220 V .... 0,43 „ Zählerinduktivität ≈ 0 0,59 Ω	.	.	.	.	.	.	128	156	2,7	124 zusätzl. Widerstand 0,66 Ω, insgesamt 1,25 Ω	95	3,1	300	240	3,1	.	.	.
8. Leitgn. + Hauptzähler + D III-Stöpsel 0,16 Ω Wh-Zähler 5 A 220 V .... 0,39 „ Zählerinduktivität ≈ 2,5 mH 0,55 Ω	.	.	.	.	.	.	86	138	3,4	.	.	.	137	192	4,9	129	144	4,6
9. Leitgn. + Hauptzähler + D III-Stöpsel 0,16 Ω Wh-Zähler 5 A 220 V .... 0,39 „ Zusätzl. Widerstand (induktionsfrei) 1,35 „ Zählerinduktivität ≈ 2,5 mH 1,90 Ω	.	.	.	.	.	.	55	175	2,8	.	.	.	.	.	.	.	.	.

wähnt, daß errechnete Kurzschlußströme stets größer ausfallen als die wirklich auftretenden und daß die Berechnung je nach dem Grade ihrer Genauigkeit recht unterschiedliche Angaben liefern kann.

Das Rechenbeispiel der Abb. 21 soll zunächst Aufschluß darüber geben, wie der dauernde Kurzschlußstrom in einer Anlage berechnet werden kann. Für die Stromkreise der Versuchsreihe I (Tafel A) wurden verschiedene Wege zur Ermittlung dieses Stromwertes eingeschlagen; die erhaltenen Ergebnisse sind in den Abb. 22 ... 24 zeichnerisch zur Darstellung gebracht. Für unsere Betrachtungen kommt die vor der Kurzschlußstelle liegende Schmelzsicherung in Frage; sie stellt das schwächste Glied des Stromkreises dar (vgl. Schaltbild der Tafel A) und hat die Aufgabe, bei Kurzschluß die Fehlerstelle vom Netze zu trennen. Berücksichtigt man bei der Berechnung des dauernden Kurzschlußstromes neben den übrigen Widerständen des Kurzschlußkreises ihren Abschmelz- bzw. Nennlastwiderstand, so ergeben sich hier je nach Nennstromstärke der verwendeten Sicherung verschieden große Widerstände R' bzw. R'' und damit auch verschieden große Ströme J' bzw. J''. In den Abb. 22 ... 24 sind diese Werte als Ordinaten über den zugehörigen Abschmelzwiderständen r_s der Sicherungen als Abszissen aufgetragen. Die Indices 1, 2, 3, ... beziehen sich auf die einzelnen Versuche. Bei vollkommener Vernachlässigung des Sicherungswiderstandes stellt R''' den Gesamtwiderstand der Leitung einschließlich der Zähler und Vorsicherungen dar. Er ist als solcher für jeden Versuch gleichbleibend. Der zugehörige Strom ist mit J''' bezeichnet. Die oszillographisch ermittelten Kurz-



schlußströme J_s sind in die Abbildungen gleichfalls eingezeichnet.

Aus diesen Darstellungen geht hervor, daß der tatsächliche Kurzschlußstrom J_s in allen Fällen unterhalb der berechneten gleichbleibenden Höchstwerte J', J'', J''' bleibt. Die größte Annäherung an die wirklichen Verhältnisse wird erreicht, wenn bei der Berechnung der Abschmelzwiderstand der Sicherung berücksichtigt wird (J'). Wird der Widerstand der Sicherung vollkommen außer acht gelassen, so werden die Abweichungen am größten (J''').

Widerstand des Kurzschlußkreises) werden nur selten erreicht, da die Stromunterbrechung zufolge der geringen Kurzschlußträgheit der Schmelzsicherungen meist schon vor Eintritt des Beharrungszustandes einsetzt.

4. Die Abweichungen der Rechenergebnisse nehmen mit abnehmender Nennstromstärke der Sicherungen zu.

Beachtenswert ist die Gegenüberstellung der Abb. 25 mit den Oszillogrammen Abb. 3. Da der hohe Widerstand des Kurzschlußkreises beim Versuch 3 nur einen verhältnismäßig kleinen Strom zustandekommen läßt, erreichen die Exponentialkurven der 25- und 20 A-Patronen ihren

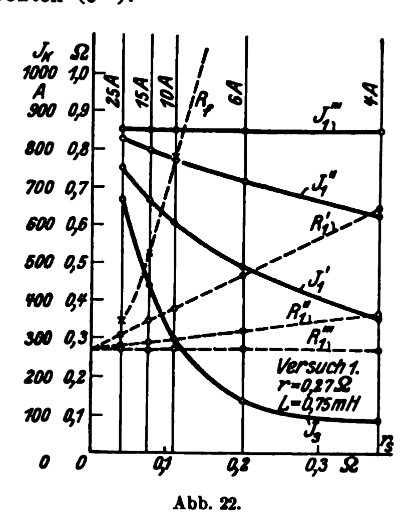


Abb. 22.

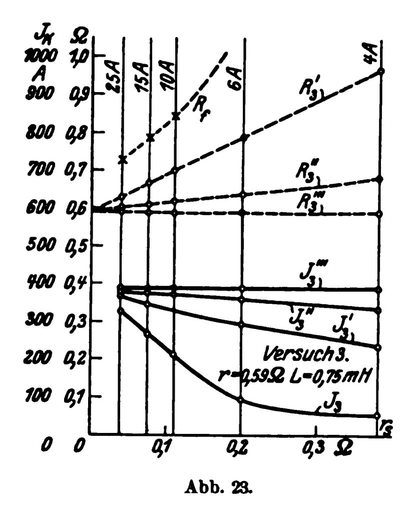


Abb. 23.

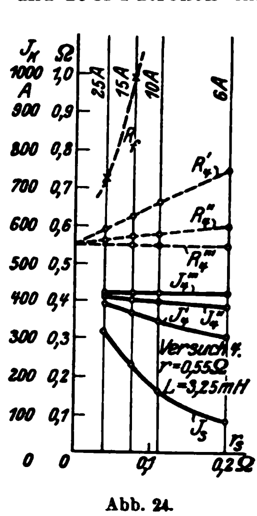


Abb. 24.

Abb. 22 ... 24. Ströme und Abschmelzwiderstände (zu Tafel A, Versuchsreihe I).

Welche Ursachen bedingen nun die Unstimmigkeit der Rechnung? Zunächst treten unbekannte Kontaktübergangswiderstände auf. Ferner bleiben der Leitungswiderstand von der Anschlußstelle bis zum Stromerzeuger, das Verhalten des Stromerzeugers bei Kurzschluß und sein Eigenwiderstand, die Speisekabelvorbelastung, die Widerstandszunahme des Kurzschlußkreises, namentlich der verhältnismäßig schwach bemessenen Vorsicherungen infolge der Temperaturerhöhung u. a. m. unberücksichtigt. Es ist anzunehmen, daß für ein und dieselbe Anlage die Summe dieser rechnerisch nicht bzw. schwer erfaßbaren Faktoren keinen allzu großen Schwankungen unterworfen ist. Sie müßte somit als ein annähernd konstantes Korrektionsglied in die Rechnung eingesetzt werden können, d. h. die Widerstandslinien der Abb. 22 ... 24 wären um eine gewisse Strecke in Richtung der zunehmenden Ordinaten parallel zu verschieben.

Die fiktiven Gesamtwiderstände des Kurzschlußkreises, die vorhanden sein müßten, damit die Rechnung die wirklichen Kurzschlußströme J_s als dauernde Höchstwerte ergeben würde, verlaufen aber nach den Schaulinien R_f, also keineswegs parallel zu den in Frage kommenden Schaulinien R'. Außer den zuvor genannten Faktoren müssen demnach noch andere Umstände für die Größe des Kurzschlußstromes mitbestimmend sein. Aufschluß darüber geben die Oszillogramme. Aus diesen geht hervor, daß in den meisten Fällen die Stromunterbrechung einsetzt, bevor der Kurzschlußstrom seinen durch die elektrischen Konstanten des Kurzschlußkreises bestimmten dauernden Höchstwert erreicht hat. Die Ursache hierfür ist die geringe Kurzschlußträgheit der Sicherungen. Die Unterschiede zwischen den wirklich auftretenden Kurzschlußströmen und den jeweils möglichen dauernden Höchstwerten werden um so beträchtlicher, je kleiner die Sicherung bezüglich ihrer Nennstromstärke bemessen ist.

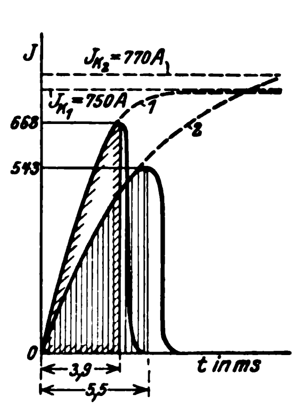
Zusammenfassend gilt demnach für das Verhältnis Rechnung zur Wirklichkeit:

1. Die Vernachlässigung oder die ungenügende Berücksichtigung einzelner Widerstände des Kurzschlußkreises (Sicherungen, Zähler usw.) bedingt unterschiedliche Rechenergebnisse.

2. Da verschiedene Faktoren rechnerisch überhaupt nicht (Kontaktübergangswiderstände) bzw. nur annähernd erfaßt werden können (Verhalten der Stromerzeuger, Kabelvorbelastungen, Widerstandserhöhung der Leitungen und der Apparate), liefert selbst die genauest durchgeführte Rechnung zu hohe Werte für die dauernden Kurzschlußströme.

3. Auch die möglichen dauernden Kurzschlußströme (bestimmt durch die Spannung des Stromerzeugers während des Kurzschlusses und den tatsächlich vorhandenen

dauernden Höchstwert. Die 10 A-Patrone schaltet kurz vor diesem Zeitpunkt ab, die übrigen noch kleineren Schmelzstöpsel lösen dagegen wesentlich früher aus. In Übereinstimmung damit verläuft die Kurve R_f im Bereiche der ersten drei Schmelzstöpsel angenähert parallel mit R'; die senkrechten Abstände von R' sind vermutlich ein Maß für die bei der Rechnung nicht berücksichtigten Faktoren.



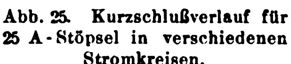


Abb. 25. Kurzschlußverlauf für 25 A-Stöpsel in verschiedenen Stromkreisen.

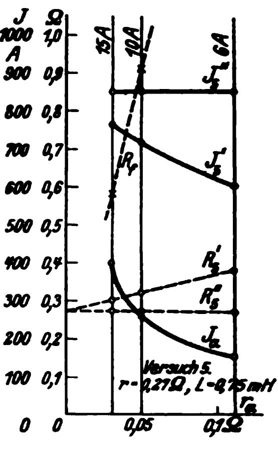


Abb. 26. L-S.-Schalter. Versuch 5, Reihe II. Tafel A.

Nach den früheren Betrachtungen müssen in Stromkreisen mit gleichgroßen Ohmschen Widerständen gleichgroße dauernde Kurzschlußströme zustandekommen, auch wenn die Induktivitäten verschieden groß sind. Die Oszillogramme 1 und 2 der Versuchsreihe I ergeben aber, daß in derartigen Anlagen die wirklich auftretenden Kurzschlußströme ungleiche Werte annehmen. Diese Erscheinung steht im Zusammenhang mit der Steilheit des Stromanstieges. In Abb. 25 sind die Oszillogramme der 25 A-Schmelzstöpsel der beiden Stromkreise zusammengezeichnet. Da jeder dieser Sicherungen während der Erwärmungszeit ungefähr gleiche Wärmemengen zugeführt werden müssen, ist es ohne weiteres ersichtlich, daß bei Verwendung kurzschlußschneller Abschaltglieder der Stromwert in der Leitung mit der kleineren Zeitkonstante (1) den höheren Betrag annehmen muß. Bliebe der Kurzschluß bis zur Erreichung des Beharrungszustandes in beiden Fällen bestehen, dann würden auch die oszillographisch gemessenen Ströme gleichgroß ausfallen.

Die Tatsache, daß die Kurzschlußströme in einer Anlage nicht auf den durch die Rechnung ermittelten dauernden Höchstwert ansteigen, besteht auch für die untersuchten Installations-Selbstschalter. In Abb. 26 sind die Verhältnisse für den Versuch 5 der Versuchsreihe II (Tafel A) zeichnerisch dargestellt; R'' bedeutet den Ohmschen Widerstand des Kurzschlußkreises, R' denjenigen des Kurzschlußkreises einschließlich des Selbstschalter-Widerstandes. Die zugehörigen dauernden Höchstwerte J'' und J' liegen bedeutend höher als die oszillographisch gemessenen Kurzschlußströme J_a. Da auch die I.-S.-Schalter den Kurzschluß vor Eintritt des Beharrungszustandes abschalten und ihre Kurzschlußschnelligkeit mit kleiner werdender Nennstromstärke zunimmt, weist der Kurvenzug R_f des fiktiven Gesamtwiderstandes ähnlichen Verlauf wie bei Abschmelzsicherungen auf. (Flache Kuppen in einigen der aufgenommenen, hier nicht wiedergegebenen Oszillogrammen werden durch die Widerstandserhöhung, die als Folge der abnehmenden Kontaktpressung während des letzten Abschnittes des mechanischen Schaltvorganges auftritt, verursacht, sind also keine dauernden Höchstwerte.)

Die Einflüsse des Ohmschen Widerstandes und der Induktivität auf die Gestaltung der Exponentialkurven, nach denen der Stromanstieg vor sich geht, sind dieselben wie früher. Im allgemeinen werden die Kurzschlußströme in derselben Anlage mit I.-S.-Schaltern etwas kleiner (ausgenommen die 6 A-I.-S.-Schalter), außerdem geben ihre größeren Schaltzeiten Anlaß zu geringeren Überspannungen.

Bei Schmelzsicherungen ändern sich die Abschmelzzeiten sehr stark mit den elektrischen Konstanten der zu sichernden Stromkreise; im Gegensatz hierzu sind die entsprechenden Zeiten bei I.-S.-Schaltern fast unabhängig davon (Versuchsreihe II, Tafel A). Diese Erscheinung beruht darauf, daß Sicherungen ansprechen, sobald der Kurzschlußstrom eine bestimmte Wärmemenge entwickelt hat. Diese ist für Schmelzstöpsel gleicher Nennstromstärke angenähert gleichbleibend. Bei Automaten setzt nach Eintritt der magnetischen Sättigung ($J = 80 \ldots 100$ A) der mechanische Schaltvorgang ein. Der Kurzschlußstrom kann wohl die Magnetankerbewegung noch etwas beeinflussen, dagegen kaum noch die übrigen Vorgänge (Lösung der Schaltersperrung, Schalterbewegung bis zur Kontakttrennung). Selbstschalter gleicher Nennstromstärke wirken somit mit annähernd gleichbleibenden mechanischen Schaltzeiten. *(Schluß folgt.)*

Ersatzschaltung für die gleichseitige Eichung von Drehstromzählern mit zwei Meßwerken.

Von Dipl.-Ing. **Wilhelm Beetz**, Nürnberg.

Übersicht. Es wird eine Ersatzschaltung für die Eichung von Dreileiter-Drehstromzählern angegeben, welche genau die gleichen Eichwerte ergibt wie die Aron-Schaltung, vorausgesetzt, daß bei beiden Meßwerken die innere Phasenverschiebung richtig eingestellt ist und beide Meßwerke genau gleiche Zugkraft haben. Für die Ersatzschaltung ist dreiphasige Spannung, aber nur einphasiger Strom erforderlich. Die Verwendung eines Normalzählers ist der Eichung mit einem Wattmeter vorzuziehen, weil sie eine genauere Abgleichung der Zugkräfte beider Meßwerke des zu eichenden Zählers ermöglicht.

1928 beschrieb Doericht[1] ein Verfahren zur gleichseitigen Prüfung von Drehstromzählern mit zwei Meßwerken, bei welchem die Spannungsspulen wie in der Aron-Schaltung an den verketteten Spannungen E_{RS} und E_{TS} liegen, während die in Reihe geschalteten Stromspulen von einem Strom durchflossen werden, der bei $\cos\varphi = 1$ (im Drehstromnetz) in die Richtung OS gebracht wird entsprechend Abb. 1. Während jedoch in der Aron-Schaltung das vom Strom der Phase R durchflossene Meßwerk *1* an E_{RS}, das vom Strom der Phase T durchflossene Meßwerk *2* an E_{TS} liegt, vertauscht Doericht die Spannungen in der Absicht, bei der Prüfung genau dieselben Vor- und Nacheilungsverhältnisse zu erhalten wie bei normalem Betrieb.

Wie nun mittlerweile durchgeführte Untersuchungen gezeigt haben, ist diese Vertauschung der Spannungen nicht angebracht. Es zeigt sich vielmehr, daß gerade dadurch, besonders bei Zählern mit zwei Meßwerken auf einer Scheibe, die gegenseitige Beeinflussung der Meßwerke Unterschiede zwischen der Ersatzschaltung und der Aron-Schaltung bedingt, und darauf ist vermutlich auch der Fehlerunterschied von 4 % bei einer bestimmten Type zurückzuführen, von der Doericht später spricht[2] und für den er keine weitere Erklärung angibt. Ferner liegt darin auch der Grund, weshalb das Verfahren auf bestimmte Zählertypen, deren Verhalten man kennt, beschränkt ist. Vertauscht man aber die Spannungen nicht so ergeben sich genau die gleichen Eichwerte wie bei der Aron-Schaltung, vorausgesetzt daß bei beiden Meßwerken die innere Phasenverschiebung richtig eingestellt ist und daß beide Meßwerke genau gleiche Zugkraft haben. Die Schaltung entspricht dann Abb. 2; die Meßwerke haben gegenüber der Aron-Schaltung einfach ihre Rollen vertauscht, in System *1* eilt bei $\cos\varphi = 1$ (bezogen auf das Drehstromnetz) der Strom der Spannung um 30° vor, bei System *2* nach, während dies bei der Aron-Schaltung umgekehrt ist.

Bei dem Normalzähler müssen natürlich die beiden erwähnten Bedingungen besonders genau erfüllt sein, damit er in der Ersatzschaltung die gleichen Fehler zeigt wie in der Aron-Schaltung. Man wird ihn deshalb in beiden Schaltungen messen, um sich von seiner richtigen Einstellung zu überzeugen. Statt des Normalzählers könnte auch ein Wattmeter verwendet werden, dessen Spannungspulen man zweckmäßig an die Phasenspannung E_{OS} legt mit Hilfe des bekannten Nullpunktwiderstandes, den S & H für solche Zwecke baut. Bei $\cos\varphi = 1$ sind dann Strom- und Spannung am Wattmeter in Phase. — Die Angaben des Wattmeters ergeben mit 3 multipliziert die Drehstromleistung bei gleichseitiger Belastung.

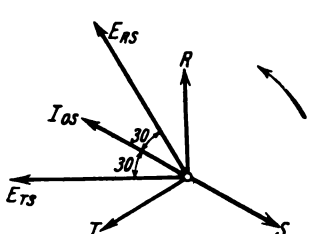


Abb. 1. Diagramm der Prüfschaltung bei $\cos\varphi = 1$.

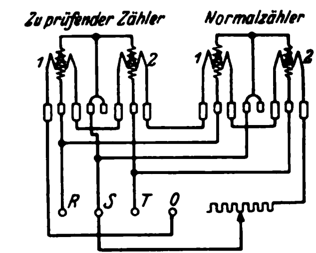


Abb. 2. Ersatzschaltung mit Normalzähler.

Die Eichung mit dem Normalzähler hat aber große Vorteile vor der Verwendung des Wattmeters. Der zu eichende Zähler wird ja auch einseitig mit dem Normalzähler bei $\cos\varphi = 1$ und bei Phasenverschiebung verglichen und dabei ergibt sich von selbst eine genau gleiche Einstellung der Zugkräfte beider Meßwerke, weil ja die Meßwerke des Normalzählers gleiche Zugkräfte haben. Ungenauigkeiten in der Frequenz haben dabei keine nachteilige Wirkung und die Temperaturverhältnisse sind bei beiden Zählern die gleichen, weil die Stromspulen beider vom gleichen Strom durchflossen werden. Verwendet man aber ein Wattmeter, so kann man die Meßwerke nur auf eine der folgenden Arten auf gleiche Zugkräfte einstellen: Entweder man schaltet die Stromspulen gegeneinander, legt die Spannungspule an ein und dieselbe Spannung und stellt bei $\cos\varphi = 1$ den Zähler auf Stillstand ein; dieses übliche Verfahren ist wegen der störenden Reibung und Leertriebe ungenau; oder aber man stellt nacheinander jedes Meßwerk bei gleicher Leistung auf gleiche Drehzahl ein. Auf diese Weise hat man aber auch keine Gewähr für große Genauigkeit, weil die Genauigkeit des Wattmeters, Ablesefehler, Frequenz- und Temperaturfehler in die Messung eingehen. Die Eichung mit dem Normalzähler ist also unbedingt vorzuziehen, wenn nicht als einzig richtig anzusprechen.

Der Einfluß falscher Phasen- und Zugkraftabgleichung auf die Angaben des Zählers in der Aron- und in der Ersatzschaltung ergibt sich aus folgenden Formeln, deren Ableitung hier zu weit führen würde[3].

---

[1] C. Doericht, ETZ 1928, S. 180.
[2] C. Doericht, ETZ 1928, S. 1136.

[3] Die genaue theoretische Untersuchung dieser Verhältnisse wurde von H. Nützelberger durchgeführt, der die Ergebnisse durch Versuche auch bestätigt hat.

F a l l 1. Beide Meßwerke haben gleiche Zugkraft. Meßwerk *1* hat jedoch eine Fehlverschiebung von δ_1, Meßwerk *2* eine solche von δ_2. Dieser Winkel ist bei Überverschiebung positiv zu nehmen, d. h. wenn der Spannungsfluß der Spannung um $90° + \delta$ nacheilt (unter der Voraussetzung, daß der Stromfluß in Phase mit dem Strom ist), bei Unterverschiebung $(90° - \delta)$ ist δ negativ. Der Fehler Δ infolge dieser Fehlverschiebung δ ist dann

in der Aron-Schaltung:

$$\Delta_a = \frac{50}{\sqrt{3}} (\sin \delta_1 - \sin \delta_2) + 50 \operatorname{tg} \varphi (\sin \delta_1 + \sin \delta_2) \, [\%],$$

in der Ersatzschaltung:

$$\Delta_e = \frac{50}{\sqrt{3}} (\sin \delta_2 - \sin \delta_1) + 50 \operatorname{tg} \varphi (\sin \delta_1 + \sin \delta_2) \, [\%].$$

Wir erkennen aus diesen Gleichungen folgende interessante Tatsachen: Wenn beide Meßwerke gleiche Fehlverschiebung haben, also beide Über- oder beide Unterverschiebung, $\delta_1 = \delta_2 = \delta$, so ist

$$\Delta_a = \Delta_e = 100 \operatorname{tg} \varphi \sin \delta \, [\%].$$

Der Fehler in beiden Schaltungen gegenüber richtig eingestellten Meßwerken nimmt mit wachsendem φ stark zu. Der Unterschied zwischen der Aron- und der Ersatzschaltung ist aber Null;

$$\Delta = \Delta_a - \Delta_e = 0.$$

Wenn beide Meßwerke gleichgroße, aber entgegengesetzte Fehlverschiebung haben, also eines Über-, das andere Unterverschiebung, $\delta_2 = -\delta_1 = \delta$, so ist

$$\Delta_a = \frac{100}{\sqrt{3}} \sin \delta \quad \text{und} \quad \Delta_e = \frac{-100}{\sqrt{3}} \sin \delta.$$

Der Unterschied zwischen den beiden Schaltungen ist jetzt

$$\Delta = \Delta_a - \Delta_e = \frac{200}{\sqrt{3}} \sin \delta.$$

Er ist von φ unabhängig. Hat endlich Meßwerk *1* eine Fehlverschiebung δ_1, während *2* genau richtig eingestellt ist, $\delta_2 = 0$, so wird der Unterschied

$$\Delta = \Delta_a - \Delta_e = \frac{100}{\sqrt{3}} \sin \delta.$$

Hat z. B. Meßwerk *1* eine Überverschiebung von $\delta_1 = +1°$, während $\delta_2 = 0$ ist, so wird der Unterschied der Aron- und der Ersatzschaltung

$$\Delta = \frac{100}{\sqrt{3}} \sin 1° \approx 1 \%,$$

u. zw. zeigt der Zähler, wenn er in der Ersatzschaltung geeicht ist, in der Aron-Schaltung 1 % zuviel an, unabhängig von φ. Nun bedeutet eine Fehlverschiebung von 1° schon einen sehr großen Fehler in der Abgleichung der inneren Phasenverschiebung, denn bei der einseitigen Eichung verursacht dieser Fehlwinkel bei $\cos \varphi = 0{,}5$ bereits einen Fehler von 3 %, bei $\cos \varphi = 0{,}25$ einen solchen von 6,8 %. Solche Fehler wird man natürlich bei der einseitigen Eichung nicht zulassen. Stellt man aber einseitig bei $\cos \varphi = 0{,}5$ auf 0,5 % genau gegenüber $\cos \varphi = 1$ ein, so ist δ nur 10 Min. Dieser Fehlwinkel des Meßwerkes *1* erzeugt aber nur einen Fehlerunterschied von

$$\Delta_a - \Delta_e = \frac{100}{\sqrt{3}} \sin 10' = 0{,}17 \%.$$

Daraus folgt, daß infolge falscher Phasenabgleichung kein wesentlicher Unterschied zwischen der Ersatz- und der Aronschaltung zu befürchten ist. Wichtiger ist jedoch die Zugkraftabgleichung:

F a l l 2. Beide Meßwerke sind richtig auf innere Phasenverschiebung abgeglichen. Meßwerk *1* hat jedoch ein um p % kleineres Drehmoment als Meßwerk *2*, d. h. $D_1 = D_2 \left(1 - \frac{p}{100}\right)$. Dann ist der Fehler infolge dieser Ungleichheit der Zugkräfte

in der Aron-Schaltung:

$$\Delta_a = \frac{100}{\sqrt{3}} \frac{D_2 - D_1}{D_1 + D_2} \operatorname{tg} \varphi \, [\%],$$

in der Ersatzschaltung:

$$\Delta_e = \frac{100}{\sqrt{3}} \frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2} \operatorname{tg} \varphi \, [\%].$$

Der Unterschied zwischen beiden Schaltungen wird hier

$$\Delta = \Delta_a - \Delta_e = \frac{200}{\sqrt{3}} \frac{D_2 - D_1}{D_1 + D_2} \operatorname{tg} \varphi \, [\%].$$

Der Fehlerunterschied zwischen Aron- und Ersatzschaltung infolge ungleicher Zugkräfte nimmt also mit wachsendem φ stark zu. Bei nacheilendem Strom ist φ positiv. Ist z. B. die Zugkraft des Meßwerkes *1* um 1 % kleiner als die von *2*, so ist

$$\Delta = \frac{200}{\sqrt{3}} \frac{D_2 - 0{,}99 \, D_2}{1{,}99 \, D_2} \operatorname{tg} \varphi \approx 0{,}6 \operatorname{tg} \varphi \, [\%].$$

Bei $\cos \varphi = 1$ ergibt sich kein Unterschied zwischen beiden Schaltungen, bei $\cos \varphi = 0{,}5$ wird aber der Unterschied $\Delta \approx 1 \%$. Der Zähler zeigt in der Ersatzschaltung bereits 1 % weniger als in der Aron-Schaltung, wenn die Zugkräfte nur um 1 % verschieden sind. Diese Abgleichung muß also möglichst genau vorgenommen werden, was, wie wir oben gesehen haben, am besten bei der einseitigen Eichung mittels des Normalzählers geschieht.

Es bleibt nun noch übrig zu beweisen, daß die von Doericht vorgeschlagene Umpolung der Spannungspulen für die Ersatzschaltung von Nachteil ist. Wir können dreierlei Arten der gegenseitigen Beeinflussung zweier diametral gegenüber liegender Meßwerke unterscheiden (auch wenn diese nicht auf einer Scheibe sitzen, können die Beeinflussungen auftreten, wenn auch in schwächerem Maße):

1. D a s Z u s a m m e n w i r k e n d e r b e i d e n S p a n n u n g s f l ü s s e. — Abb. 3 zeigt eine Ferraris-Scheibe mit zwei Meßwerken. Die Spannungsflüsse Φ_{E_1} und Φ_{E_2} durchsetzen die Scheibe einmal, wobei wir die angedeutete Richtung als positiv bezeichnen wollen, die Stromflüsse Φ_{I_1} und Φ_{I_2} je zweimal, wie dies in der Regel der Fall ist.

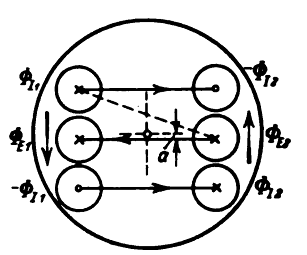


Abb. 3. Zählerscheibe mit 2 Meßwerken.

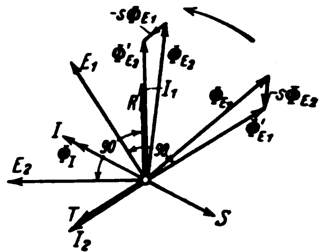


Abb. 4. Lage der Vektoren bei $\cos \varphi = 1$ in der Aron- und Ersatzschaltung.

Abb. 4 zeigt die Lage der Vektoren bei der Aron- und bei der Ersatzschaltung. Die Spannungspulen sind in beiden Fällen an $E_1 = E_{RS}$ bzw. $E_2 = E_{TS}$ angeschlossen. Der Fluß Φ_{E_1} eilt Φ_{E_2} nach, was eine Kraft von Φ_{E_2} nach Φ_{E_1} zur Folge hat. Wenn nun die Verbindungslinie der Schwerpunkte beider Spannungsflüsse nicht genau durch die Achse geht, sondern einen Abstand a von ihr hat, so erzeugt diese Kraft ein Drehmoment, welches sich natürlich bei Vertauschung der Spannungen umkehrt. Nimmt man daher diese Maßnahme vor, so muß die Ersatzschaltung Abweichungen gegenüber der Aron-Schaltung zeigen, u. zw. besonders bei kleiner Belastung, weil dann das Drehmoment der beiden Spannungsflüsse prozentual groß wird.

2. D a s Z u s a m m e n w i r k e n d e r S t r o m f l ü s s e e i n e s M e ß w e r k e s m i t d e m S p a n n u n g s f l u ß d e s a n d e r e n. — Um diesen Fall verstehen zu können, müssen wir uns die Verhältnisse bei der einseitigen Eichung etwas genauer ansehen. Wenn z. B. Meßwerk *1* auf innere Phasenverschiebung eingestellt wird, so daß es bei $\cos \varphi = 0{,}5$ die halbe Drehzahl zeigt wie bei $\cos \varphi = 1$, so wird von selbst die Wirkung des Spannungsflusses von Meßwerk *2* mit berücksichtigt, denn dessen Spannungspule ist ja bei der einseitigen Eichung an seine Spannung $E_2 = E_{TS}$ angeschlossen. Für unsere Betrachtungen können wir, wie oben schon bemerkt, annehmen, daß der Stromfluß Φ_{I_1} in Phase mit dem Strom I_1 ist. Wenn nun der Spannungsfluß Φ_{E_1} nicht vorhanden wäre, wie bei einem Einphasenzähler, so würde

man die Phasenregelung so einstellen, daß Φ_{E_1} der Spannung E_1 um 90° nacheilt. Die Wirkung von Φ_{E_2} können wir uns nun so vorstellen, als ob Φ_{E_2} nicht vorhanden wäre, dafür aber ein kleiner Bruchteil von Φ_{E_2}, $s\Phi_{E_2}$, an der Stelle von Φ_{E_1} wäre, gewissermaßen dem Φ_{E_1} überlagert, u. zw. von entgegengesetzter Richtung wie Φ_{E_2}, denn die Kraft, die von Φ_{I_1} nach Φ_{E_2} gerichtet ist, bewirkt ein entgegengesetztes Drehmoment wie die nach einem phasengleichen Fluß an der Stelle Φ_{E_1} gerichtete Kraft.

Der resultierende gedachte Fluß an der Stelle des Spannungspoles *1*, welcher die Wirkung von Φ_{E_2} mit berücksichtigt, ist Φ'_{E_1}, und dieser Fluß eilt E_1 um 90° nach, wenn Meßwerk *1* auf Phase abgeglichen wurde. Wir stellen also bei der einseitigen Eichung im Meßwerk *1* keine genaue 90°-Verschiebung zwischen Spannung E_1 und Fluß Φ_{E_1} ein, sondern eine kleine Unterverschiebung. In entsprechender Weise stellen wir bei Meßwerk *2* eine kleine Überverschiebung ein, machen also den Winkel zwischen E_2 und Φ_{E_2} größer als 90° und berücksichtigen so von selbst die Wirkung des gegenüberliegenden Spannungsflusses Φ_{E_1}. Jedes Meßwerk ist also so abgeglichen, als ob die gegenüberliegende Spannungspule nicht da wäre und das Meßwerk selbst genau 90° Verschiebung hätte. (Abweichungen in der Lage des Spannungsflusses gegenüber dieser richtigen inneren Phasenverschiebung sind Fehlwinkel δ, deren Einfluß durch die oben erwähnten Gleichungen gegeben ist.)

Nun wollen wir aber einmal in der Ersatzschaltung die Spannungen vertauschen und schließen Meßwerk *1* an E_{TS} an, wie Abb. 5 zeigt. Die Phasenregelung von *1* wurde bei der einseitigen Eichung auf Unterverschiebung eingestellt, wie wir sahen. Der Winkel zwischen E_1 und Φ_{E_1} ist kleiner als 90°. Meßwerk *2*, welches Überverschiebung hat, liegt an E_{RS}. Φ_{E_2} eilt E_2 um mehr als 90° nach. Berücksichtigen wir wieder die Wirkung des gegenüberliegenden Spannungsflusses in jedem Meßwerk durch Bildung der ideellen Flüsse Φ'_{E_1} und Φ'_{E_2}, so sehen wir, daß jetzt der Stromfluß Φ_I bei $\cos\varphi = 1$ mit Φ'_{E_1} einem zu kleinen, mit Φ'_{E_2} einen zu großen Winkel bildet. Diese Winkel müßten ja, wie Abb. 4 zeigt, genau 60° bzw. 120° sein, weichen aber jetzt davon ab. Die bei der einseitigen Phaseneichung eingestellten Abweichungen von der 90°-Verschiebung machen sich jetzt doppelt in fehlerhafter Weise bemerkbar und die Wirkung ist dieselbe, die wir oben bei dem Einfluß eines Fehlwinkels gesehen haben. Meßwerk *1* hat jetzt einfach eine Fehlverschiebung — δ, Meßwerk *2* eine solche von + δ und es ergibt sich eine von der Phasenverschiebung φ unabhängige Differenz zwischen der Aron- und der Ersatzschaltung. Wir dürfen deshalb auch aus diesem Grunde die Spannungen nicht vertauschen.

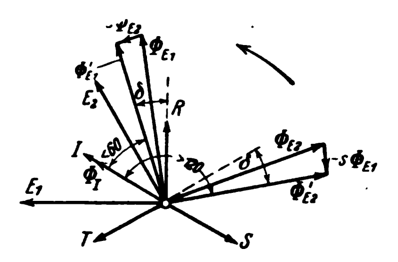


Abb. 5. Ersatzschaltung bei Vertauschung der Spannungen, cos φ = 1.

3. Das Zusammenwirken der Stromflüsse eines Meßwerkes mit denen des anderen. — Diese Wechselwirkung sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Merkliche Fehler entstehen durch diese Einflüsse nicht. In der Ersatzschaltung treten überhaupt keine Kräfte auf, weil ja die Stromflüsse phasengleich sind. In der Aron-Schaltung heben sich die Triebe auf, wenigstens bei symmetrischer Montage. Sitzen die Eisen unsymmetrisch zur Achse, so können allerdings Kräfte auftreten, die aber kaum wesentlich sind, zumal die Stromflüsse überhaupt gering sind.

Wir kommen also zu dem Schlußergebnis: Die Ersatzschaltung nach Abb. 1 und 2 liefert bei jeder Phasenverschiebung einwandfrei innerhalb der Meßgenauigkeit die gleichen Meßwerte wie die Aron-Schaltung. Eine Vertauschung der Spannungspulen darf nicht vorgenommen werden. Die Hauptsache ist Abgleichung auf genau gleiche Zugkräfte beider Meßwerke und gute Phasenabgleichung bei der einseitigen Belastung.

Über die Einwirkung von Chromnickel-Heizdrähten auf keramische Wicklungsträger.

(Mitteilung aus dem Zentral-Laboratorium der Steatit-Magnesia AG. Berlin-Pankow.)

Von E. Albers-Schönberg und M. Bichowsky, Berlin.

Übersicht. Die bekannten Zerstörungserscheinungen an Heizdrähten und ihren keramischen Haltekörpern werden durch absichtliche Herstellung ungünstiger Betriebsbedingungen und Beobachtung der Durchbrennvorgänge studiert. Das Auftreten farbiger Niederschläge und Schmelzflecke wird chemisch und elektrisch aufgeklärt. Es ergeben sich zum Teil überraschende Tatsachen, wie die rein thermische Bildung von Chromsäureanhydrid an der Oberfläche des glühenden Chromnickeldrahtes und die Wanderung des Oxydnebels im elektrischen Felde.

Die überwiegende Menge aller Elektrowärmegeräte enthält als Heizquelle Widerstandsdrähte oder -bänder aus einer Legierung von Chrom und Nickel oder von Chrom, Nickel und Eisen. Als Aufhängekörper dienen in einigen Fällen Glimmerscheiben, in weitaus größerer Menge jedoch keramische Preßteile. Die Anwendung des keramischen Baustoffes erlaubt eine große Mannigfaltigkeit der Form und gewährleistet dabei eine ausreichende Feuerfestigkeit.

Aus der Elektrowärmeindustrie werden jedoch immer wieder Klagen laut, daß solche Heizkörper unter eigentümlichen Erscheinungen und in ganz unberechenbarer Weise durchbrennen. In der Regel wird der keramische Baustoff dafür verantwortlich gemacht. Es hat sich die Meinung gebildet, daß er durch elektrolytische Zersetzung den Heizdraht angreift oder infolge ungenügender Isolierfähigkeit in der Hitze elektrische Durchschläge zuläßt. Das Auftreten farbiger Abscheidungen auf den keramischen Körpern wird mit ihrer angeblichen elektrolytischen Zersetzbarkeit in Beziehung gebracht. Auf Grund dieser Vorstellung wurde auf die Isolierfähigkeit des Materials bei hoher Temperatur großer Wert gelegt und man meinte einen um so zuverlässigeren Baustoff zu erhalten, je kleiner die in der Hitze durch den Körper selbst fließenden Nebenschlußströme sind.

Tatsächlich liegen die Verhältnisse jedoch viel verwickelter. Man bedenke, daß hier Gemische von Silikaten und feuerfesten Oxyden, also Körpern, die in der Hitze teilweise elektrolytisch, teilweise elektronisch leiten, in Berührung stehen mit glühenden Metallen, die ihrerseits bei der hohen Temperatur leitende Oxydkrusten bilden und abstoßen. Demgegenüber ist es auffallend, daß die Durchbrennerscheinungen auf keramischen Tragkörpern ganz verschiedener Zusammensetzung fast gleichartig verlaufen. Daneben zeigt die Messung der Isolationswiderstände verschiedener Materialien, daß die in der Elektrowärmetechnik bestbewährten keramischen Körper durchaus nicht immer die höchstisolierenden sind.

In der Überzeugung, daß die hier zu lösende technische Aufgabe nicht allein durch den Vergleich von Leitfähigkeitszahlen und eine entsprechende Auswahl der keramischen Rohstoffe zu erfüllen sei, haben die Verfasser eine eingehende Untersuchung der Zerstörungsvorgänge selbst vorgenommen. Es gelang, die in der Praxis bekannten Erscheinungen im Laboratorium willkürlich herbeizuführen und in ihren Einzelheiten zu studieren.

I.

Wird ein Heizkörper, z. B. eine Heizsonnenspule, die längere Zeit gearbeitet hat, ausgebaut, so findet man oft farbige Niederschläge auf der Oberfläche des keramischen Trägers, die der Form des Heizdrahtes schattenbildartig folgen. Die Farbe dieser Niederschläge ist braun oder bräunlich-grün. Daneben findet man bisweilen in der Umgebung dieser Schattenbilder diffuse Niederschläge von zitronengelber Farbe. Der erste Teil der Untersuchung beschäftigte sich mit der Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der Eigenleitfähigkeit des keramischen Materials und diesen farbigen Abscheidungen bestehe.

Die chemische Analyse ergab folgendes:

Die gelben Niederschläge enthalten Chromsäureanhydrid, CrO_3, oder eines der möglichen Hydrate dieses Oxy-

des. Die Anwesenheit von CrO_4''-Ionen wird leicht durch Silbernitrat nachgewiesen. Es bildet sich das rote Silberchromat Ag_2CrO_4. Die Jodkaliumstärke-Reaktion (Ausscheidung von freiem Jod) und die Reaktion mit schwefliger Säure (Bildung von grünem Cr_2O_3) gelingt ebenfalls. Erhitzt man solche Niederschläge auf über 250 °, so verschwindet die gelbe Farbe durch Verdampfung und Zersetzung des Chromsäureanhydrids. Nickel und Eisen sind in Form ihrer Oxyde ebenfalls in den gelben Niederschlägen vorhanden, wenn auch nur in sehr kleinen Mengen. Nickel läßt sich mit Dimethylglyoxim und Eisen durch die bekannte Rotfärbung mit Ammonrhodanid nachweisen. Die braunen und bräunlich-grünen Niederschläge bestehen aus Nickel-, Chrom- und Eisenoxyd. Man könnte annehmen, daß das mit dem Chromsäureanhydrid gleichzeitig gebildete Nickeloxyd sich mit diesem zu Nickelchromat vereinigt. Dieser Körper ist bis fast 500 ° beständig. Da unsere gelben Niederschläge oberhalb 250 ° vollständig verdampfen oder durch Zersetzung verschwinden, müssen wir schließen, daß die Chromsäure gar nicht oder nur zum geringsten Teil mit Nickel verbunden ist. Die Reaktion auf Eisen gelingt nur nach vorheriger Behandlung mit konzentrierter Säure, ein Zeichen dafür, daß das Eisen im Niederschlage als wasserunlösliches Fe_2O_3 vorliegt und ebenfalls nicht an Chromsäure gebunden ist.

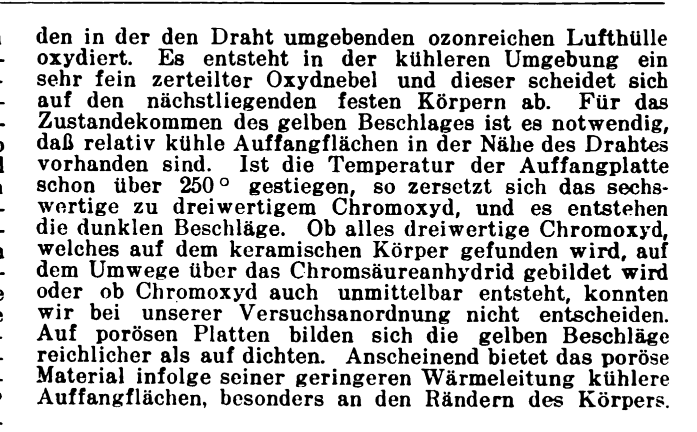
Es war nun zu prüfen, ob diese farbigen Abscheidungen durch ein Zusammenwirken von keramischem Stoff und Heizdraht entstehen, d. h. ob der keramische Körper in irgendeiner Form die Oxydation der Drahtmetalle bewirkt oder fördert. Legt man ein Stück Chromnickeldraht auf eine weiße keramische Unterlage und läßt den Draht stark glühen, so hinterbleiben an den Stellen unmittelbarer Berührung die bekannten braunen und ringsherum die gelben Niederschläge. Es fällt dabei auf, daß die gelben Niederschläge sich bisweilen über die Anschlußenden des glühenden Heizdrahtes hinaus erstrecken, also bis in ein Gebiet, wo elektrolytische Wirkungen im Körper nicht mehr ausgelöst werden können. Ob der keramische Körper überhaupt eine Rolle bei der Bildung dieser Niederschläge spielt, ließ sich nun in sehr einfacher Weise durch die folgende Versuchsanordnung klären.

Ein glühender Chromnickeldraht wurde frei durch die Luft gespannt. Eine keramische Platte wurde in 1 mm Entfernung vom Draht aufgestellt. Jede unmittelbare Berührung war ausgeschlossen. Nach wenigen Minuten trug die Platte ein gelbes diffuses „Schattenbild" des Drahtes. Wir haben weiter die Temperaturbedingungen der Niederschlagsbildung untersucht. Die niedrigste Temperatur, bei welcher wir gut nachweisbare Chromsäure erhielten, betrug 900 °. Bei 1 mm Plattenabstand und einstündiger Erhitzung wurde der qualitative Nachweis mit Silbernitrat deutlich. Mit der Steigerung der Temperatur wächst die Geschwindigkeit sehr rasch. Bei 1100 ... 1150 ° erhält man bereits in 2 min breite gelbe Streifen auf der Auffangplatte. In der Mitte des gelben Streifens aber findet man in der Regel einen dunkleren Strich von der beschriebenen bräunlichen Farbe. In einem weiteren Versuch haben wir statt der keramischen eine Auffangplatte aus Silber verwendet. Der Chromsäurebeschlag war auch in diesem Falle nachweisbar. Damit war der Beweis erbracht, daß der keramische Stoff an der Bildung der farbigen Niederschläge gar nicht beteiligt ist, sondern nur als Auffänger für die Oxydationsprodukte des Drahtes wirkt.

Abb. 1. Schaltung zum Nachweis der Polarität des Chromsäureanhydrid-Dampfes.

Oberhalb 900 ° ist der Chromnickeldraht ein kräftiger Ozonbildner. Das Ozon ist in der Nähe des glühenden Drahtes deutlich zu riechen. Auch chemisch ist es unschwer nachzuweisen. Spannt man den glühenden Draht in ein Glasrohr ein und läßt die Luft in langsamem Strome an dem Draht vorbei und über ein Filtrierpapier mit Arnoldschem Reagens[1] streichen, so erhält man eine deutliche Violettfärbung. Es liegt nahe, die Bildung des sechswertigen Chromoxydes mit der Anwesenheit des Ozons in Zusammenhang zu bringen.

Der Gesamtvorgang ist vermutlich dieser: Der glühende Draht verdampft. Die austretenden Atome wer-


den in der den Draht umgebenden ozonreichen Lufthülle oxydiert. Es entsteht in der kühleren Umgebung ein sehr fein zerteilter Oxydnebel und dieser scheidet sich auf den nächstliegenden festen Körpern ab. Für das Zustandekommen des gelben Beschlages ist es notwendig, daß relativ kühle Auffangflächen in der Nähe des Drahtes vorhanden sind. Ist die Temperatur der Auffangplatte schon über 250 ° gestiegen, so zersetzt sich das sechswertige zu dreiwertigem Chromoxyd, und es entstehen die dunklen Beschläge. Ob alles dreiwertige Chromoxyd, welches auf dem keramischen Körper gefunden wird, auf dem Umwege über das Chromsäureanhydrid gebildet wird oder ob Chromoxyd auch unmittelbar entsteht, konnten wir bei unserer Versuchsanordnung nicht entscheiden. Auf porösen Platten bilden sich die gelben Beschläge reichlicher als auf dichten. Anscheinend bietet das poröse Material infolge seiner geringeren Wärmeleitung kühlere Auffangflächen, besonders an den Rändern des Körpers.

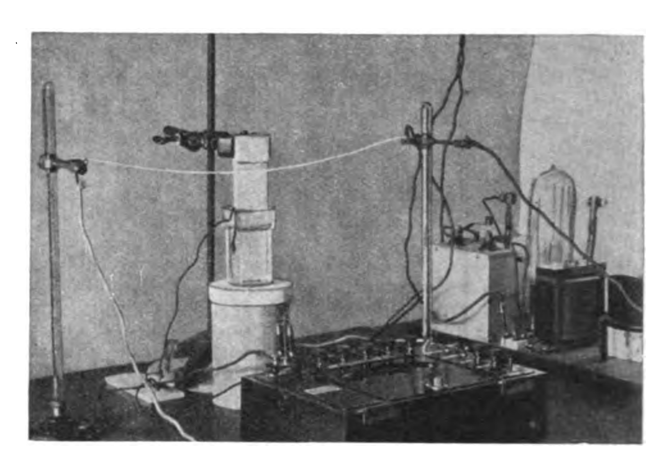


Abb. 2. Versuchsaufbau zum Nachweis der Polarität des dampfförmigen Chromsäureanhydrids.

Werden die erwähnten Glühversuche mit Gleichstrom ausgeführt, so zeigt sich überraschenderweise, daß der gelbe Niederschlag am negativen Pol stärker erscheint als am positiven. Ließe sich nicht so leicht der Nachweis erbringen, daß die gesamte Chromsäurebildung von der keramischen Unterlage überhaupt unabhängig ist, so hätte schon diese Bevorzugung des negativen Pols die Annahme einer elektrolytischen Herkunft des Niederschlages unwahrscheinlich gemacht; denn sowohl das Chromsäure-Ion als auch der zur elektrolytischen Oxydation des Drahtmetalls notwendige Sauerstoff könnten bei Elektrolyse nur am positiven Pol erscheinen. Man ist zu der Annahme gezwungen, daß der Oxydnebel positive Ladung trägt und im elektrischen Felde wandert. Zum objektiven Nachweis dieser Erscheinung trafen wir eine Versuchsanordnung, die in Abb. 1 schematisch und in Abb. 2 im Photogramm dargestellt ist. *a* ist eine poröse Platte aus keramischem Material, *b* ein Gefäß mit Wasser. Die Platte *a* wird mit Wasser durchgefeuchtet und mit dem unteren Rande in das Wasser des Gefäßes eingetaucht. Der Chromnickeldraht *c* führt in etwa 1 mm Entfernung an der Platte vorüber, ohne sie zu berühren; er ist mit Wechselstrom beheizt. Der eine Pol einer 1000 V-Gleichspannungsquelle wird auf den Draht *c* gelegt, der andere in das Wasser eingetaucht. Die gesamte Platte *a* ist dadurch gegenüber dem Glühdraht geladen. Es wurde nun bei gleicher Glühzeit und gleichem Abstand zwischen Platte und Draht geprüft, ob je nach der Polarität der Platte die Chromsäure-Niederschläge stärker oder schwächer ausfielen. Das Ergebnis zeigt die Abb. 3. Zu beiden Versuchen wurde die gleiche Platte benutzt. Die Querstriche auf der Platte sind die durch Silbernitrat in Silberchromat übergeführten Chromsäure-Niederschläge. Das Ergebnis war in allen Fällen das gleiche. Der Niederschlag war stets um ein mehrfaches reichlicher, wenn die Auffangplatte gegenüber dem Draht negativ geladen war. Eine gewisse, wenn auch geringe Menge gelangte aber auch bei der umgekehrten Ladung auf die Platte.

Dieser Befund einer vorwiegend positiven Ladung des dampfförmigen Chromsäureanhydrids ist überraschend, aber physikalisch nicht unwahrscheinlich. Es ist z. B. bekannt, daß im dampfförmigen Kadmiumjodid bei etwa 200 ° positiv geladene Kadmiumjodid-Ionen und freie Elektronen entstehen und eine elektrische Leitfähig-

[1] Eine alkoholische Lösung von Tetramethyldiaminodiphenylmethan.



keit des Dampfes bewirken[2]. In unserem Falle, wo wir annehmen, daß metallisches Chrom bei hoher Temperatur durch Ozon oxydiert wird, ist die Abspaltung eines Elektrons aus den entstehenden Oxydmolekülen ein energetisch gut begründbarer Vorgang.

Es wurden auch Versuche unternommen, Chromsäuredämpfe, die durch schwaches Erhitzen von Chromsäureanhydrid erzeugt wurden, im elektrischen Felde abzuscheiden. Diese Versuche sind insofern fehlgeschlagen, als keinerlei Polarität zu finden war. Um geladene Chromsäuremoleküle zu erhalten, ist es offenbar notwendig, die Chromsäure erst durch chemische Einwirkung frisch zu bilden.

Nachdem die Herkunft der farbigen Ablagerungen auf den Heizkörpern geklärt war, erhob sich die Frage, welche Wirkung diese Stoffe ausüben und ob sie mittelbar oder unmittelbar die Zerstörung des Gerätes herbeiführen oder beschleunigen. Die Metalloxyde sind als starke Flußmittel bekannt. Es war zu prüfen, ob die hier auftretenden Oxyde bei der maximalen Betriebstemperatur mit dem keramischen Körper reagieren. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Plättchen aus solchen keramischen Materialien, die heute in der Elektro-Wärmetechnik Anwendung finden, mit Chromoxyd, Nickeloxyd und einer Mischung beider Oxyde bedeckt und im elektrischen Ofen bis 1000 ° erhitzt. Nach dieser Behandlung ließ sich das Oxyd in allen Fällen sauber wieder vom Träger herunterwischen; es hatte keine Reaktion stattgefunden.



Abb. 3. Chromsäureanhydrid-Niederschläge auf einer keramischen Platte, sichtbar gemacht durch Auftropfen von Silbernitrat.

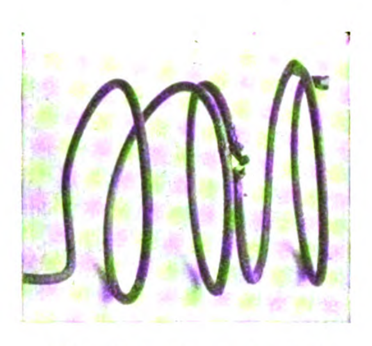


Abb. 4. Verzunderung eines Heizdrahtes an der Stelle eines Windungsschlusses.

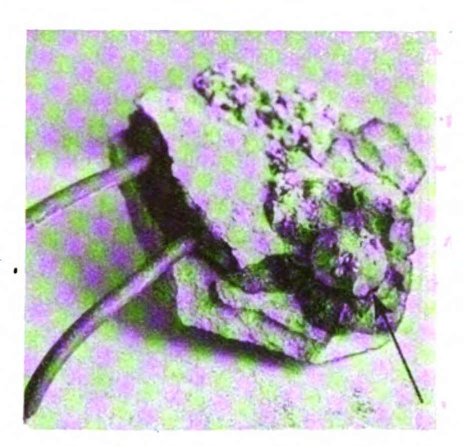


Abb. 5. Metallregulus an der Durchbrandstelle eines elektrischen Widerstandofens

II.

Alle oben ausgeführten Untersuchungen ergaben insofern eine negative Antwort, als keine der beobachteten Erscheinungen sich als eigentliche Gefahrenquelle für das gesamte Gerät erwies. Nur ein gewisser Verlust an Drahtmaterial durch Oxydation wird deutlich. Es verblieb jetzt die Aufgabe, die in der Praxis oft beobachteten Vernichtungserscheinungen der Heizkörper selbst zu reproduzieren[3].

Die Prüfung durchgebrannter Heizspulen, die mit Wendeldrahtschlangen versehen waren, förderte in einigen Fällen Drahtstücke zutage, an welchen zwei benachbarte Windungen durch einen metallischen Regulus fest miteinander verschmolzen waren. Es war deutlich zu sehen, daß sich hier an der Stelle eines Windungschlusses das Metall vorübergehend verflüssigt hatte. An einzelnen Punkten hatte der Draht also eine unzulässig hohe Temperatur von wenigstens 1250 ° erreicht. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß die Temperatur noch viel höher war, denn die Schmelzpunkte der Chromnickeldrähte reichen bis über 1400 ° hinauf. Es wurde nun geprüft, auf welche Weise an diesen Punkten die hohe Temperatur zustande gekommen war. Stellt man in einer freiliegenden Heizdrahtwicklung absichtlich einige Windungschlüsse her, so sieht man diese Stellen deutlich heller glühen als den übrigen Draht. Der Nebenschlußstrom von Windung zu Windung kann zwar infolge des Übergangswiderstandes und der geringen Spannungsdifferenz nur von geringer Leistung sein, doch ist diese auf einen so kleinen Leitungsabschnitt konzentriert, daß die Temperatur diejenige des frei glühenden Drahtes um mehrere hundert Grad übertreffen kann. An diesen Stellen setzt nun eine deutlich wahrnehmbare fortschreitende Verzunderung des Drahtes ein. Es kommt schließlich zum Durchbrand. Ein kleiner Lichtbogen bildet sich aus und der Draht wird unter gleichzeitiger Oxydation geschmolzen. Nun kann zweierlei eintreten: das schmelzende Metall kann mit der Nachbarwindung Kontakt erhalten und den Unterbruch dadurch aufheben; die Stelle kühlt sich wieder ab und der Widerstand ist weiter betriebsfähig. Andernfalls schreitet die Verzunderung weiter fort. Es bilden sich Oxyde von Nickel, Chrom und Eisen, die in der Hitze leiten und ein rasches Erlöschen des Lichtbogens verhindern. Jetzt wird die Hitze so groß, daß die Oxyde mit der Unterlage reagieren und eine dunkelgefärbte Schlacke bilden. Dabei frißt sich das schmelzende Gemisch in die Oberfläche des keramischen Trägers ein. Nach dem schließlichen Erlöschen erhält man Stücke mit tief eingeschmolzenen schwarzen Flecken, die sich bisweilen, wenn es sich um dünnwandige Rohre handelt, durch die ganze Wand des Rohres quer hindurch erstrecken. Abb. 4 zeigt die Verzunderung eines Drahtes an der Stelle eines Windungsschlusses. Die Abb. 5 zeigt ein Stück Oxydschlacke aus einem durchgebrannten 7 kW-Widerstandsofen. Man sieht deutlich inmitten der Schlacke einen Regulus aus geschmolzenem Chromnickel liegen.



Abb. 6. Verzunderung eines verdrillten Drahtes.

In ähnlich katastrophaler Weise wie die Windungsschlüsse wirken sich verdrillte Stellen aus, wo der Draht zur streckenweisen Verstärkung des leitenden Querschnitts verdoppelt ist und sich zwischen zwei benachbarten Stellen ein Spannungsunterschied ausbilden kann. Abb. 6 zeigt eine solche Verdrillungstelle, wo der Draht bereits auf den halben Querschnitt abgezundert ist. Die Bildung der schwarz gefärbten Oxydschlacken wird auf allen keramischen Materialien beobachtet, sowohl auf silikathaltigen als auch auf rein basischen Massen, auch auf reinem Quarz. Auf porösen Stoffen dehnen sich die Flecke allerdings weiter in die Tiefe aus als auf dichten; vermutlich weil die Oxyde auf jenen eine größere reagierende Oberfläche vorfinden und die Hohlräume in der Schmelzhitze zusammenfallen (Abb. 7).

Die Entstehung der schwarzen Oxydflecke kann im Laboratorium sehr leicht willkürlich herbeigeführt werden. Man läßt den Strom über zwei sich berührende Chromnickeldrahtspitzen, die sich auf der Oberfläche des keramischen Körpers befinden, hindurchgehen und zündet durch Auseinanderziehen der Drähte einen punktförmigen Lichtbogen. Sofort beginnen die Drahtspitzen zu schmelzen und zu verbrennen, und unter lebhaftem Sprühen ent-

[2] G. C. Schmidt u. R. Walter, Über die Elektrizitätsleitung von Salzdämpfen. Ann. Phys. Bd. 72, S. 565.
[3] Das folgende nach Versuchen von E. Zakarias.

steht eine weißglühende Rinne von leitenden Oxyden, die sich in die Unterlage mehr und mehr einfrißt.

Nicht nur Windungschlüsse und verdrillte Stellen sind Gefahrenquellen für den Heizwiderstand, sondern überhaupt alle Stellen, an denen der Draht durch Knickung oder sonstige mechanische Beanspruchung geschwächt ist. Man erkennt solche Stellen immer daran, daß sie deutlich heller glühen als der übrige Draht.

III.

Die keramischen Isolierstoffe erleiden bekanntlich mit steigender Temperatur einen steil verlaufenden Abfall ihrer Isolierfähigkeit. In Ohm gemessen beträgt dieser Abfall zwischen 0 und 300° etwa 3 Größenordnungen, zwischen 300 und 1000° etwa 4 Größenordnungen. Bei hohen Betriebstemperaturen kann also ein merklicher Nebenschlußstrom durch den keramischen Heizkörper hindurchfließen. Die Auffassung, daß durch die elektrische Leitfähigkeit in der Hitze die Möglichkeit zum Durchschlag gegeben sei, ist in den hier behandelten Fällen infolge der niedrigen Spannungen unzutreffend. Versuchsweise wurden einige keramische Heizträgermassen in Form von 3 mm starken Plättchen bei 1000° einer Spannung von 1000 V Wechselstrom ausgesetzt. Ein vollkommen stetiger Stromfluß war zu beobachten. Durchschlag erfolgte in keinem Falle. Bei einem Teil dieser Versuche waren die Plättchen mit Chrom- und Nickeloxydschichten bedeckt.



Abb. 7. Durchbrennfleck mit geschmolzenen Metallkügelchen im Wicklungsträger einer Kochplatte.

Wir können als allgemeines Ergebnis der oben mitgeteilten Versuche folgendes herausstellen:

Die bekannten und oft bemängelten Durchbrände von Heizkörpern nehmen vom Draht her ihren Ausgang. Heizdrähte müssen offenbar viel schonender und sorgfältiger behandelt werden, als dies im allgemeinen geschieht. Die so häufig auftretenden farbigen Niederschläge, die ohne chemische oder elektrochemische Mitwirkung des keramischen Stoffes entstehen, können jeweils als Beweis dienen, daß eine Überhitzung stattgefunden hat. Wo es auf die Gewinnung strahlender Wärme ankommt, sollte man sich mit einer Glühtemperatur von 900° unbedingt begnügen und überall da, wo nur dunkle Wärme gebraucht wird, niedrig glühende Drähte oder Bänder verwenden. Tritt bei einem Durchbrande des Heizdrahtes ein Lichtbogen auf, so wird der keramische Träger durch die Einwirkung der Oxyde mit zerstört. Die Eigenleitfähigkeit des keramischen Baustoffes ist von viel geringerer Bedeutung als bisher angenommen wurde. Die bisher gemessenen Leitfähigkeitszahlen sind schon darum sehr schwer auszuwerten, weil man noch nicht weiß, wie groß der Anteil an elektrolytischer und an Elektronenleitung in diesen keramischen Stoffen ist.

Dem Keramiker bleibt nach wie vor die Aufgabe, eine für jeden verlangten Zweck geeignete temperaturwechselbeständige Masse zu liefern, die bei der vorgeschriebenen Beanspruchung nicht reißt. Dabei ist zu bedenken, daß die Temperaturwechselbeständigkeit einerseits eine Materialfrage, anderseits aber auch eine Konstruktionsfrage ist, also in schwierigen Fällen ein eingehendes Zusammenarbeiten zwischen Konstrukteur und Keramiker verlangt. Daß die Formgebung des keramischen Teiles vielfach von ausschlaggebender Bedeutung für die Haltbarkeit ist, soll hier nochmals erwähnt werden. Es wird vermutlich niemals eine einzige vollkommene keramische Masse geben, die sich für alle Formen von Heizdrahtträgern eignet, sondern eine Mehrzahl, die den einzelnen Konstruktionsformen angepaßt ist.

Die Fernsprechverbindung zwischen Europa und Amerika.

E. Wollner berichtet[1] eingehend über die ganze Entwicklung der drahtlosen Überseetelephonie-Verbindung. Die Versuche haben fast 12 Jahre (1915 bis 1927) gedauert und gutes Beobachtungsmaterial ergeben. Die gesammelten Unterlagen über Empfangs- und Störungsverhältnisse sind graphisch wiedergegeben. Die Verteilung der günstigen Empfangszeiten über Tag und Nacht und die durchschnittlichen Änderungen im Laufe eines Jahres sind hieraus gut zu erkennen.

Die Vorteile der Einseitenband-Modulation werden beschrieben und die verschiedenen Kombinationen der hierbei angewendeten Gegentaktmodulation mathematisch erläutert. Die erforderlichen Siebketten, die als Ultrabandfilter (Kondensatorleitung) und Infrabandfilter (Drosselkette) bezeichnet sind, sind eingehend beschrieben. Es folgen dann Angaben über die Verstärkeranlage, die Endstufen (Hochfrequenz-Hochleistungsverstärker) und zugehörige Lautstärkemesser. Bei der Beschreibung der Kraftanlage wird erwähnt, daß die Heizmaschinen nach Vorschriften der englischen Postverwaltung gebaut wurden. Während in England Maschinen für die Anodenspannung Verwendung finden, werden in Amerika hierfür Transformatoren und Gleichrichterröhren angewendet.

Über die Sendeantenne in Rugby wird nur mitgeteilt, daß diese 2 km lang ist und aus 8 Drähten besteht (Achteckanordnung). Die Masten sind 270 m hoch. Für den Richtempfang sind drei „Beverage-Antennen" in Betrieb, jede ist als Doppelleitung ausgebildet und hat eine Länge von 5,23 km, der Abstand der parallelen Antennenanordnungen beträgt 3,1 km. Die Zusammenschaltung ist ein kompliziertes Gebilde, das aus vielen Kompensationsgliedern und Leitungsnachbildungen mit Differentialübertragern besteht. Die Empfangseinrichtung für die Einseitenband-Demodulation besteht aus Hochfrequenzverstärkern mit Zwischenfrequenzstufen. Hinter Siebketten erfolgt eine weitere Verstärkung, bei der die Trägerfrequenz wieder zugesetzt wird (Audionstufe). Daran schließt sich eine Hochfrequenz-Drosselkette, ein Niederfrequenzverstärker und eine Kondensatorleitung; der Frequenzbereich für die Sprache beträgt 250 ... 3000 Hz.

Für die Verbindung und Überwachung der drahtlosen Strecken mit den Fernsprechnetzen in England und Amerika sind Gabelstellen mit besonderen Lautstärkemessern vorgesehen. Die Überwachungsbeamten haben die Schwankungen durch die Empfangsverhältnisse und Teilnehmerdämpfungen (zur Ansteuerung des Senders) nachzuregeln. Zur Messung der drahtlosen Strecke dient beiderseits ein Hilfsoszillator mit $f = 1500$ Hz.

Die Geräte zur Beseitigung der Echo- und Pfeifererscheinungen werden nur erwähnt mit einem Hinweis auf die besprochenen Schaltungen in der El. Nachr. Techn.[2].

Die Untersuchung der ganzen Verbindung geschieht folgendermaßen: Zunächst wird der Pegel auf sämtlichen Drahtwegen mit 1500 Hz gemessen, dann erfolgt eine weitere Prüfung mit 1500 Hz von Gabelstelle zu Gabelstelle in beiden Richtungen. Auf den Drahtwegen soll der Verlust gleich Null sein, auf dem Funkwege etwa 10 Dezibel (1,2 Neper). Nach Einstellung der Verbindung wird nur an den Gabelstellen nachgeregelt.

Ein großes Pegelschaubild gibt die Pegelstände auf dem gesamten Wege der Verbindung zwischen den englischen und amerikanischen Fernämtern wieder. *Klr.*

[1] E. Wollner, El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 489.
[2] El. Nachr. Techn. Bd. 5, S. 225.

Die Triebwagen der Bern-Neuenburg-Bahn.

Von Dipl.-Ing. **A. E. Müller,** Genf.

Übersicht. Kurze Beschreibung der 1440 PS-Motorwagen der Bern-Neuenburg-Bahn. — Bemerkenswerte Einzelheiten. — Erste Betriebsergebnisse.

Allgemeines.

Im Netz der schweizerischen Privatbahnen ist im Frühjahr 1928 die durch die Berner Alpenbahn-Gesellschaft verwaltete Bern-Neuenburg-Bahn dem elektrischen Betrieb übergeben worden. Die 43 km lange Strecke Bern—Neuenburg bildet ein wichtiges Zwischenstück der Linie Paris—Bern—Loetschberg—Mailand. Die durchschnittliche Neigung der Strecke beträgt 7 ‰ und die Höchstneigung 18 ‰; rd. 10 km liegen in Neigungen über 15 ‰. Mangels eigener Triebfahrzeuge wurde der elektrische Betrieb vorerst mit Lokomotiven der Bernischen Dekretsbahnen[1] und von den SBB leihweise abgegebenen Triebwagen durchgeführt. An neuen Triebfahrzeugen bestellte die Bahnverwaltung im Februar 1928 6 Personen- und Gepäcktriebwagen, wovon 5 Stück der Bern-Neuenburg-Bahn und 1 Stück der Loetschbergbahn zugeteilt wurden. Diese Triebwagen sind in den Monaten März/Juni 1929 zur Ablieferung gelangt. Die Herstellung der Triebgestelle sämtlicher Wagen erfolgte durch die Schweiz. Lokomotivfabrik Winterthur und der Bau aller Wagenkasten durch die Schweiz. Industrie-Gesellschaft Neuhausen. Die Projektierung und Ausführung der elektrischen Ausrüstung wurde für je 3 Triebwagen den Sécheron-Werken AG., Genf, und der Maschinenfabrik Oerlikon übertragen. Für die Lieferungen war vorgeschrieben, daß die mechanischen und wagenbaulichen Teile genau gleich gestaltet werden, mit Ausnahme der Einzelheiten für die Aufhängung der Motoren und die Anordnung der Apparate und Transformatoren. Für die elektrischen Ausrüstungen wurde verlangt, daß dieselben in der Formgebung und in der Montage so ähnlich als möglich ausfallen, damit dem Bahnpersonal die Überwachung erleichtert wird. Im nachstehenden werden die Triebwagen der Lieferung „Sécheron-Winterthur-Neuhausen“ beschrieben.

Hauptangaben.

Spurweite	1 435 mm
Ganze Länge über Puffer	20 900 mm
Größte Kastenbreite	3 000 mm
Drehzapfenabstand	13 600 mm
Achsstand der Drehgestelle	2700 u. 3300 mm
Triebraddurchmesser	1 040 mm
Laufraddurchmesser	850 mm
Zahnradübersetzung	1:3,86
Gewicht des mechanischen und wagenbaulichen Teiles	45 t
Gewicht der elektrischen Ausrüstung	28,6 t
Gewicht der Ausrüstung (Personal, Sand, Öl)	0,4 t
Tara des betriebsfertigen Wagens	74 t
Reibungsgewicht	59,5 t
Nutzlast (Personen und Gepäck)	rd. 5 t
Normale Fahrgeschwindigkeit	50 km/h
Höchstgeschwindigkeit	90 km/h
Stundenzugkraft am Radumfang	7 760 kg
Dauerzugkraft am Radumfang	6 140 kg
Anfahrzugkraft am Radumfang	12 500 kg
Stundenleistung am Radumfang bei 50 km/h	1 440 PS
Dauerleistung am Radumfang bei 50 km/h	1 140 PS
Fahrdrahtspannung	15 000 V
Frequenz	$16^2/_3$ Hz
Erwärmungsvorschriften	R.E.B.

Die Gesamtanordnung des Triebwagens ist aus Abb. 1 und 2 ersichtlich.

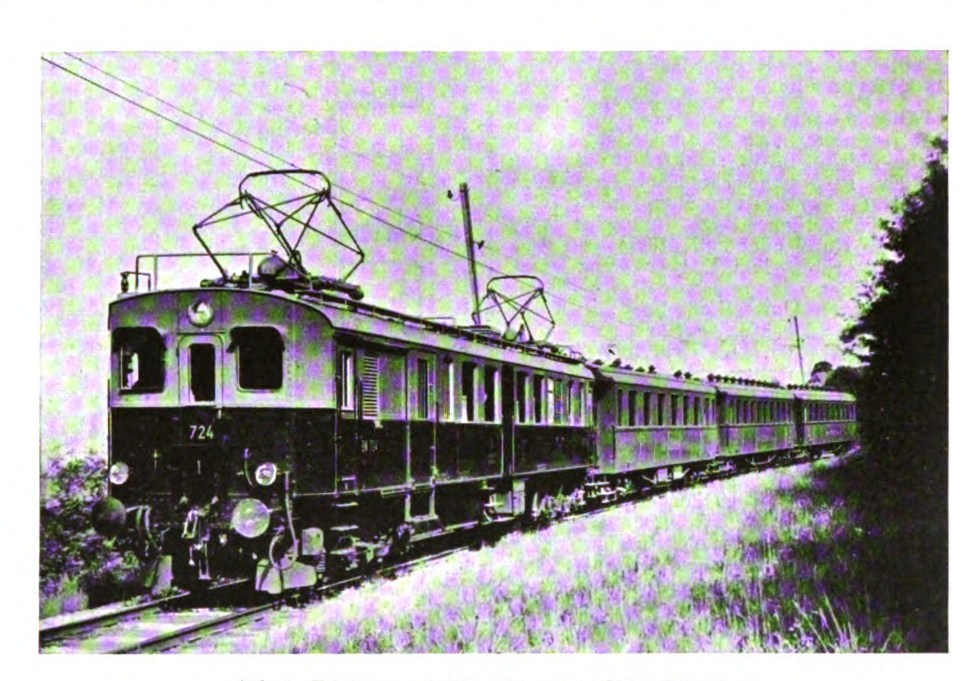


Abb. 1. Triebwagen der Bern-Neuenburg-Bahn, Schnellzug.

Wagenteil.

Der Wagenteil umfaßt den in Holzbau mit äußerem Eisenblechüberzug hergestellten Kasten mit Unterrahmen sowie ein zweiachsiges und ein dreiachsiges Drehgestell. Die Abstützung des Kastens auf die Triebgestelle erfolgt mittels Kugelzapfen und seitlicher Gleitplatten. Er gliedert sich in zwei abgeschlossene Führerstände mit je einer Uebergangs- und zwei seitlichen Eingangstüren, ein Gepäckabteil von etwa 10 m² Ladefläche, einen Maschinenraum, zwei durch einen breiten Mitteneingang erreichbare Personenabteile 3. Klasse mit je 20 Sitzplätzen und ein Klosett. Der über dem dreiachsigen Triebgestell angeordnete Maschinenraum enthält den Stufentransformator, den Hauptschalter, die Hüpferbatterie mit den zur Steuerung gehörenden Überschalt-Drosselspulen, einen Motor-Ventilator-Ölpumpensatz, einen Transformator-Ölkühler und verschiedene Kleinapparate. Abb. 3 zeigt den Maschinenraum bei weggenommenem Dachstück. Im Gepäckraum sind über dem zweiachsigen Triebgestell ein Motorventilator mit angekuppeltem Gleichstromgenerator und ein Transformator-Ölkühler eingebaut. Der Kastenunterrahmen, in welchem die Kabel- und Kühlluftkanäle, Druckluft- und Ölkühlleitungen verlegt sind, besteht aus U-Eisen-Längsträgern mit Sprengwerk und Querversteifungen.

Die Drehgestelle sind mit Blechrahmen ausgeführt und für die Aufnahme von je zwei 360 PS-Motoren ausgebildet. Beim zweiachsigen Gestell ruht die Kugelzapfenpfanne mit den seitlichen Kastenabstützlagern auf einem Pincette-Federsystem, während beim dreiachsigen Gestell die Drehpfanne mit den seitlichen Stützlagern fest im Rahmen gelagert ist. Die Drehgestellrahmen sind mittels Blatt- und Schraubenfedern auf die Triebachsen abgestützt. Die federnde Abstützung der Triebmotoren erfolgt nach der bei den SBB-Triebwagen bewährten Anordnung mit Gummiplatten[2]. Abb. 4 zeigt das dreiachsige Drehgestell mit Einzelheiten über die Motorabstützung.

Die Triebräder jedes Drehgestelles sind beiderseits mit Bremsklötzen versehen. Die Luftbremse ist eine Doppelbremse (selbsttät. Schnellbremse u. Regulierbremse) System Westinghouse; außerdem kann mit der Handspindelbremse von jedem Führerstand aus das zugehörige Triebgestell gebremst werden.

[1] ETZ 1925, S. 1101

[2] El. Bahnen, Bd. 5, S. 23.



Elektrische Ausrüstung.

Die Anordnung der elektrischen Maschinen und Apparate ist aus Abb. 2 ersichtlich. Der Stufentransformator ist als Öltransformator in Sparschaltung ausgeführt. Die Kühlung des erwärmten Öles erfolgt in zwei Röhrenkühlern, welche von der angesaugten Kühlluft der Triebmotoren-Ventilatoren durchströmt werden. Der äußere Ölumlauf wird durch eine Zentrifugalpumpe bewirkt. Die Transformator-Sekundärwicklung besitzt 6 Anzapfungen für die Spannungsregelung der Triebmotoren.

Die Motoren sind als 6polige, kompensierte, künstlich gekühlte Einphasen-Reihenschlußmotoren mit Wendepolen und Nebenschluß gebaut. Die auf den Radumfang bezogene Stundenleistung eines Motors beträgt 360 PS bei 50 km/h. Die Drehmomentübertragung erfolgt beiderseits über zweiteilige Zahnräder mit Federung nach Abb. 5.

Die Motorsteuerung erfolgt nach der Anordnung der Sécheron-Werke durch elektro-pneumatisch betätigte Einzelschalter. Es sind 11 Anfahr- und Regelungsstufen vorhanden. Die Steuerung kann von Hand oder selbsttätig betrieben werden. Die Vorbereitung für den einen oder anderen Betrieb erfolgt durch Umstellen eines Hebels auf der Deckplatte des Fahrschalters (Abb. 6). Das Prinzip der selbsttätigen Anfahrvorrichtung besteht darin, daß der Führer die Fahrkurbel beim Anfahren unmittelbar in die der gewünschten Fahrgeschwindigkeit entsprechende Stellung bringen kann. Der Fahrschalter hat zu diesem Zweck zwischen der Fahrkurbel und der Steuerwalze eine Federkupplung (Spiralfeder), die bei der Drehung der Kurbel gespannt wird und das stufenweise Nachlaufen der Steuerwalze solange bewirkt, bis diese in der gleichen Stellung steht wie die Fahrkurbel. Die Steuerwalze ihrerseits vermittelt durch Schließen und Öffnen der Steuerstromkreise der Stufenhüpfer die verschiedenen Anfahrschaltungen. Damit ein zu rasches Aufschalten und die damit verbundene Überlastung der Motoren verhindert wird, ist in den Stromkreis des erwähnten Schaltapparates ein Strombegrenzungsrelais (Beschleunigungsrelais) eingeschaltet, welches durch Steuern eines Klinkenwerkes das Weiterschalten der Steuerwalze so lange verhindert, bis der Motorenstrom nach dem anfänglichen Stromstoß auf einen bestimmten einstellbaren Wert zurückgesunken ist. Der Schaltvorgang ist an Hand der Abb. 6 folgender: Nachdem die Fahrkurbel in die gewünschte Endstellung verbracht ist, wird der Sperrmagnet 5 über die Kontaktstücke 7 und die Schleifkontakte 8 von der Akkumulatorenbatterie aus erregt. Der Kern des Sperrmagneten wird dadurch angehoben und der Sperrriegel 4 entriegelt. Die freigegebene Rastenscheibe 3 und die damit fest verbundene Steuerwalze 1 drehen sich unter dem Einfluß der gespannten Spiralfeder um eine Stufe vorwärts. Ist die Steuerwalze in Stellung 1 angelangt, so wird sie durch das Klinkenwerk arretiert, indem durch das Anheben des Sperrmagneten ein Schnappschalter betätigt wird, der den Stromkreis des Sperrmagneten am Ende des Hubes unter-

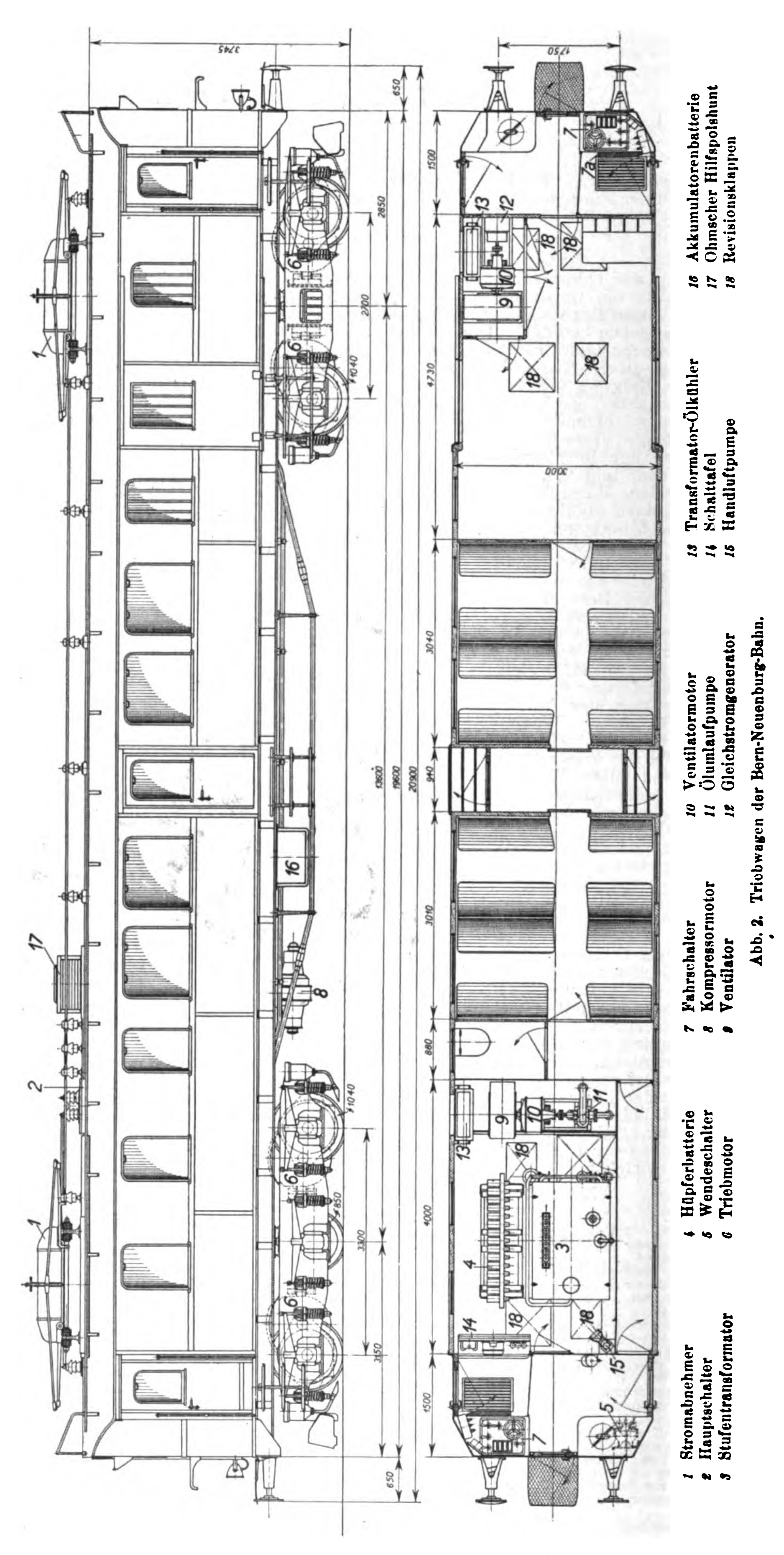
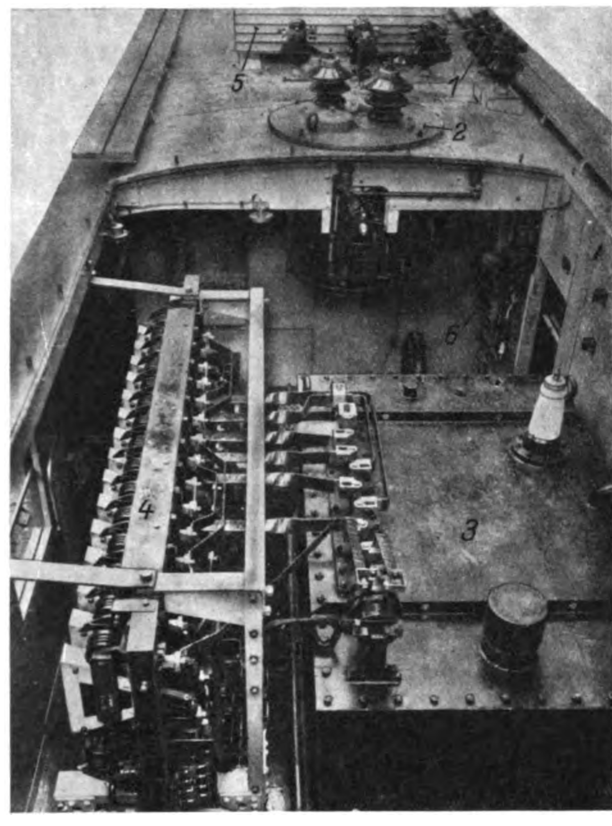


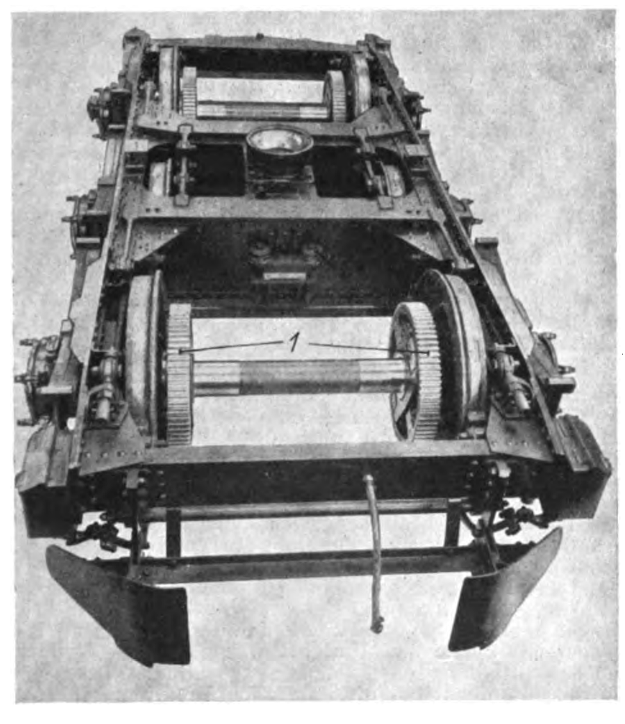
Abb. 2. Triebwagen der Bern-Neuenburg-Bahn.

bricht. Durch die Stromunterbrechung fällt der Magnetkern unter dem Einfluß einer Zugfeder zurück, wodurch der Schnappschalter den Stromkreis des Sperrmagneten



1 Trennmesser *3* Stufentransformator
2 Hauptschalter *4* Hüpferbatterie
5 Ohmscher Hilfspolshunt

Abb. 3. Maschinenraum über dem dreiachsigen Drehgestell.

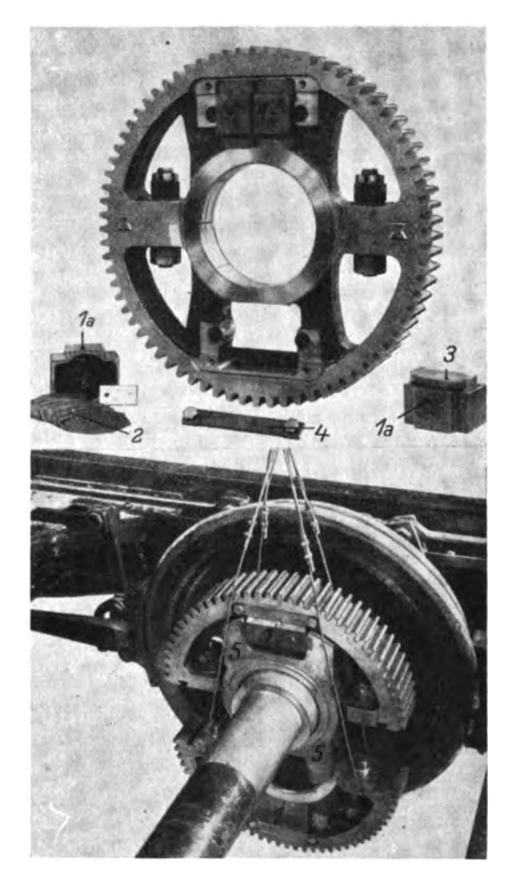


1 Zweiteiliges Zahnrad mit Federung
2 Motorabstützung durch Gummipuffer

Abb. 4. Dreiachsiges Drehgestell.

wiederum schließt und das System zum Weiterschalten bereitstellt. Das Weiterschalten setzt in der vorbeschriebenen Weise ein, solange der Motorenstrom den eingestellten Schaltstrom des Beschleunigungsrelais nicht überschreitet. Das Zurückführen der Steuerwalze in die Nullstellung geschieht zwangläufig durch einen Anschlag an der Fahrkurbel.

Da die Triebwagen für einmännige Bedienung vorgesehen sind, ist vor jedem Führertisch ein Pedalschalter mit gedämpfter Kontaktschließvorrichtung angebracht, der, wenn nicht vom Führer niedergetreten (Umfallen bei Unwohlsein), die Auslösung des Hauptschalters bewirkt und durch die Erregung eines Notbremsventils die Druckluftbremse in Tätigkeit setzt. Damit dem Führer doch die Möglichkeit geboten ist, von seinem Standort rechts sich auf die linke Führerstandseite zu begeben, ist im linken Führertisch ein Druckknopf mit pneumatischer Dämpfung angebracht. Die Auslösezeit des Pedal- und



1 Blattfedergehäuse *3* Mittelstück des Lamellenpaketes
1a Gehäusehälfte *4* Führungslasche
2 Federlamellen *5* Mitnehmernabe

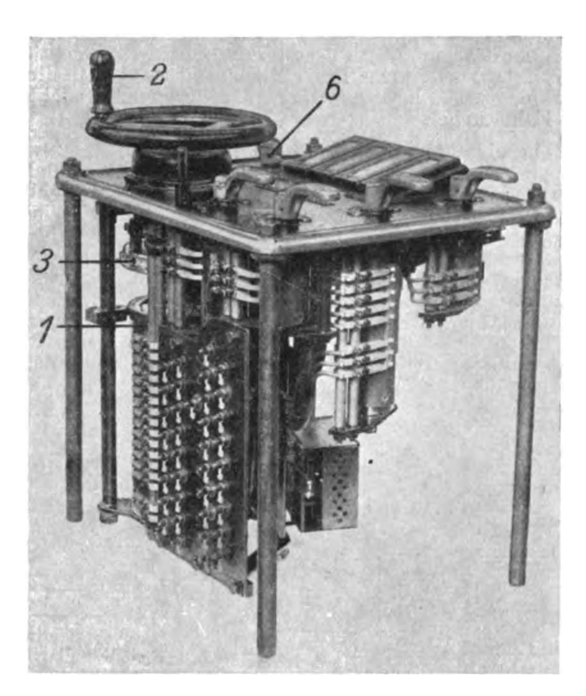
Abb. 5. Zweiteiliges Zahnrad mit Federung.

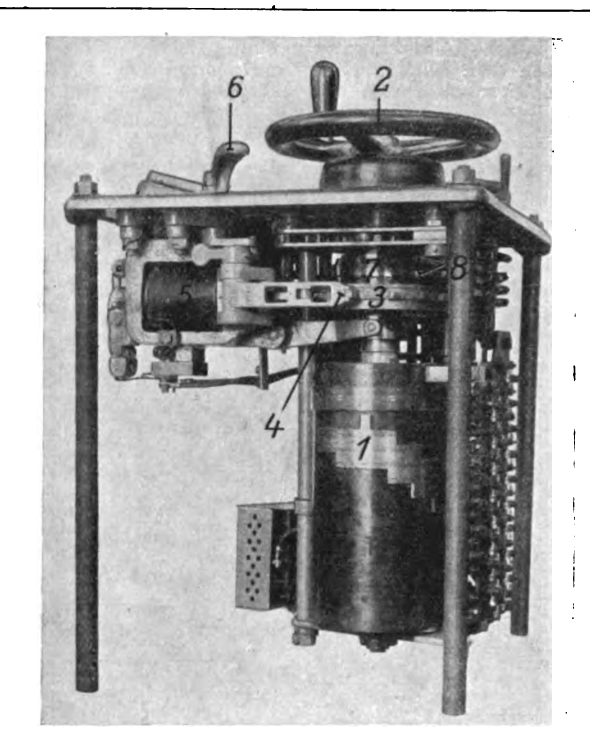
Druckknopfschalters beträgt etwa 6 s. Um ferner den Verschiebedienst von dieser Sicherheitsvorrichtung unabhängig zu machen, ist der Auslösestromkreis über einen von der Geschwindigkeitsmesserwelle aus angetriebenen Zentrifugalschalter geführt, der die Sicherheitsvorrichtung erst bei etwa 15 km/h betriebsbereit stellt.

Die elektro-pneumatischen W e n d e s c h a l t e r sind als Walzenschalter ausgebildet und je im Führertisch links untergebracht.

Die Nebenbetriebe sind an die 220 V-Transformator-Anzapfung angeschlossen. Die Zugheizung erfolgt mit 1000 V.

Die beschriebenen Triebwagen sind unmittelbar nach ihrer Ablieferung in den fahrplanmäßigen Dienst genommen worden. Der Lauf der Wagen ist bis zur Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h sehr ruhig; Schlingerbewegungen treten nicht auf. Das selbsttätige Anfahren er-





1 Steuerwalze 3 Rastenscheibe 5 Sperrmagnet 7 Kontaktringe
2 Handrad 4 Sperriegel 6 Umschalter „Hand", „Automat" 8 Schleifkontakte

Abb. 6. Fahrschalter mit selbsttätiger Anfahrvorrichtung.

folgt stoßfrei, die hohe Beschleunigung ist bemerkenswert. Der Triebwagen allein wird in der Waagerechten innerhalb 25 s auf 60 km/h beschleunigt, was einer mittleren Anfahrbeschleunigung von 0,66 m/s² entspricht; mit 200 t Anhängelast erreicht er 62 km/h in 95 s ($p_a = 0{,}18$ m/s²).

Meßgeräte für Wirk- und Blindleistung.

Von Dipl.-Ing. **Otto Zwierina**, Wien.

Übersicht. **Es wird der Aufbau des Norma-Präzisions-Wirk- und -Blindleistungsmessers beschrieben und der Einfluß der Temperatur und Frequenz auf die Anzeigen festgestellt. Drehstrom-Wirk- und -Blindleistungsmesser mit 2 Meßwerken sind speziell für Drehstrom ohne Nulleiter bestimmt. Für besondere Fälle sind Meßgeräte mit mehreren Spannungsmeßbereichen von Vorteil. Schaltbilder erläutern den Gebrauch eines derartigen Meßgerätes in Ein- und Mehrphasenanlagen.**

Die Definition von Leistungsgrößen in Ein- und Mehrphasenanlagen bereitet die größten Schwierigkeiten in der Wechselstromtechnik, da es einzig und allein für die Wirkleistung möglich ist, einen relativ einfachen, physikalisch begründeten Ausdruck aufzustellen und diese Leistung auch tatsächlich mit einem Leistungsmesser zu messen, während für die Blind- und Scheinleistung lediglich mathematische Definitionen ohne allgemeine physikalische Bedeutung zugrunde gelegt wurden, um überhaupt eine Möglichkeit zu erhalten, einen Einblick in die Belastungsverhältnisse zu gewinnen; daß diese mathematischen Definitionen mit den tatsächlichen Verhältnissen in gewissem Widerspruch stehen, wurde bereits ausführlich erörtert[1]. Trotzdem also die Anzeigen der Blindleistungsmesser einer physikalischen Grundlage entbehren, stellt diese Art der Messung doch den einzig möglichen Weg dar, eine Betriebskontrolle der Anlage bezüglich der Belastungsverhältnisse durchzuführen, denn Blindlasten vermindern die Leistungsfähigkeit von Kraftwerken, verhindern die volle Ausnutzung von Übertragungsleitungen und nehmen daher immer mehr Einfluß auf die Tarifbildung derart, daß Zuschläge zum Wirkleistungsverbrauch erhoben werden, um für diese Nachteile eine Entschädigung zu erhalten; es wurden Blindleistungsmaschinen und Kondensatorbatterien an geeigneten Punkten größerer Netze in Betrieb gesetzt, um Übertragungsleitungen und Kraftwerke von der Blindlast zum Teil zu befreien und einen wirtschaftlicheren Betrieb zu ermöglichen; inwieweit solche Anlagen den angestrebten Zweck erfüllen, ist an anderer Stelle bereits behandelt worden[1]. Es war daher naheliegend, bei größeren Verbrauchern und an verschiedenen Stellen der Netze und Übertragungsleitungen Meßeinrichtungen einzubauen, welche die Kenntnis der vorhandenen Blindleistung vermitteln. Im Eichraum und im Netz waren deshalb Meßgeräte notwendig, welche in rascher und sicherer Weise eine Kontrolle ermöglichen und die im folgenden näher untersucht werden sollen.

Die üblichen Schaltungen für die Messung der Blindleistung ergeben Spannungen, welche gegenüber den bei der Wirkleistungsmessung verwendeten um 90° phasenverschoben sind; wird nun diese Phasenverschiebung künstlich im Meßgerät selbst hergestellt und dasselbe zur Verwendung als Wirk- und Blindleistungsmesser erweitert, so kann sowohl die Wirkleistung als auch die Blindleistung nach einfachem Umlegen eines aufgebauten Schalters gemessen werden, ohne irgendwelche äußere Schaltungsänderungen vornehmen zu müssen. Dieser Umstand gewinnt ganz besonders bei ambulanten Messungen an Wert. Aber auch den Entwurf von Zählerprüfeinrichtungen beeinflussen derartige kombinierte Meßgeräte ganz bedeutend, indem das Umschaltorgan für die Wahl der bei der Blindleistungsmessung notwendigen Phasen- und Sternspannungen und die speziellen Vorwiderstände der Leistungsmesser überflüssig werden. Diese Meßgeräte setzen auch alle vorhandenen Zählerprüfeinrichtungen instand, Blind- und Scheinverbrauchmessungen durchführen zu können.

[1] Z. B. von E. Weber, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 277. ETZ 1929, S. 1547 u. 1865.



Aufbau des Wirk- und Blindleistungsmessers.

Der Strompfad der Meßgeräte erhält einen bis vier Strommeßbereiche, welche je nach der Kombination derselben durch geeignete Schaltorgane[2] wie Dreh- und Klemmenschalter ohne Unterbrechung des Stromkreises umgeschaltet werden können, ein Vorteil, der sich insbesondere beim Gebrauch von Stromwandlern auswirkt. Für Zählerprüfeinrichtungen eignet sich vorzugsweise die Meßbereich-Kombination 0,5/1,5/5/15 A*[3], während für den Wandleranschluß je nach Art und Belastung derselben Strommeßbereiche wie 1,25/2,5/5 A bzw. 0,5/1/2,5/5 A*[4] vorzuziehen sind, welche außerdem zwangläufig ohne Unterbrechung umgeschaltet werden können. Der Spannungspfad der Meßgeräte erhält nur einen Meßbereich von 100 bis 150 V zum Gebrauch mit Spannungswandlern; nur in besonderen Fällen für Zählereichzwecke kann ein zweiter Meßbereich vorgesehen werden.

Das Meßgerät Abb. 1 wird wie ein normaler Wirkleistungsmesser angeschlossen und kann je nach der Stellung des doppelten Umschalters am Klemmbrett zur Wirk- oder Blindleistungsmessung ohne Änderung der äußeren Schaltung verwendet werden; ein Drehschalter ermöglicht die zwangläufige Wahl des benötigten Strommeßbereiches. Das fast aperiodisch gedämpfte Meßwerk ist elektrodynamisch und eisenlos in bekannter Ausführung für Präzisionsinstrumente. Der Strom im Spannungspfad beträgt jedoch nicht wie üblich 30 mA, sondern rd. 50 mA für Vollausschlag. Der doppelte Umschalter im Spannungspfad des Meßgerätes ermöglicht in der einen Stellung die Wirkleistungsmessung, wobei der induktions- und kapazitätsfreie Vorwiderstand verwendet wird, während in der zweiten Stellung bei der Blindleistungsmessung eine Kunstschaltung den Strom in der Drehspule gegenüber der aufgedrückten Klemmenspannung mit Hilfe von Drosselspulen und Justierwiderständen um 90° bei der Eichperiodenzahl verschiebt.



Abb. 1. Norma-Präzisions-Wirk- und -Blindleistungsmesser mit Drehschalter für drei Strommeßbereiche.

Einfluß der Frequenz auf die Anzeigen des Blindleistungsmessers.

Die Anzeigen des Meßgerätes als Blindleistungsmesser sind von der Periodenzahl abhängig. Das Zeitintegral über $E\,J\,\sin\varphi$ wird nach A. Keiter[5]

$$B = \left(\frac{R_n}{R}\,\frac{1}{\cos\xi} - \frac{1}{1+\dfrac{\operatorname{tg}\xi}{\operatorname{tg}\varphi}}\right) K\,\alpha_B.$$

Darin bedeuten K eine Instrumentenkonstante, α_B den jeweiligen Ausschlag des Meßgerätes als Blindleistungsmesser, R den induktions- und kapazitätsfreien Wirkwiderstand des Spannungspfades in der Wirkleistungsschaltung, R_n den Scheinwiderstand des Spannungspfades bei der Periodenzahl n, $90 \pm \xi$ den Phasenwinkel des Drehspulstromes gegenüber der aufgedrückten Spannung bei der Periodenzahl n und φ den Phasenwinkel der Belastung.

Für den praktischen Gebrauch ist jedoch diese Abhängigkeit der Instrumentenanzeigen von der Frequenz in der Blindleistungsschaltung in erster Annäherung mit genügender Genauigkeit linear anzunehmen, u. zw. derart, daß der größeren Periodenzahl der kleinere Ausschlag entspricht. Sowohl für die Wirk- als auch für die Blindleistungsmessung ist lediglich eine Skala vorgesehen, und bei der Abgleichungsperiodenzahl f ist die Skalenkonstante K gemeinsam. Ist die bei der Messung vorhandene Periodenzahl f' von der Eichperiodenzahl f nur wenig verschieden, so errechnet sich die neue Skalenkonstante für die Blindleistungsmessung in einfacher Weise zu

$$K_B' = \frac{f'}{f}\,K; \qquad K = \frac{\text{Volt} \times \text{Amp.}}{\text{Anzahl d. Teilstriche}};$$

1 Teilstrich $= K_B'$ Blindwatt.

Auf die Skalenkonstante bei der Wirkleistungsmessung hat die geänderte Periodenzahl f' keinen Einfluß. Die Annahme der linearen Abhängigkeit der Skalenkonstante beim Blindleistungsmesser verursacht für den praktischen Gebrauch bei einer geringen Periodenänderung, bezogen auf die Abgleichungsperiodenzahl, Fehler, welche noch innerhalb der Fehlergrenzen des Meßgerätes liegen.

Es liegt im Wesen des Meßgerätes, daß durch Vorschalten getrennter Vorwiderstände eine Meßbereicherweiterung nur für den Wirkleistungsmesser möglich ist, doch fällt dieser Umstand kaum ins Gewicht, da ein Gebrauch mit Wandlern im allgemeinen vorgesehen wurde; lediglich bei Gleichstrommessungen und bei der Überprüfung des Leistungsmessers mit Gleichstrom ist mit besonderer Sorgfalt darauf zu achten, daß das Meßgerät als Blindleistungsmesser nur einen sehr geringen Ohmschen Widerstand besitzt und daher in dieser Stellung des Umschalters nicht benutzt werden darf. Ist hingegen die Kunstschaltung mit Kondensatoren aufgebaut, so wird der Gleichstromwiderstand praktisch unendlich.

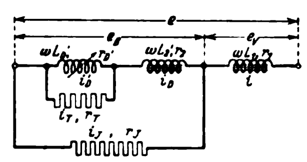


Abb. 2. Prinzipschaltung des Spannungspfades des Blindleistungsmessers.

Einfluß der Temperatur auf die Anzeigen des Blindleistungsmessers.

Sowohl die Drehspule als auch die Drosselspule im Spannungspfad des Blindleistungsmessers werden aus einem temperaturabhängigen Material wie Aluminium bzw. Kupfer verfertigt und verändern ihren Ohmschen Widerstand mit der Temperatur. Da nun diese Widerstände an der Justierung des Winkels von 90° zwischen Drehspulenstrom und Spannung bestimmend teilnehmen, bedeutet ihre Änderung in erster Linie eine Abänderung des Winkels von 90°. Für die folgende Untersuchung soll eine konstante Periodenzahl vorausgesetzt werden. Im Prinzipschaltbild Abb. 2 und im Vektordiagramm Abb. 3 bedeuten $r_1, r_2, \omega L_1, \omega L_2'$ die Ohmschen einschließlich der Verlustwiderstände und die induktiven Widerstände der Drosselspulen, $r_D', \omega L_D'$ die analogen Werte für die Drehspule, r_T den Temperaturwiderstand[6], r_J den induktions- und kapazitätsfreien Justierwiderstand, i, i_J, i_T, i_D und i_D' die Zeitwerte der Ströme, e_V, e_B und e die Zeitwerte der Spannungen und endlich Φ das Hauptfeld der Stromspulen. Aus dem Diagramm Abb. 3 geht ohne weiteres hervor, daß durch richtige Wahl des Justierwiderstandes r_J bzw. des Stromes i_J der Drehspulenstrom i_D' gegenüber der Spannung e bei einer bestimmten Periodenzahl um 90° zeitlich verschoben werden kann.

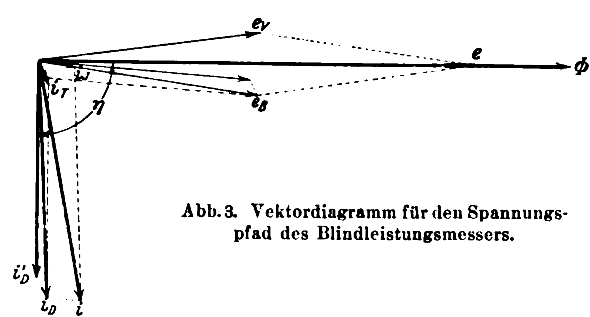


Abb. 3. Vektordiagramm für den Spannungspfad des Blindleistungsmessers.

Zur Vereinfachung sollen für den resultierenden Widerstand

$$r_D = \frac{(r_D'^2 + r_D'\,r_T + \omega^2 L_D'^2)\,r_T}{(r_D' + r_T)^2 + \omega^2 L_D'^2} = \frac{r_D'\,r_T}{r_D' + r_T}$$

und für die resultierende Selbstinduktion des Drehspulenkreises mit Temperaturnebenwiderstand der Wert

$$\omega L_D = \frac{\omega L_D'\,r_T^2}{(r_D' + r_T)^2 + \omega^2 L_D'^2}$$

in die Rechnung eingeführt werden.

---

[2] J. Schalkhammer, El. u. Maschinenb. Bd. 42, S. 428.
*[3] O. Zwierina, Elektro-Journ. Bd. 9, S. 83.
*[4] O. Zwierina, El. u. Maschinenb. Bd. 47, S. 787.
[5] A. Keiter, El. u. Maschinenb. Bd. 45, S. 437.
[6] R. Kühnel, El. u. Maschinenb. Bd. 45, S. 245.

Vom Zeitwert des sinusförmigen Wechselstromes

$$i_D = I_D \sin \omega t \quad \dots\dots\dots \quad (1)$$

ausgehend, ergeben sich nun eine Reihe von Gleichungen, welche nach einigen Umformungen den Temperatureinfluß erkennen lassen. Der Zeitwert der Teilspannung e_B und der Gesamtspannung e an den Klemmen lautet nun:

$$e_B = i_J r_J = i_D r_D + L_2 \frac{d i_D}{d t} + i_D r_2 \quad \dots \quad (2)$$

$$e = i r_1 + L_1 \frac{d i}{d t} + i_J r_J, \quad \dots\dots\dots\dots \quad (3)$$

wenn für den Summenwert

$$L_D + L_2' = L_2$$

gesetzt wurde. Die Selbstinduktion der Drehspule L_D' kann jedoch wegen ihres geringen Wertes gegenüber den Selbstinduktionswerten der beiden Drosselspulen vernachlässigt werden, so daß die bisher streng richtigen Gleichungen mit genügender Annäherung durch die Gleichsetzung der Selbstinduktionen

$$L = L_1 = L_2$$

und die Voraussetzung gleicher Widerstände

$$r = r_1 = r_2$$

bedeutend vereinfacht werden können.

Die notwendigen großen Selbstinduktionen L_1 und L_2 werden durch eisengeschlossene Drosselspulen erzielt, welche allerdings einen von der Sättigung im geringen Maße abhängigen veränderlichen Wert besitzen; sorgfältige Auswahl des verwendeten Eisens und günstiger Aufbau der Eisenkörper vermindern diesen Fehler innerhalb des notwendigen Spannungsbereiches auf ein praktisch unbedeutendes Maß. Die beiden Gleichungen (2) und (3) setzen eine Kunstschaltung mit Drosselspulen voraus; wird diese jedoch mittels Kapazitäten hergestellt, so gehen die Gleichungen sinngemäß über in:

$$e_B = i_J r_J = i_D r_D + L_D \frac{d i_D}{d t} + \frac{1}{C_1}\int i_D \, d t \quad (2a)$$

$$e = \frac{1}{C_2}\int i \, d t + i_J r_J. \quad \dots\dots\dots\dots \quad (3a)$$

Verschiedener Vorteile wegen werden diese Meßgeräte meist mit Drosselspulen ausgeführt, und diese Ausführungsart soll auch für das Weitere vorausgesetzt werden.

Führt man nun weiter den eigentlichen Drehspulenstrom i_D' in die Rechnung ein, so gilt

$$i_D = i_D' + i_T = i_D' + \frac{r_D}{r_T} i_D' = (1 + k)\, i_D';$$

mit Benutzung der Stromverzweigungsgleichung

$$i = i_D + i_J = (1 + k)\, i_D' + i_J$$

erhält man schließlich für die Klemmenspannung in Abhängigkeit vom Drehspulenstrom die Beziehung:

$$\left.\begin{aligned} e &= i_D r + i_J r + L \frac{d i_D}{d t} + L \frac{d i_J}{d t} + i_J r_J \\ i_J &= \frac{e_B}{r_J} = i_D \frac{r_D}{r_J} + L \omega I_D \cos \omega t \frac{1}{r_J} + i_D \frac{r}{r_J} \end{aligned}\right\} \quad (2b)$$

$$e = \frac{I_D'(1+k)}{r_J}\left[\sin \omega t\,(r^2 + 2 r r_J + r r_D + r_J r_D - \omega^2 L^2) + \cos \omega t\,(r_D + 2 r_J + 2 r)\,\omega L\right]. \quad . \quad (3b)$$

Die Kotangente des Phasenwinkels η zwischen dem Strom in der Drehspule i'_D und der Klemmenspannung e gibt nun zweckmäßig einen Überblick über das Verhalten des Meßgerätes bei geänderter Temperatur und wird aus Gl. (3b) erhalten, da der Zeitwert der Spannung auch durch

$$e = E \sin(\omega t + \eta) = E(\sin \omega t \cos \eta + \cos \omega t \sin \eta),$$

dargestellt werden kann:

$$\operatorname{ctg} \eta = \frac{r^2 + 2 r r_J + r r_D + r_J r_D - \omega^2 L^2}{\omega L (2 r + 2 r_J + r_D)}. \quad \dots \quad (4)$$

Ist nun das Meßgerät bei der Eichperiodenzahl auf $\eta = 90°$ zwischen i_D' und e abgeglichen, so wird $\operatorname{ctg} \eta = 0$, und daraus folgt der Blindwiderstand der Drosselspule zu

$$\left.\begin{aligned} r^2 + 2 r r_J + r r_D + r_J r_D - \omega^2 L^2 &= 0 \\ \omega L &= \sqrt{r^2 + 2 r r_J + r r_D + r_J r_D} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (5)$$

Das Ergebnis (5) liefert in einfachster Weise aus den Widerstandsdaten des fertigen Instrumentes die Blindwiderstände der Drosselspulen, und demnach sind sämtliche Glieder des Ausdruckes (4) bekannt.

Bisher wurden alle Ohmschen Widerstände als konstante Werte angesehen, welche Annahme nun fallen gelassen wird; eine angenommene Temperaturänderung t, durch die umgebende Luft verursacht, verändert bei einem Temperaturkoeffizienten α % einen temperaturabhängigen Widerstand ϱ um den Betrag $\alpha t \varrho$. Als temperaturabhängige Widerstände sind in Abb. 2 r_D' und damit r_D, r_1 und r_2 bzw. r anzusehen. Setzt man den Temperaturfaktor $1 + \alpha t = \beta$ so wird der Widerstand r_D folgendermaßen dargestellt, da r_T einen Manganinwiderstand bedeutet:

$$r_D = \frac{\beta r_D' r_T}{\beta r_D' + r_T}.$$

Damit wird bei einer Temperatur t, welche von der Eichtemperatur an gerechnet wurde, die Kotangente zu

$$\operatorname{ctg} \eta_t = \frac{\beta^2 r^2 + 2 \beta r r_J + (\beta r + r_J)\dfrac{\beta r_D' r_T}{\beta r_D' + r_T} - \omega^2 L^2}{\omega L\left(2 \beta r + 2 r_J + \dfrac{\beta r_D' r_T}{\beta r_D' + r_T}\right)}, \quad (6)$$

wobei allerdings der geringfügige Einfluß der Änderung des Gesamtstromes im Spannungspfad durch die veränderten Widerstände vernachlässigt wurde. Durch die Veränderung der temperaturabhängigen Widerstände wird der Winkel η_t von 90° verschieden und dementsprechend die Anzeige des Meßgerätes je nach der Art der Belastung kleiner oder größer als der Sollwert. Setzt man nun das Komplement des Winkels η_t

$$90° - \eta_t = \xi$$

und folgt der Abhandlung von A. Keiter[7], wobei mit $90° - \xi = \eta_t$ der Verzögerungswinkel des Stromes des Spannungspfades gegen die Meßspannung, jedoch bei der Abgleichungsperiodenzahl nur durch die Temperatureinflüsse verursacht, bezeichnet wird, so folgt mit den Bezeichnungen dieser Abhandlung für die Blindleistung

$$B = \left(\frac{1}{\cos \xi} \; \frac{1}{1 + \dfrac{\operatorname{tg} \xi}{\operatorname{tg} \varphi}}\right) K \alpha_B. \quad \dots \quad (7)$$

Auch hier kann wegen der Kleinheit des Winkels ξ der Korrektionsfaktor auf

$$\varkappa = \frac{1}{1 + \dfrac{\operatorname{tg} \xi}{\operatorname{tg} \varphi}}$$

vereinfacht werden. Aus dem Aufbau des Korrektionsfaktors geht ohne weiteres hervor, daß der Einfluß der Temperatur erst bei kleinen Winkeln φ, also kleinen Zeigerausschlägen feststellbar sein wird. Für ausgeführte Meßgeräte ergeben sich rechnungsmäßig für den Winkel η_t bzw. ξ bei einer äußeren Temperaturänderung von $t = 10°$ die Werte

$$\operatorname{ctg} \eta_t = 0{,}0036 \qquad \eta_t = 89° 47' \qquad \xi = 13'$$

und für den Korrektionsfaktor

$$\varkappa = \frac{1}{1 + \dfrac{0{,}0036}{\operatorname{tg} \varphi}},$$

Ergebnisse, die mit den Versuchsergebnissen sehr gut übereinstimmen und außerdem die geringe Bedeutung des Erwärmungsfehlers erkennen lassen. Erhält die Drehspule keinen Temperaturwiderstand parallel geschaltet, so errechnet man fast dieselben Resultate, der Fehlwinkel ξ steigt lediglich um etwa eine halbe Minute. In analoger Weise äußert sich die Eigenerwärmung des Instrumentes auf seine Anzeigen; der Wattverbrauch der beiden Drosselhälften ist aber außerordentlich niedrig gehalten und liegt in der Größenordnug von 0,5 W, während die Drehspule 0,2 W verbraucht. Diese äußerst sorgfältige Dimen-

[7] Wie Fußnote 5.

sionierung in Verbindung mit geeigneten Wärmeschutzmaßnahmen gegen den Vorwiderstand des Wirkleistungsmessers schließt einen feststellbaren Einfluß der Eigenerwärmung auf die Anzeigen des Meßgerätes fast vollständig aus.

Bisher wurde gänzlich davon abgesehen, daß die in dynamische Leistungsmesser üblicherweise eingebauten Temperaturschaltungen die mit der Temperatur ebenfalls veränderliche Federrichtkraft ausgleichen. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, daß bei Wirkleistungsmessern der Gesamtstrom i_W im Spannungspfad auch bei Veränderungen des Drehspulenwiderstandes r_D' infolge Temperaturänderungen nur im geringen Maße, nämlich um 0,1 % bis 0,2 % seine Größe verändert. Auch in der Blindleistungsschaltung wirkt die Temperaturschaltung bei Temperatursteigerungen um ungefähr denselben Betrag ausschlagvermindernd, um den durch die Änderung der Federelastizität bei höheren Temperaturen die Richtkraft kleiner wird.

Nach Umformung der Gl. (3b) erhält man den Effektivwert des Drehspulenstromes I_D', wenn man die Zeitform der Gleichung berücksichtigt, zu

$$I_D' = \frac{E}{\sqrt{\frac{(1+k)^2}{r_J^2}\left[(r^2+2\,r\,r_J+r\,r_D+r_J\,r_D-\omega^2 L^2)^2+(2\,r+2\,r_J+r_D)^2\,\omega^2 L^2\right]}}. \quad (8)$$

Gl. (5) setzt aber den ersten Klammerausdruck unter der Wurzel in Gl. (8) für die Abgleichungsperiodenzahl gleich Null, so daß für die Änderung des Stromes I_D' in der Drehspule lediglich der zweite Ausdruck Bedeutung erhält. Dieser, in andere Form gebracht

$$\frac{(1+k)^2}{r_J^2}(2\,r+2\,r_J+r_D)^2\,\omega^2 L^2 = \left(\frac{2\,r+r_D}{r_J}+2\right)^2 \omega^2 L^2 (1+k)^2,$$

läßt weiter erkennen, daß der Bruch $\frac{2\,r+r_D}{r_J}$ wegen der absoluten Größe des Justierwiderstandes r_J nur wenige Prozente des Gesamtwiderstandes ausmacht; dieser Bruch enthält ausschließlich die temperaturabhängigen Widerstände, so daß eine um 10° veränderte Außentemperatur den Drehspulenstrom um kaum 0,1 % beeinflußt. Damit erweist sich aber die volle Wirksamkeit der Temperaturschaltung auch bei Blindleistungsmessungen. Eingehende und sorgfältige Versuche sowie Prüfscheine staatlicher Kontrollbehörden bestätigen die Richtigkeit.

Aufbau des Drehstrom-Wirk- und -Blindleistungsmessers.

Drehstrom-Wirkleistungsmesser sind schon seit geraumer Zeit bekannt und durch den Aufbau zweier dynamometrischer Systeme auf einer gemeinsamen Achse bzw. durch zwei in geeigneter Weise gekuppelte Meßwerke charakterisiert, welche die Anzeigen in zwei verschiedenen Phasen eines Drehstromes addieren. Ihre Vorteile äußern sich in erster Linie in der Unmöglichkeit von Irrtümern bei der Bestimmung der Gesamtleistung aus den beiden Instrumentenangaben, was besonders bei den später beschriebenen Blindleistungsmessungen die Durchführung einer derartigen Messung ganz wesentlich vereinfacht, ferner in dem vereinfachten und übersichtlichen Anschluß und für Zählereichzwecke in der bequemen Einstellung eines bestimmten, mittleren Leistungsfaktors.

Der Aufbau derartiger Drehstrom-Leistungsmesser birgt einige Schwierigkeiten in sich, deren größte sicherlich die vorhandene größere Beeinflussung der beiden Systeme aufeinander bedeutet. Dieser Übelstand tritt allerdings vorwiegend bei Systemen mit gemeinsamer Achse auf, die aber gerade für Präzisionsausführungen in Betracht kommen, da bandgekuppelte Meßwerke sich hierfür weniger eignen. Die Größe dieser Beeinflussungen ist nun in erster Linie durch die räumlichen Dimensionen des Meßgerätes bedingt, die über ein gewisses handliches Maß nicht hinausgehen sollen; es soll hier nur erwähnt werden, daß mit Hilfe einer Kunstschaltung[8] im Spannungskreis diese Beeinflussungen der Systeme aufeinander in den Instrumentenanzeigen korrigiert werden können. Eine weitere Schwierigkeit bei der Eichung dieser Meßgeräte liegt in der Verschiedenheit der Skalencharakteristik der beiden auf gemeinsamer Achse sitzenden oder mechanisch gekuppelten Meßwerke, die darin ihren Ausdruck findet, daß bei der mechanischen Addition der Ausschläge der zwei Meßwerke bei gleichem Summenendwert, aber bei verschiedenen Einzelwerten der Summanden nicht dieselbe Anzeige des Meßgerätes erreicht wird. Auf die Größe des Einflusses dieser Fehler auf die Anzeigen des Meßgerätes näher einzugehen, würde zu weit führen, tatsächlich machen sie oft bei handelsüblichen Erzeugnissen mehrere Prozent vom Skalenendwert aus.

Durch verschiedene Maßnahmen lassen sich diese Fehler derart beschränken, daß heutige Meßgeräte dieser Art (Abb. 4) nun selbst als Feininstrumente ausgeführt werden können, deren Gütefaktor dem normaler, einsystemiger Leistungsmesser nicht nachsteht. Das Vermeiden des Skalenfehlers, also das Erzielen eines vollständig übereinstimmenden Verlaufes der Skalen beider Systeme, ist eine rein fabrikationstechnische Frage, die durch entsprechende präzise Arbeitsmethoden und Einrichtungen gelöst werden kann, wie die Herstellung von Präzisionsinstrumenten beweist. Die gegenseitige Beeinflussung der beiden Systeme, die, wie bereits erwähnt, bei Wirkleistungsmessern in einfacher Weise berichtigt werden kann, bereitet bei Blindleistungsmessern einige Schwierigkeit, da ein gleichwirkender Korrektions-Scheinwiderstand vor dem gemeinsamen Phasenanschluß der Spannungspfade außer seiner bestimmten Größe auch einen genauen Phasenwinkel besitzen muß und daher seiner praktischen Verwendung bedeutende Hindernisse in den Weg stellt. Es wurde daher ein anderer Weg beschritten, um die gegenseitige Beeinflussung durch geeignete Abschirmung der beiden Systeme zu vermeiden, ohne daß die dabei verwendeten Eisenmengen einen feststellbaren Einfluß auf die Anzeige der im übrigen eisenlosen Dynamometer ergeben.

Die Schaltung eines kombinierten Drehstrom-Wirk- und -Blindleistungsmessers nach Abb. 5 läßt die zwangläufige Umschaltung von der Wirkleistungsmessung auf die Blindleistungsmessung erkennen. Der volle Spannungsbetrag, der zwischen der Drehspule und dem Feld auftritt, ist bedeutungslos, da durch den vorgesehenen Wandleranschluß kaum mehr als 150 V Spannungsdifferenz auftreten, anderseits durch stärkere Bemessung der Isolation der Meßwerkteile gegeneinander ein Überschlag ausgeschlossen erscheint. Der Einfluß von Temperatur, Frequenz, Spannung, Fehlwinkeln von Meßwandlern ist von derselben Größenordnung wie bei den Einphasen-Leistungsmessern, nur die Berücksichtigung dieser Fehler für sehr genaue Messungen stößt infolge der Unkenntnis der Belastungen der einzelnen Systeme durch die mechanische Addition auf Schwierigkeiten. Der geringe Betrag dieser Fehler an sich, der bei technischen Messungen ohne wesentliche Einbuße an Meßgenauigkeit ihre Vernachlässigung begründet, charakterisiert dieses Meßgerät auch wegen seiner schalttechnischen Vorteile und bequemen Ablesbarkeit als für ambulante Messungen im Netz besonders geeignet, da die vielen möglichen Meßfehler mit zwei Leistungsmessern bei einiger geringer Vorsicht unmöglich sind.



Abb. 4. Norma-Präzisions-Drehstrom-Wirk- und -Blindleistungsmesser mit Klemmenschalter für 2 Strommeßbereiche und mit 2 Meßwerken.

Wirk- und Blindleistungsmesser mit mehreren Spannungsmeßbereichen.

Für manche Messungen wird es von Vorteil sein, mit mehreren Spannungsmeßbereichen ohne Spannungswandler auch in der Blindleistungsschaltung arbeiten zu können. In der Abb. 6 ist die Prinzipschaltung eines derartigen Meßgerätes wiedergegeben, das für drei Spannungen im Verhältnis 1 : 2 : 4, beispielsweise 110/220/440 V, vorgesehen wurde. So wie bei Wirkleistungsmessern durch Vorschalten Ohmscher Widerstände die höheren Spannungs-

[8] H. Sack, ETZ 1907, S. 268.

meßbereiche erzielt werden, kommen hier Drosselspulen und Justierwiderstände, die in geeigneter Weise zugeschaltet werden, zur Anwendung, um die höheren Meßbereiche zu erhalten.

Messung der Wirk- und Blindleistung. Die Messung der Blindleistung in Ein- und Mehrphasenanlagen mit den beschriebenen Meßgeräten ist im wesentlichen gleich der der Wirkleistung, lediglich die

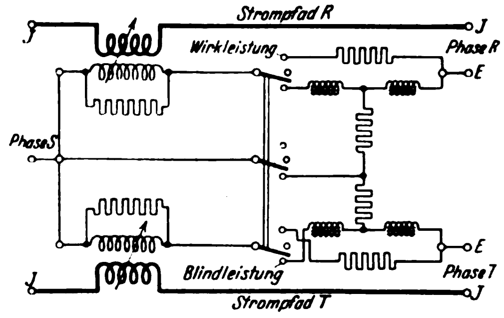


Abb. 5. Innenschaltung eines kombinierten Drehstrom-Wirk- und -Blindleistungsmessers.

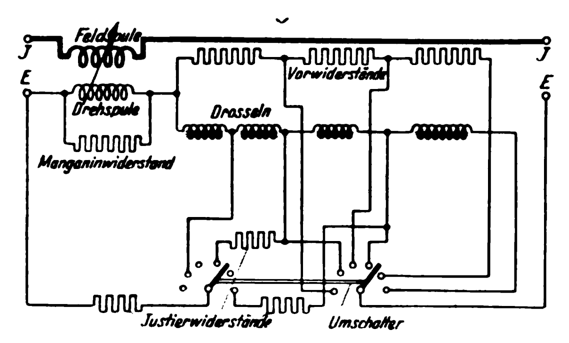


Abb. 6. Innenschaltung eines kombinierten Wirk- und Blindleistungsmessers mit mehreren Spannungsmeßbereichen.

Feststellung der Art der Blindleistung bereitet anfänglich einige Schwierigkeit. In den Abb. 7 und 8 wurde versucht, zwei Belastungsfälle im Einphasennetz für induktive und kapazitive Belastung darzustellen; E soll der Spannungsvektor, J der Stromvektor, i_D der Vektor für den Strom im Spannungspfad des Meßgerätes als Wirkleistungsmesser und $j\,i_D$ als Blindleistungsmesser sein. Nach Abb. 7 entspricht einer induktiven Belastung ein positiver Ausschlag des Blindleistungsmessers, da der Phasenwinkel zwischen J und $j\,i_D$ kleiner als 90° ist, während für kapazitive Belastung die Ausschlagrichtung des Meßgerätes als Blindleistungsmesser negativ wird. Ist die Richtung der Energielieferung der bisher angenommenen entgegengesetzt, so wird auch die Ausschlagrichtung der Leistungsmesser umgekehrt; die vorhergehende Wirkleistungsmessung bestimmt erst die Art der Belastung. Die geometrische Addition der Wirk- und Blindleistung zur Scheinleistung ist ebenfalls aus den Abb. 7 und 8 ersichtlich, wird jedoch im praktischen Gebrauch mit Hilfe eines Nomogrammes vorgenommen.

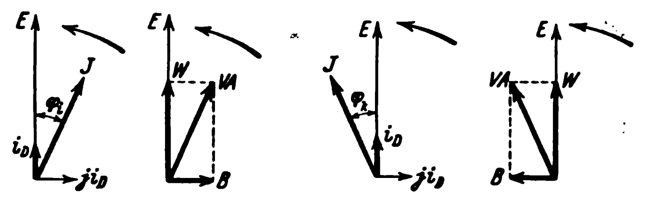


Abb. 7. Diagramm für induktive Belastung. Abb. 8. Diagramm für kapazitive Belastung.

Weiter soll noch eine Leistungsmessung in Dreiphasenanlagen ohne Nulleiter nach der Zwei-Leistungsmesser-Methode kurz behandelt werden. Der weitaus häufigste Fall wird die indirekte Leistungsmessung mit Strom- und Spannungswandlern sein, die deshalb in Abb. 9 wiedergegeben wurde. Unter Voraussetzung einer ungefähr gleichen induktiven Belastung, wie sie häufig anzutreffen ist, erhält man ein Vektorbild nach Abb. 10. Die Anzeige des Leistungsmessers in Phase R als Wirkleistungsmesser ist durch

$$W_R = k\,\alpha_{WR} = E_{TR}\,J_R \cos(E_{TR}\,J_R),$$

als Blindleistungsmesser bei der Eichperiodenzahl durch

$$B_R = k\,\alpha_{BR} = E_{TR}\,J_R \cos[90° + (E_{TR}\,J_R)]$$
$$= -E_{TR}\,J_R \sin(E_{TR}\,J_R)$$

definiert; während also der Ausschlag α_{WR} positiv, d. h. in die Skala hinein erfolgt, ist α_{BR} negativ und kann erst nach Verdrehen des Stromwenders im Spannungskreis abgelesen werden. In Phase S zeigt der Wirkleistungsmesser

$$W_S = k\,\alpha_{WS} = E_{TS}\,J_S \cos(E_{TS}\,J_S)$$

und der Blindleistungsmesser

$$B_S = k\,\alpha_{BS} = E_{TS}\,J_S \cos[90° - (E_{TS}\,J_S)]$$
$$= E_{TS}\,J_S \sin(E_{TS}\,J_S)$$

an, u. zw. sind beide Werte positiv. Es braucht wohl nicht weiter bewiesen zu werden, daß die Summierung der Leistungsanzeigen der beiden Meßgeräte in Phase R und S

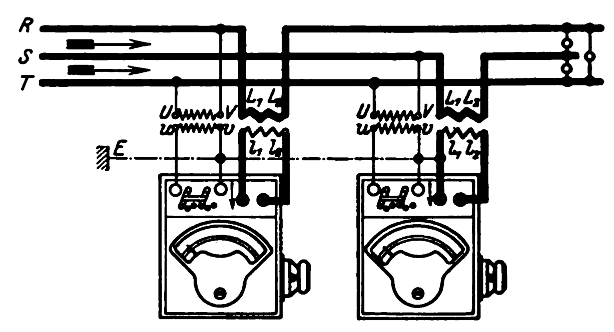


Abb. 9. Anschlußschaltung zur Leistungsmessung in Dreiphasenanlagen ohne Nulleiter.

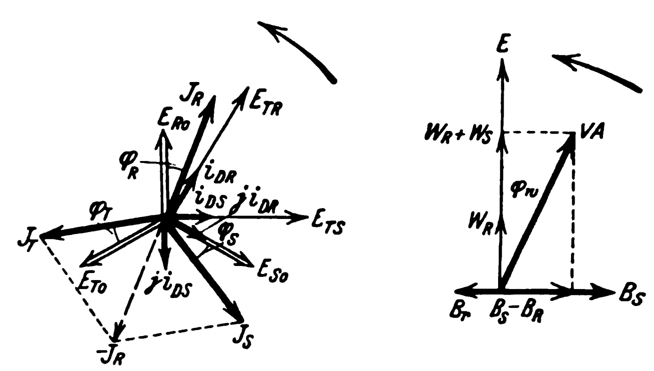


Abb. 10. Belastungsdiagramm.

auch bei der Blindleistung sinngemäß Anwendung findet. Wenn in k auch das Übersetzungsverhältnis der zugehörigen Wandler Berücksichtigung findet, wird die gesamte Drehstrom-Wirkleistung

$$W = W_R + W_S$$

und die gesamte Drehstrom-Blindleistung

$$B = -B_R + B_S.$$

B ist in dem in Abb. 10 dargestellten Fall positiv, da augenscheinlich $B_S > B_R$; einer positiven Blindleistung B bei einer positiven Wirkleistung und richtig angeschlossenen Instrumenten entspricht aber eine induktive Belastung der Anlage; die Wirkleistungsmessung bestimmt auch hier erst die Art der gemessenen Blindleistung.

Die beiden besprochenen Beispiele lassen erkennen, daß bei einem bestimmten, für die praktischen Messungen festgelegten Schema beim Anschluß der Leistungsmesser auch die Ergebnisse zwangläufig ohne weitere Überlegung ausgewertet werden können, so daß die Messung mit Hilfe derartiger kombinierter Meßgeräte keine wesentlich größere Vorsicht beansprucht als mit einfachen Wirkleistungsmessern.

Die Ergebnisse der Kraftmaschinenstatistik der gewerblichen Betriebszählung 1925.

Nach den Ergebnissen der amtlichen Statistik[1] wurden 1925 an stationären Kraftmaschinen im Gewerbe ermittelt:

Maschinen	Zahl der Betriebe	Zahl der Maschinen	Nennleistung 1000 PS
Primärkraftmaschinen	110 079	179 987	21 816
Elektromotoren und Elektrowerkzeuge	423 820	1 731 169	15 317
Elektrogeneratoren	27 840	44 854	13 305
Maschinenumformer	10 467	20 752	3 004

Da 485 000 Betriebe, d. s. 13,9 % aller vorhandenen Gewerbebetriebe Kraftmaschinen überhaupt verwenden, wird die benötigte Energie bei etwa 10 % aller Kraftbetriebe sowohl von der Primärkraftmaschine als auch vom Elektromotor geliefert. Seit 1907, dem Jahr der vorletzten Kraftmaschinenerhebung, hat sich die installierte Primärkraftmaschinenleistung von 8,3 auf rd. 22 Mill PS, die Leistung der Elektromotoren von 2 auf 15,3 Mill PS erhöht. Zahl und Leistung der Primärkraftmaschinen zeigt folgende Aufstellung:

Primärkraftmaschinen	Zahl der Maschinen	%	Nennleistung PS	%
Dampfturbinen	4 399	2,4	9 652 630	44,2
Kolbendampfmaschinen	83 186	46,2	8 104 620	37,2
Wasserturbinen	17 712	9,8	1 825 806	8,4
Gaskraftmaschinen	14 037	7,9	1 260 013	5,8
Schwerölmotoren	12 071	6,7	650 625	3,0
Wasserräder	27 358	15,3	182 440	0,8
Leichtölmotoren	12 681	7,0	109 688	0,5
Windmotoren	8 543	4,7	30 042	0,1

Danach entfallen 48,6 % aller Primärkraftmaschinen und 81,4 % der gesamten Primärleistung auf Dampfmaschinen.

Von der primären Leistung aller Wind-, Wasser- und Wärmekraftmaschinen (21,8 Mill PS) dienen 30,7 % zum unmittelbaren Antrieb von Arbeitsmaschinen, 42,9 % zum Antrieb elektrischer Stromerzeuger und 26,4 % als Reserve. Für die wichtigsten Gewerbegruppen sind die Ziffern der Primärkraftmaschinenleistung und deren Verwendung in Zahlentafel 1 zusammengestellt.

In Elektrizitätserzeugungsanlagen wurden 4378 Primärkraftmaschinen mit einer Leistungsfähigkeit von 6,02 Mill PS gezählt; das entspricht 31 % der gesamten Primärkraftmaschinenleistung. Es folgen der Bergbau mit 16,4 %, Eisen- und Metallgewinnung mit 6,9 %.

Der Bergbau, einschließlich der kombinierten Betriebe, ferner die Industrie der Steine und Erden, das Holz- und Schnitzstoffgewerbe, das Nahrungs- und Genußmittelgewerbe und das Baugewerbe verwenden die Leistung größtenteils unmittelbar zum Antrieb von Arbeitsmaschinen. Dagegen dient die Primärkraftmaschinenleistung vorwiegend der Gewinnung elektrischer Arbeit in den Betrieben der öffentlichen Elektrizitätsversorgung, im Maschinen- und Fahrzeugbau, in der chemischen und der elektrotechnischen Industrie. Auf Reserveleistung entfallen bei letzterer 34,9 %, Maschinen- und Fahrzeugindustrie 32,6 %, beim Bergbau 28,6 % und in den Betrieben der Elektrizitäts-, Gas- und Wassergewinnung 28,3 %.

Mit 4,7 Mill PS verfügen die Werke der Elektrizitätsversorgung über 50,4 % der gesamten primärmotorischen Leistung zum Antrieb von Stromerzeugern; 12,4 % entfallen auf die Eigenanlagen des Bergbaus und 10,3 % auf die Großeisenindustrie einschließlich der kombinierten Werke.

Installiert waren von der gesamten

- Dampfturbinenleistung: 49,2 % in den Elektrizitätserzeugungsanlagen, 17,2 % im Bergbau, 11,1 % in der chemischen Industrie (einschließlich der kombinierten Werke);
- Kolbendampfmaschinenleistung: 22,5 % im Bergbau, je 10,6 % in der Textilindustrie und im Nahrungsmittelgewerbe, 6,2 % in der Industrie der Steine und Erden, 6 % in der Eisen- und Metallgewinnung;
- Wasserturbinenleistung: 49,7 % in den Elektrizitätserzeugungsanlagen, 10,8 % in der Papierindustrie, 9,8 % in der Eisen- und Metallgewinnung, 9,1 % im Nahrungsmittelgewerbe;
- Gaskraftmaschinenleistung: 40,3 % in der Großeisenindustrie, 27,5 % in deren kombinierten Werken, 7,1 % im Steinkohlenbergbau.

Zahl und Leistung der Stromerzeuger nach der Art ihrer Antriebsmaschinen sind aus Abb. 1 und folgender Übersicht zu ersehen:

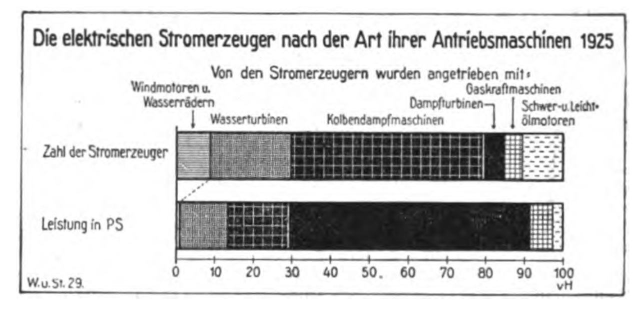


Abb. 1.

Antriebsmaschinen	Zahl der Stromerzeuger	%	Leistung der Stromerzeuger kW	%
Dampfturbinen	1 807	5,2	4 200 657	62,3
Kolbendampfmaschinen	17 319	50,2	1 063 121	15,7
Wasserturbinen	7 090	20,7	890 690	13,2
Gaskraftmaschinen	1 514	4,4	401 247	5,9
Schwerölmotoren	3 171	9,3	180 498	2,7
Wasserräder	2 951	8,7	12 912	0,2
Leichtölmotoren	455	1,3	2 887	.
Windmotoren	86	0,2	684	.

[1] Wirtsch. u. Stat. Bd. 9, 1929, S. 398, 570.

1. Die Primärkraftmaschinen in den wichtigsten Wärme-, Wasser- und Windkraftmaschinen verwendenden Betrieben.

Gewerbegruppen	Zahl der Betriebe	Zahl der Maschinen	Nennleistung 1000 PS	Davon dienen in 1000 PS zum Antrieb von Arbeitsmaschinen	Davon dienen in 1000 PS zum Antrieb von Stromerzeugern	als Reserve
Elektrizitäts-, Gas-, Wassergewinnung	3 899	10 314	6 777	153	4 706	1 918
Bergbau	1 143	10 311	3 594	1 587	978	1 029
Eisen- und Metallgewinnung	1 004	3 066	1 518	544	600	374
Nahrungsmittelgewerbe	46 835	62 907	1 468	764	266	440
Textilindustrie	4 623	7 260	1 219	580	441	198
Chemische Industrie	1 747	4 620	1 119	264	464	391
Papierindustrie und Vervielfältigungsgewerbe	2 242	4 941	881	376	324	181
Maschinen-, Apparate-, Fahrzeugbau	4 154	6 700	684	167	294	223
Mit Bergbau kombinierte Werke	78	1 269	672	279	189	204
Industrie der Steine und Erden	6 787	9 333	627	405	128	94
Holz- und Schnitzstoffgewerbe	16 509	19 968	590	431	107	52
Verkehrswesen	1 651	8 903	367	151	129	87
Baugewerbe	4 164	8 801	310	243	31	36
Herstellung von Eisen-, Stahl-, Metallwaren	3 861	5 000	210	89	75	46
Elektroindustrie, Feinmechanik, Optik	664	953	201	13	97	91

Somit wurden 78 % der Generatorenleistung durch Dampfkraftmaschinen, 13,4 % durch Wasserkraftmaschinen und 8,6 % durch Verbrennungskraftmaschinen angetrieben.

Von den 210 293 Elektromotoren des Nahrungsmittelgewerbes befanden sich 58 100 in Bäckereien und 55 100 in Fleischereien.

2. Die elektrischen Stromerzeuger nach der Art ihrer Antriebsmaschinen in den wichtigsten Gewerbegruppen.

Gewerbegruppen	Zahl der Betriebe	Zahl der Maschinen	Gesamte Nennleistung 1000 kW	Davon Reserveleistung 1000 kW	Nennleistung der Generatoren in 1000 kW, angetrieben durch Dampfturbinen	Kolbendampfmaschinen	Wasserturbinen	Gaskraftmaschinen
Elektrizitäts-, Gas-, Wassergewinnung	2 206	5 305	4 693	1 367	2 527	95	624,9	14,1
Bergbau	604	1 485	1 194	476	570	86	5,4	43,0
Eisen- und Metallgewinnung	494	1 161	631	197	130	26	80,3	192,2
Chemische Industrie	816	1 564	570	236	228	70	23,1	11,3
Textilindustrie	2 796	4 339	435	97	101	174	46,3	0,5
Mit Eisen- und Metallgewerbe komb. Werke	222	663	408	148	126	22	4,8	105,2
Maschinen-, Apparate-, Fahrzeugbau	1 791	3 173	353	136	72	108	6,4	6,2
Papierindustrie und Vervielfältigungsgewerbe	1 191	2 244	352	103	139	70	25,9	5,3
Nahrungsmittelgewerbe	7 991	10 175	329	127	39	114	25,9	2,5
Mit Bergbau kombinierte Werke	70	244	239	101	114	11	1,2	11,6
Verkehrswesen	416	1 486	143	49	55	16	12,8	3,2
Elektroindustrie, Feinmechanik, Optik	357	647	136	64	49	14	2,5	1,3

Die Zahlentafel 2 zeigt für die wichtigsten Gewerbegruppen die Anzahl der Betriebe und Maschinen und unterscheidet ferner die installierte Leistung, nach Abzug der Reserveleistung, nach der Art der Antriebsmaschine. Von der gesamten fast 10 Mill kW betragenden Nennleistung der Stromerzeuger waren rd. 4,7 Mill kW im Elektrizitäts-, Gas- und Wassergewerbe installiert; 29,1 % davon dienten als Reserve. Ferner sind wichtige Selbsterzeuger elektrischer Arbeit der Bergbau, die Eisen- und Metallindustrie und die chemische Industrie. Mit Ausnahme der Großeisenindustrie einschl. kombinierter Werke, wo die Gaskraftmaschine etwa in gleichem Maße Verwendung findet wie die Dampfturbine, dient in diesen Großbetrieben vorwiegend die Dampfturbine als Antriebsmaschine für Stromerzeuger. Dagegen ist in den zahlreichen kleinen und mittleren Betrieben des Bekleidungs- und Nahrungsmittelgewerbes die Kolbendampfmaschine als Antriebsmaschine zur Stromerzeugung verbreitet, während die Wasserkraft in dieser Beziehung außer in der Elektrizitätsversorgung nur in der Eisen- und Metallgewinnung Süd- und Mitteldeutschlands und in geringerem Maße in der Textilindustrie eine Rolle spielt.

6178 Gewerbebetriebe gaben elektrische Arbeit ab, u. zw. 5468 an fremde Verbraucher und 710 an eigene Niederlassungen.

Die Leistung der 20 752 Drehumformer betrug 2,3 Mill kW; von dieser Leistung entfielen auf Elektrizitäts-, Gas- und Wasserversorgung 0,790, Eisen- und Metallgewinnung 0,357, Bergbau 0,207, Verkehrswesen 0,153, chemische Industrie 0,141 Mill kW.

Nach der Statistik wurden in Deutschland 1 657 486 Elektromotoren mit einer Gesamtleistung von 11,4 Mill kW (je Motor durchschnittlich 6,9 kW) und 73 683 Elektrowerkzeuge mit 153 684 kW festgestellt. Davon entfielen auf die wichtigeren Gewerbegruppen:

Gewerbegruppen	Zahl der Betriebe	Zahl der Elektromotoren	Nennleistung der Elektromotoren 1000 kW	Zahl der Elektrowerkzeuge	Nennleistung der Elektrowerkzeuge 1000 kW
Bergbau (mit komb. Werken)	1 227	65 134	2 061	2 844	4 168
Eisen- und Metallgewinnung (mit komb. Werken)	2 869	131 550	2 428	4 914	4 809
Maschinen-, Apparate-Fahrzeugbau	20 061	177 619	1 093	29 020	17 692
Nahrungsmittelgewerbe	118 967	210 293	876	1 586	1 309
Chemische Industrie	4 018	69 435	674	1 433	1 385
Textilindustrie	20 874	174 613	609	1 244	1 284
Papierind. und Vervielfältigungsgewerbe	13 227	96 710	509	1 282	1 211
Holz- und Schnitzstoffgewerbe	71 922	143 402	497	1 785	1 529
Industrie der Steine und Erden	9 639	43 126	456	701	565
Verkehrswesen	4 154	83 440	442	7 887	6 505
Elektroindustrie, Feinmechanik, Optik	10 370	107 771	367	10 663	4 029

Rund 392 000 Betriebe bezogen den Strom ausschließlich von fremden Werken, rd. 9400 ausschließlich aus Selbsterzeugeranlagen, und rd. 5700 verwandten teils selbsterzeugten, teils bezogenen Strom.

Dr. C. Albrecht.

Der Oberleitungsomnibus.

Der Aachener Straßenbahndirektor J. Siméon berichtet[1] über seine Studien, die er über gleislose Bahnen, d. h. elektrische Omnibusse mit Oberleitung, gemacht hat, wobei er voranstellt, daß die elektrischen Straßenbahnen durchaus nicht ihre Berechtigung verloren hätten, wie von manchen Seiten behauptet wird, daß aber die derzeitige Ausbildung der 30jährigen „Gleislosen" in gewissen Fällen ihre Vorzüge habe. In erster Linie sei die gleislose elektrische Straßenbahn da bevorzugt, wo in kleineren und mittleren Straßenbahnen Gleise und Wagen erneuert werden müssen, das hohe Kapital für die Gleisanlage nicht aufgebracht werden kann und der Verkehr nicht ausreicht, um eine Straßenbahn wirtschaftlich zu machen. Die angeführten vorkriegszeitlichen Anlagen stellen allerdings nur einen kleinen Anteil der Vorgänger dar.

Die Verwaltungen der 16 Anlagen in England, von denen Verfasser die Anlagen in Ipswich, Birmingham, Southend, York, Oldham und Wolverhampton besuchte, sprechen sich durchweg lobend über den Betrieb aus[2]. Weiter werden die Anlage in Groningen (100 000 Einwohner) in Holland und Kopenhagen-Hollerup erwähnt und beschrieben. Auch das Urteil des Wolverhamptoner[3] Direktor Silvers wird hervorgehoben, das sich auf 2½jährige Betriebserfahrungen stützt. Silvers ist in jeder Hinsicht mit dem Oberleitungs-Kraftwagenbetrieb zufrieden, nicht allein als Ersatz für alte Straßenbahnen, sondern auch als Ersatz für Benzin-Autobuslinien, u. zw. wegen der unvergleichlich höheren Wirtschaftlichkeit. Auch York (England) hat einen 6jährigen zufriedenstellenden Betrieb hinter sich. Die früheren Mißerfolge der gleislosen Bahn werden auf die mangelhafte Straßenbeschaffenheit, auf den noch nicht auf der Höhe stehenden Wagenbau und die fehlende elastische Bereifung zurückgeführt. Die ersten gleislosen Bahnen in Deutschland liefen im Rheinland und Westfalen. Erfreulich wirkt am Schluß die von einem Straßenbahndirektor in Holland geäußerte Ermahnung, die das offizielle niederländische Organ der Lokal- und Straßenbahnen bringt: „Der Trolleybus ist unseres Erachtens ein Betriebsmittel, von welchem jeder Straßenbahnfachmann Kenntnis nehmen muß." *M. S.*

[1] J. Siméon, Verkehrstechn. Bd. 46, S. 662.
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 547.
[3] ETZ 1927, S. 975.



RUNDSCHAU.

Apparate.

Ein neuer Anzapfschalter für Transformatoren. — Von der Westinghouse Electric & Mfg. Co. ist ein Schalter für die Anzapfungen von Transformatoren besonders hoher Betriebspannungen entwickelt worden. Zur Herabsetzung der elektrischen Feldstärke an der Oberfläche der spannungführenden Teile wurde auf eine ausreichende Abrundung der festen und beweglichen Kontakte Wert gelegt. Abb. 1 a zeigt eine Ausführung für eine Betriebs-

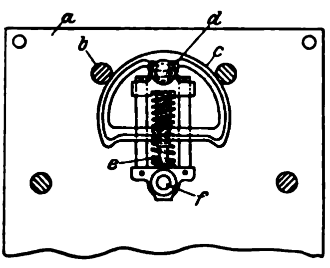
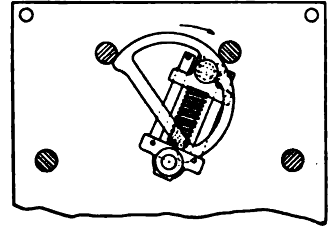


Abb. 1a. Anzapfschalter für Transformatoren.


Abb. 1 b. Anzapfschalter beim Umschalten.

spannung von 132 kV. Die mit den Anzapfungen der Oberspannungswicklung verbundenen festen Kontakte *b* sind als Bolzen ausgebildet, die im Kreise angeordnet und zwischen zwei parallelen Isolierplatten *a* befestigt sind. Die beweglichen Kontakte bestehen aus zwei halbkreisförmigen, abgerundeten starren Bügeln *c*, die gemeinsam zwei benachbarte Bolzen elektrisch miteinander verbinden. Sie sind unter Zwischenschaltung einer Feder *e* so mit der zentralen Schalterachse *f* verbunden, daß sie fest gegen die Kontaktbolzen gepreßt werden und beim Umschalten sprungweise von Stufe zu Stufe schnellen (Abb. 1 b). Ein Hängenbleiben in einer Zwischenstellung ist also auch bei ungeschickter Bedienung ausgeschlossen. Derartige Schalter haben im Prüffeld mehr als 1 Mill Umschaltungen ohne den geringsten Schaden überstanden. (R. M. Field, The Electric Journ. Bd. 25, S. 555.) *R. K.*

Relais zum Absenken der Spitzenlast bei Kleinabnehmern. — In einem Vortrag vor der Institution of Electrical Engineers in London behandelte W. Holmes die Maßnahmen, die darauf hinauslaufen, die Erzeugerkraftwerke den ganzen Tag über möglichst gleichmäßig zu belasten, um dadurch die Kosten der Zentrale und des Verteilungsnetzes für die abgegebene Einheit möglichst gering zu halten. Ursprünglich waren die Preise für Lichtstrom mit Rücksicht auf die sehr schlechte Ausnutzung des investierten Kapitals sehr hoch. Der erste Schritt war der, Strom für Motoren und Koch- und Heizgeräte wesentlich billiger abzugeben. Besonders niedrig wurde der Tarif für Warmwasserapparate gehalten, weil diese die günstigste Lastkurve haben. Die bequemste Verrechnungsart war die, die auf einer Jahresquote für die angeschlossene Leistung beruhte. sie ist aber nur für kleine Wasserkraftanlagen zweckmäßig; auch der Einbau gewöhnlicher Strombegrenzer erwies sich als unzweckmäßig, weil er die Konsumenten davon abhält, neue Apparate zu beschaffen. Alle neueren Tarife gehen darauf hinaus, den Verbraucher zum Konsum außerhalb der Spitzenlast anzuregen. Von diesem Gesichtspunkte aus sind auch die verschiedenen Arten von Dappeltarifzahlen geschaffen worden. Ein äußerst wirksames Mittel zur Hebung der Belastung außerhalb der Lichtzeiten ist der Einbau von Heißwasserspeichern und Speicher-Kochapparaten. Der Vorschlag des Verfassers geht nun dahin, für diese Apparate nicht einen besonderen Tarif zu geben und sie die vollen 24 h eingeschaltet zu lassen, sondern sie durch ein geeignetes Relais im Bedarfsfalle dann einzuschalten, wenn der übrige Verbrauch klein ist, und sie abzuschalten, wenn der Gesamtverbrauch eine gewisse Grenze überschritten hat. Auf diese Weise kann man einen sehr hohen Anschlußwert von Koch- und Heizapparaten zulassen, ohne befürchten zu müssen, daß sie zur Zeit der Spitzenlast eingeschaltet sind, und ohne daß es nötig wäre, sie über besondere Zähler anzuschließen. Als Beispiel dafür, was man mit weitgehender Anwendung von Speicherapparaten erzielen kann, wird die Belastungskurve der Stadt Basel gegeben, bei der im Jahre 1927 der Belastungsfaktor

$$\frac{\text{erzeugte Kilowattstunden} \times 100}{\text{maximale Spitze im Jahr}}$$

den Wert 57,4 % erreicht hat.

Es werden neun verschiedene derartige Relais beschrieben, insbesondere zwei Ausführungen der Ferranti Co. für Gleichstrom und für Wechselstrom; bei beiden erfolgt die Stromunterbrechung durch eine gasgefüllte Quecksilberschaltröhre, die durch einen Elektromagneten bzw. das Triebwerk eines Motorzählers gekippt wird. Der Verbrauch dieser Apparate ist rd. 1 W, sie sind etwa im Verhältnis 1 : 3 bis 1 : 8 einschaltbar für Nennstromstärken, beginnend mit 1,25 A bis zu 20 A. (W. Holmes, J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, S. 296.) *Kth.*

Rückleistungsrelais für den Schutz von Drehstromgeneratoren und Speiseleitungen. — Ein Aufsatz von Taylor befaßt sich mit dem Verhalten von Rückleistungs-Wechselstromrelais, wie sie zum Schutz von Generatoren und von parallelen Leitungen verwendet werden. Er zeigt das verschiedene Verhalten, wie es durch verschiedenartigen Anschluß bedingt ist, ferner, in übersichtlicher Weise durch Schaltbilder, Vektordiagramme und Kurvendarstellungen ergänzt, wie die unvermeidlichen Fehlschaltungen bei jeder Art des Anschlusses zustande kommen. Schließlich wird dargelegt, wie man zu einem Rückleistungsrelais kommt, das bei vorwärtsfließender Leistung nie eine Fehlschaltung gibt, und das bei jedem Zustandekommen von Rückleistung sicher arbeitet. Für den Generatorschutz erhält man die günstigste Schaltung, wenn die Spannungspulen der drei Relais zwischen Leitung und Erde geschaltet werden, für den Schutz paralleler Leitungen aber zwischen Leitung und voreilende Phase. (G. E. Taylor, J. Inst. El. Engs. London Bd. 66, S. 1148.) *Kth.*

Der große Elektromagnet der französischen Akademie der Wissenschaften. — Für die Untersuchung physikalischer Vorgänge in sehr starken Magnetfeldern hat die Akademie der Wissenschaften in Paris einen Elektromagneten erbauen lassen, der vor kurzem fertig wurde und von seinem Erbauer, A. Cotton, beschrieben worden ist. Die ETZ konnte in den letzten Jahren bereits zweimal über Versuche zur Erzeugung besonders starker Magnetfelder berichten[1], indessen handelte es sich damals um die kurzzeitige Erzeugung höchster Feldstärken in kleinem Raum, während der Magnet von Cotton ein starkes, langdauerndes Feld großen Querschnittes liefern soll. Die zu erwartenden Erscheinungen wurden vorher an

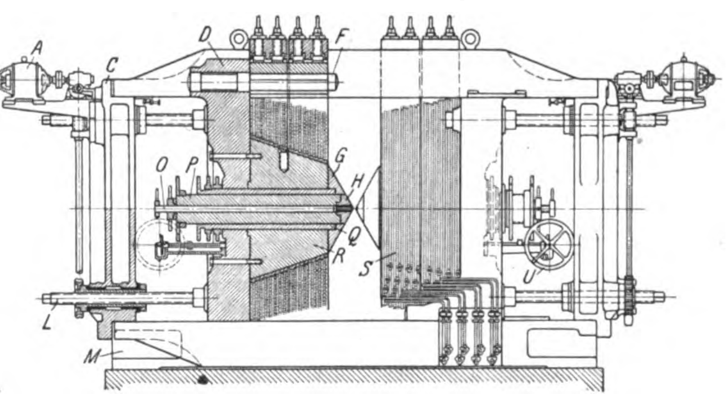


Abb. 2. Großer Elektromagnet für Versuchszwecke.

Modellen studiert und ergaben folgende Erkenntnisse für den Bau eines sehr großen Elektromagneten:

1. Günstig sind kurze Kerne; die Form des Kernes hat nur geringen Einfluß.

[1] Wall, ETZ 1927, S. 1237; Kapitza, ETZ 1928, S. 1163.



2. Der Querschnitt des Schlußjoches und etwa vorhandene geringe Luftstrecken im magnetischen Kreis haben einen nur geringen Einfluß auf die erreichte Feldstärke.

Eine Vorausberechnung des Feldes ist natürlich schwierig und streng nicht möglich; sie geht am besten von dem direkten Spulenfeld in der Achse aus. — Für den mechanischen Aufbau mußte möglichst völlige Symmetrie gewahrt werden, damit die unvermeidlichen Verschiebungen der Teile die Koaxialität nicht gefährden können. Der eigentliche Träger des ganzen Systems ist ein käfigartiger Rahmen, dessen Gesamtlänge einschl. der aus Abb. 2 ersichtlichen, über ihn hinausragenden Teile etwa 6,3 m beträgt; ganze Höhe etwa 2,75 m. Der Käfig ist aus vier horizontalen Stahlgußbalken *M* und zwei Gußeisenrahmen *C* zusammengesetzt. Auf den unteren Längsbalken gleiten zwei vertikale Säulen *D*, die die Kerne und Wicklungen tragen. Die mit dem obenerwähnten Ergebnis 2. in Widerspruch stehende starke Ausführung der Schlußjoche war vor allem durch die Rücksicht auf die sonst entstehenden Streufelder in der Umgebung des Magneten bedingt. Die Kerne *R* aus besonders weichem Stahlguß sind kegelstumpfförmig und längs ihrer Achse durchbohrt. In der Bohrung liegen drei konzentrische Rohre *O, P, Q,* die durch ein Handrad *U* verschoben werden können und der Einstellung der Polschuhe *G* und *H* dienen. Die in *H* sitzenden eigentlichen Polendstücke sind auswechselbar und bestehen aus Ferrokobalt (250 bzw. 60 mm Dmr.). Der Luftraum zwischen den gegenüberstehenden Polenden kann zwischen 750 mm und 3 mm eingestellt werden. Die Verschiebung der Magnetschlitten geschieht durch je vier Schraubenspindeln *L*, die für eine Gesamtkraft von über 100 t berechnet sind. Ihr Antrieb erfolgt über Schneckenvorgelege durch zwei weitgehend regelbare Motoren *A*.

Die abnehmbaren Spulen *S* sind auf einen Bronzekasten mit Aluminiumflanschen aufgebracht und werden von den Bolzen *F* getragen. Die Wicklung besteht aus Kupferrohr von quadratischem Querschnitt (15,5 mm Seitenlänge) mit abgerundeten Kanten, das von Wasser durchströmt werden kann; Gesamtkupfergewicht 8,6 t bei 1250 Windungen. Die einzelnen Spulenscheiben wurden wie für große Transformatoren hergestellt und für 10 000 V isoliert. Die Stromstärke beträgt gewöhnlich 400 A bei 240 V, d. h. rd. 100 kW und $1250 \cdot 400 = 500\,000$ AW. Insgesamt wurden 105 t Eisen, 9 t Kupfer und 6 t weitere Materialien verbaut.

Über die erreichbaren Felder liegen erst wenige Messungen vor. Nach einer von der Ähnlichkeit der Felder ähnlicher Magnete und den Versuchsdaten des Modells ausgehenden Rechnung ist in dem zylindrischen Raum zwischen Ferrokobalt-Polschuhenden von 4 cm Dmr. bei 2 cm Polabstand ein Feld von 46 100 Gauß zu erwarten. Ein Versuch lieferte in guter Übereinstimmung mit dieser Rechnung 46 400 Gauß. Durch im Luftraum angeordnete Hilfspulen hofft man, in kleinen Räumen noch erheblich höhere Feldstärken zu erzielen. (A. Cotton, Rev. Gén. de l'El. Bd. 24, S. 317.) *Wi.*

Leitungen.

Porzellanisolatoren und Isolatorenporzellan. — In einer für die ganze Isolatorenfrage außerordentlich bedeutsamen Arbeit behandelt Sten Velander[1], der lange Jahre als Oberingenieur bei der Sydsvenska Kraftaktiebolaget tätig war und seit 1928 Professor an der Technischen Hochschule zu Stockholm ist, das Problem der Rißbildung. von Hochspannungsisolatoren. Seine Untersuchungen erstrecken sich hauptsächlich auf die bei der Sydsvenska Kraftaktiebolaget in den Jahren 1913 ... 1915 für 40 und 50 kV Betriebspannung eingebauten Stützenisolatoren, die an der Westküste Südschwedens außerordentlich unter Salzstürmen und deren Folgen zu leiden haben. Auf Grund sehr sorgfältig geführter statistischer Unterlagen konnte Velander Häufigkeitskurven für die Ausfälle aufstellen, die genau mit den Forderungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung übereinstimmen. Hieraus war es weiter möglich, für alle den gleichen Betriebsverhältnissen unterworfene Isolatoren eine mittlere Lebensdauer von beispielsweise 4,7 oder 7,4 oder 10,3 Jahren abzuleiten. Im Gegensatz zu der bisher üblichen Anschauung vertritt dabei Velander den Standpunkt, daß die Rißbildung, die sich bei gekitteten Isolatoren bekanntlich in feinen Sprüngen, zunächst auf dem Kopf der Isolatoren bemerkbar macht, ausschließlich oder doch hauptsächlich auf dauernde mechanische Einwirkungen verschiedenster Art, also auf molekulare Ermüdungserscheinungen zurückzuführen ist. Unter diesen kommen die verschiedensten, von kurzzeitigen Vibrationen überlagerten und sich zu einer konstanten mechanischen Grundbeanspruchung addierenden mechanischen und thermischen Beanspruchungen in Frage. Der Treibwirkung des Zementes, wie auch inneren Materialspannungen im Porzellan selbst mißt der Verfasser dagegen nur eine untergeordnete Bedeutung für die Rißbildung bei.

Als wichtigste Gegenmaßnahme sieht Velander, da elektrische Kräfte nach allgemeiner Überzeugung für die ganze Frage bedeutungslos sind, die Verwendung eines mechanisch hochwertigen Porzellans an, das eine besonders hohe Zug- und Biegefestigkeit besitzen müsse, während die elektrische Durchschlagfestigkeit von geringerer Bedeutung sei. Zum Beweis hierfür hat Velander eine Reihe von Festigkeitsuntersuchungen durchgeführt, indem er aus den Mänteln ausgewechselter Isolatoren Probestäbe aussägte und deren Festigkeit vergleichsweise untersuchte. Hierbei ergab sich, daß Isolatoren mit der größten spezifischen Festigkeit (Biegefestigkeit bis 6 kg/mm²) auch im Betriebe die größte Lebensdauer (von etwa 16 Jahren) haben, wobei sich auch der bekannte Einfluß der Glasur bestätigt fand.

So richtig zweifellos diese Forderungen Velanders sind (wesentliche Verbesserungen in der Richtung eines mechanisch widerstandsfähigeren Porzellans lassen ja auch die neueren Erzeugnisse der größten deutschen Porzellanfabriken deutlich erkennen), so dürfte doch die Erklärung der Rißbildung zementgekitteter Isolatoren allein durch Ermüdungserscheinungen infolge mechanischer Kräfte wenigstens in Deutschland zunächst auf gewisse Zweifel stoßen. Die Frage der Ermüdung von Porzellan ist ja gerade hier schon früher in verneinendem Sinne erörtert worden, zumal sich Porzellan mit seiner nach bisherigen Untersuchungen bis zum Bruch völlig proportionalen Dehnung anders verhält, als andere, der Ermüdung unterliegende Stoffe, wie die Metalle. Als maßgebend für die bei diesen auftretende Ermüdung wird ja hauptsächlich ihr „plastisches" Verhalten vor dem Bruche (bleibende Formänderung) angesehen, eine Erscheinung, die bei Porzellan, wenigstens bei den bisherigen, allerdings meist kurzzeitigen Belastungen nicht beobachtet worden ist. Velander weist zwar auf die Möglichkeit bleibender Formänderungen unter der Einwirkung von Dauerbelastungen bei Glas hin und leitet daraus ein ähnliches Verhalten von Porzellan bei entsprechend langer Beanspruchungsdauer ab, jedoch sind diese Untersuchungen von anderer Seite bisher nicht bestätigt.

Gestützt wird die in Deutschland demgegenüber meist vertretene Ansicht, daß die Ursache der Rißbildung von zementgekitteten Porzellanisolatoren im Zement und dessen vom Porzellan verschiedener Ausdehnung bei Erwärmung und Feuchtigkeitsaufnahme sowie in einer durch mechanische Umbildung verursachten Volumenzunahme zu suchen ist, durch die Tatsache, daß an einteiligen wie auch an zusammengehanften mehrteiligen Isolatoren wohl noch nie derartige feine Risse beobachtet worden sind.

Eine endgültige Entscheidung über die Richtigkeit der verschiedenen Anschauungen kann jedoch wohl nur auf Grund weiterer Materialprüfungen von Porzellan und an Hand längerer Betriebserfahrungen an nicht gekitteten Isolatoren getroffen werden.

Wie dem auch sei, gebührt dem Verfasser das unbestrittene Verdienst, zum ersten Male eine streng wissenschaftliche Behandlung sorgfältig gesammelter Betriebsunterlagen vorgenommen und auf die außerordentliche Bedeutung der Materialfrage für Porzellanisolatoren in mechanischer Hinsicht hingewiesen zu haben.

W. Weicker.

Kabelarmaturen. — Die National Electric Light Association gibt in einem Jahresbericht des Underground Systems Committee einen Überblick über die im Jahre 1927/28 erzielten Fortschritte beim Bau von Kabelmuffen, -endverschlüssen und anderem Zubehör zwar für alle heute üblichen Spannungen, dabei sind indes nur die amerikanischen Firmen und Pirelli berücksichtigt. Es handelt sich in dem Bericht um eine für den Kabelkonstrukteur wertvolle Zusammenstellung der im Laufe der letzten Zeit erreichten Fortschritte, auf die Einzelheiten konstruktiver Art bei Muffen und Endverschlüssen kann nicht eingegangen werden, da über diese laufend in der Literatur wie auch in der Rundschau der ETZ berichtet

[1] „Porzellanisolatoren und Isolatorenporzellan", Nr. 90 der von der Königlichen Akademie der Ingenieurwissenschaften in Stockholm herausgegebenen Arbeiten, von Sten Velander. 12 Textabb., 54 S. Kommissionsverlag von Julius Springer, Berlin. Preis geh. 3,25 RM.

wurde. Zu beachten ist, daß Verbindungstellen für Dreifachkabel, welche im Durchmesser nur wenig über denjenigen des Kabels selbst hinausgehen, für Spannungen bis 20 kV hergestellt werden; solche Muffen werden auch für Niederspannungskabel mit zwei konzentrischen Leitern hohen Querschnittes verwendet.

Für ölgefüllte Kabel sind drei verschiedene Arten von Tanks zur Aufrechterhaltung eines gewissen Öldrucks im Kabel im Gebrauch. Eine Ausführungsform besteht aus einem völlig geschlossenen, etwa bis zu einem Drittel mit Öl gefüllten Gefäß; bei Ausdehnung der Tränkmasse im Kabel wird die im Gefäß über dem Öl befindliche Luft komprimiert und umgekehrt. Ein einziger Tank versorgt bei Drehstromanlagen alle drei Phasen gemeinsam, zur Isolierung der Muffen gegen Erde befinden sich in den Ölleitungen Isoliermuffen. Nach Inbetriebsetzung wird die ganze Anlage mit 1,76 kg/cm² während 5 min geprüft. Im Betrieb wurden Schwankungen zwischen 0,5 kg/cm² Überdruck und 254 mm Hg Vakuum im Öltankluftraum gemessen. Von derartigen Ölgefäßen sind über 1000 Stück in 66 kV-Anlagen anstandslos im Betrieb, woraus geschlossen werden darf, daß die Gefahr des Eintritts von Luft in das Kabel aus dem Luftraum im Tank praktisch nicht vorhanden ist. Ein anderer Typ von Öldruckreglern besteht aus einem zusammendrückbaren Gefäß, dessen Ausdehnung sich die Kraft eines Gewichtes oder einer Feder entgegensetzt. Vorteilhaft ist hierbei, daß bei einem Leck in der Anlage durch ausfließendes Öl das Eindringen von Wasser verhindert wird. Durch Verschieben eines am Hebelarm wirkenden Gewichtes läßt sich der Druck zwischen 0,35 und 0,7 kg/cm² regeln. Bei einer dritten Form befindet sich das Öl in einem geschlossenen Tank und umgibt eine Reihe von luftdicht verschlossenen Kammern, welche bei Überdruck zusammengedrückt werden, bei Entlastung sich wieder ausdehnen.

Ausführlich sind die Mitteilungen über zahlreiche Untersuchungen verschiedener Firmen gehalten, welche die Wanderung des Öls im Kabel in Abhängigkeit von topographischen Bedingungen sowie von den Erwärmungs- und Abkühlungsprozessen zum Gegenstand haben; die vielseitigen Ergebnisse sind in einer Reihe von Diagrammen niedergelegt.

Der Abschnitt über die Bedeutung der Bleimantelverluste und ihre Bekämpfung bringt wirtschaftliche Erwägungen über die dabei erforderlichen zusätzlichen Aufwendungen für Isoliermuffen, Verbindungsleitungen usw., deren Ergebnis die Feststellung ist, daß die Mehrkosten in spätestens drei Jahren amortisiert sind. So hat man denn auch in Amerika schon in großem Umfange mit dem Einbau von Isoliermuffen begonnen und gute Erfahrungen damit gemacht. Die Isolierung wird entweder durch an beiden Enden des Muffengehäuses eingeschraubte Bakelitringe bewirkt, oder das Muffengehäuse ist in der Mitte quer zur Längsachse geteilt, und diese beiden Teile sind durch einen gegossenen Bakelitring fest miteinander vereinigt. Festigkeitsprüfungen unter betriebsmäßigen Bedingungen haben in jeder Hinsicht befriedigt. Am Schluß wird auf die verschiedenen Verfahren des Verbindens und Erdens der Bleimäntel und auf das Einschalten von im Mittelpunkt geerdeten Reaktanzen mit bei Vollaststrom gesättigtem Eisenkern kurz eingegangen. (Serial Report Underground Syst. Comm. Nat. El. Light Assoc. Nr. 278—107.) *Eg.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

Der Wellenstrahl-Oszillograph. — In der ETZ 1928, S. 1224, wurde von A. Güntherschulze der Wellenstrahl-Gleichrichter, eine Konstruktion von J. Hartmann, beschrieben. Letzterer gibt im Engg. nochmals eine Beschreibung dieses Prinzips, der Vorarbeiten und einiger weiterer Anwendungen, z. B. als Unterbrecher für Induktoren, als Relais und Regler und als Oszillograph. Der Wellenstrahl-Oszillograph beruht auf folgender Überlegung: Wird die Schleuderbewegung des Quecksilberstrahles durch einen Strom der Form $i = f(t)$ hervorgerufen, so gilt für einen Augenblick t für die entstehende Welle die Beziehung $y = c\,x\,f\left(t - \frac{x}{v}\right)$, worin c eine Konstante bedeutet und v die Strahlgeschwindigkeit (vgl. Abb. 3). Die gleiche Beziehung gilt auch für die Bewegung des Schnittpunktes des Strahles mit einer zu seiner Richtung senkrechten Ebene. Zwischen dieser Bewegung und dem Stromverlauf besteht lediglich eine Phasenverschiebung von x/v.

Das Bild eines Stückchens des Quecksilberstrahles wird nun durch das Linsensystem L und den Schlitz C auf einen bewegten Film bzw. eine fallende Platte A geworfen, auf der sich dann der Wellenzug des Stromes abbildet. Die Lichtquelle, eine Bogenlampe, kann hinter dem Strahl stehen, so daß dessen Schatten abgebildet wird; sie kann auch seitlich aufgestellt werden, dann erfolgt die Abbildung durch das von dem glänzenden Quecksilber reflektierte Licht. Die Strahldicke beträgt im Wellenstrahl-Oszillographen 0,1 mm, die Geschwindigkeit 6 m/s, die Strahllänge etwa 6 mm. Die erhaltenen Oszillogramme sind nicht ganz so gut wie bei einem Schleifenoszillographen; Strom- und Spannungsempfindlichkeit sind etwa gleich. Einen großen Vorteil be-

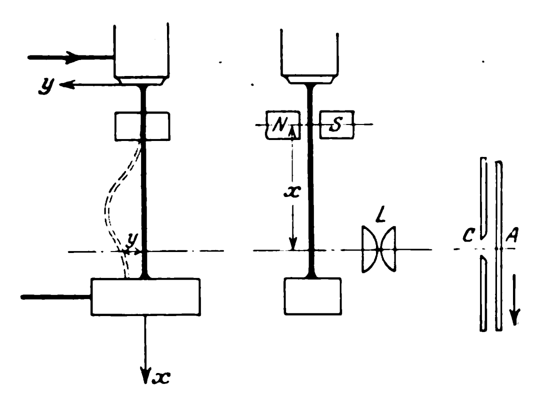
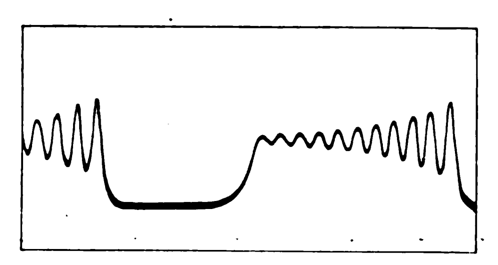


Abb. 3. Prinzip des Wellenstrahl-Oszillographen.


Abb. 4. Wiedergabe eines Oszillogramms.

sitzt der Wellenstrahl-Oszillograph vor dem Schleifenoszillographen in seiner größeren Unempfindlichkeit, z. B. gegen Kurzschluß, und diese Eigenschaft läßt ihn besonders für Messungen des praktischen Betriebes geeignet erscheinen. Abb. 4 ist die Wiedergabe des Oszillogrammes eines hochfrequenten Wellenzuges, das im reflektierten Licht mit dem Wellenstrahl-Oszillographen aufgenommen wurde. (J. Hartmann, Engg. Bd. 126, S. 345.) *Wi.*

Beleuchtung.

Beleuchtungstechnik und Flugverkehr. — Der Flugverkehr von Land zu Land wird in Zukunft immer mehr auf die Ausnutzung der Nachtstunden angewiesen sein. Internationale Zusammenarbeit ist daher auf dem Gebiete der Befeuerung der Flugstrecken und Flughäfen ganz besonders notwendig. Die Internationale Beleuchtungskommission, der die Vertreter der an der Beleuchtungstechnik interessierten Gesellschaften von zwölf Kulturländern angehören, hat daher zur Bearbeitung der Fragen der Flugverkehrsbeleuchtung einen Unterausschuß gegründet, der die einschlägigen Probleme vom beleuchtungstechnischen Standpunkte aus behandeln soll. Der Ausschuß hat bereits im Juli dieses Jahres in London eine erste Besprechung veranstaltet und Richtlinien für ein Arbeitsprogramm aufgestellt, das alle Fragen der Flugzeugbeleuchtung, der Flugstrecken- und der Flughafenbefeuerung umfaßt.

Zum deutschen Sachbearbeiter ernannte die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft Herrn Dr. Fritz Born, Berlin-Neutempelhof, Burgherrenstraße 5. Es wird gebeten, Anfragen, Anregungen und Vorschläge an ihn zu richten. *of*

Glühlampen mit Innenmattierung. — Bisher war bei den mattierten Glühlampen die Mattierung außen angebracht. Das hatte den Nachteil, daß sich auf der rauhen äußeren Oberfläche Staub und Schmutz ansetzten, wodurch die Lichtausstrahlung der Lampen immer mehr behindert wurde. Es kommen jetzt Glühlampen, z. B. Osram- und Tungsramlampen, mit Innenmattierung auf den Markt. Sie lassen sich besser reinigen als Lampen mit rauher Außenoberfläche, sehen schöner aus und übertreffen auch in lichttechnischer Hinsicht die außenmat-

tierten Lampen, weil die Lichtverteilung gleichmäßiger ist und die Markierung des Leuchtdrahtes als heller Fleck auf der Kolbenfläche weniger in Erscheinung tritt. *y*

Nachtflugstrecke Brüssel—Ostende. — Der Nachtflugverkehr erhöht die Wirtschaftlichkeit einer Flugstrecke ganz wesentlich. Von der großen kontinentalen Linie Moskau—Königsberg—Berlin—Köln—Ostende—London ist das Stück Königsberg—Berlin—Hannover bereits für

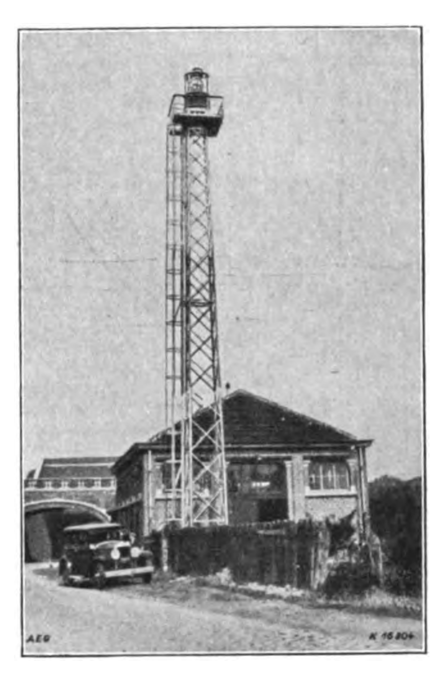


Abb. 5. Leuchtfeuer.

Nachtflugverkehr eingerichtet. Kürzlich kam auch die belgische Strecke Brüssel—Ostende in Betrieb, vorläufig nur für Postbeförderung. Eines der zwölf auf dieser letzteren Strecke errichteten Leuchtfeuer auf 20 m hohem Eisenmast zeigt Abb. 5. Die Streckenbefeuerung sowie die Beleuchtungsanlagen der Endflughäfen wurden von der AEG geliefert und eingebaut. *fi*

Bahnen und Fahrzeuge.

Aus dem Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das 4. Geschäftsjahr 1928. — Am Ende des Berichtsjahres wurden 1290 km Fernstrecken und 225 km Stadt- und Vorortstrecken, d. s. zusammen 2.8 % der Gesamtstreckenlänge des Reichsbahnnetzes (im Vorjahre 2.3 %) elektrisch betrieben. Neu aufgenommen wurde im Jahre 1928 der elektrische Betrieb auf 174 km Fernbahnen, u. zw. den Strecken

Rosenheim—Freilassing,
Breslau—Königszelt,
Kohlfurt—Lauban,
Lauban—Marklissa

und einer kurzen Güterbahn in München, ferner auf 113 km Stadt- und Vorortstrecken, u. zw. den folgenden Linien der Berliner Stadt- und Ringbahn nebst anschließenden Vorortbahnen

Potsdam—Stadtbahn—Erkner, mit den Abzweigungen Wannsee—Stahnsdorf Reichsbahn und Charlottenburg—Spandau-West sowie
Kaulsdorf—Stadtbahn—Südring—Warschauer Straße bzw. Grünau.

Im Anfang des Berichtsjahres waren im Ausbau für die elektrische Zugförderung 325 km Fern- und Vorortstrecken. Im Laufe des Jahres wurden die sämtlichen Strecken bis auf die kurze Berliner Strecke Jungfernheide—Siemensstadt—Gartenfeld fertiggestellt. Auf einigen Berliner Linien konnte indessen der elektrische Betrieb in Ermangelung der erforderlichen Triebwagenzüge noch nicht aufgenommen werden.

Im Reichsbahnkraftwerk Altona wurde ein neuer Bahnmaschinensatz für 10 000 kW Dauerleistung in Betrieb genommen; das Kraftwerk Mittelsteine i. Schl. erhielt einen neuen Drehstrom-Turbosatz für eine Dauerleistung von 6400 kW, ferner wurde eine neue Dampfturbine von 4000 kW Dauerleistung als Ersatz zum Antrieb eines vorhandenen Einphasenstrom-Generators aufgestellt. Im Kraftwerk Eitting der Mittleren Isar AG., an der die Reichsbahn beteiligt ist, wird ein zweiter Bahnmaschinensatz von 8400 kW Dauerleistung eingebaut. Der Bau des von derselben Gesellschaft errichteten Kraftwerkes Pfrombach, das unterste der Isarkraftwerke, wurde weitergeführt.

Die bayerische 110 kV-Fernleitung vom Walchensee-Kraftwerk nach dem Unterwerk Rosenheim wurde in Betrieb genommen, ebenso ihre Fortsetzung nach Traunstein, jedoch vorläufig nur mit einer Spannung von 15 kV. Für die Strecke Breslau—Königszelt wurde die vom Unterwerk Nieder-Salzbrunn bis Mettkau errichtete 80 kV-Fernleitung vorerst mit 15 kV in Betrieb gesetzt.

In Bayern kam das Unterwerk Rosenheim in Betrieb. Das Unterwerk Traunstein, dessen 100 kV-Teil als Freiluftanlage ausgeführt wird, befindet sich im Bau. Beim Unterwerk Niedersalzbrunn wurde eine 80 kV-Schaltstelle (Freiluftanlage) errichtet. Für den Betrieb der Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahn wurden die beiden Hauptschaltwerke Halensee und Markgrafendamm in Betrieb genommen. Außerdem wurden 8 Großgleichrichterwerke und 19 ferngesteuerte Kleingleichrichterwerke dem Betriebe übergeben. Die 12 Kleingleichrichterwerke des Nordrings wurden betriebsbereit gemacht.

Ende 1928 besaß die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft 347 elektrische Lokomotiven (1,4 % von 24 481 Stück des Gesamt-Lokomotivbestandes) gegenüber 316 (1,3 % von 24 895 Stück des Gesamt-Lokomotivbestandes im Jahre 1927). Die Zahl der Triebwagen mit Oberleitung und Stromschiene betrug 678 gegen 341 im Vorjahre.

Die erreichten Betriebsleistungen der elektrischen Lokomotiven betrugen 17 256 000 Lok.-km, das sind 1,63 % der insgesamt im Jahre 1928 geleisteten 1 061 938 000 Lok.-km (im Jahre 1927 waren es 14 717 000 bzw. 1,45 % der insgesamt geleisteten 1 017 407 000 Lok.-km).

Von den geleisteten Lok.-km der elektrischen Lokomotiven entfallen auf Nutz-km im Jahre 1928 14 439 000 (2,21 %) gegen 12 232 000 (1,99 %) in 1927. Die Zahl der Nutz-km der elektrischen Triebwagen hob sich von 7 701 000 (1,26 %) auf 12 154 000 (1,86 %).

Die 1927 bestellten Wechselstrom-Trieb- u. Steuerwagen für die bayerischen und mitteldeutschen Strecken wurden in Betrieb genommen. Nicht restlos erfolgte dagegen die Anlieferung der ebenfalls im Vorjahr bestellten elektrischen Lokomotiven. Für die Berliner Nordstrecken wurden 40 Trieb- und 40 Steuerwagen und für die bereits elektrisch betriebenen Linien der Berliner Stadt- und Ringbahn nebst Anschlußstrecken 287 Trieb- und 287 Steuerwagen dem Betrieb übergeben. Bestellt wurden 5 elektrische Schnellzug-Lokomotiven für die schlesischen Gebirgsbahnen, ferner 160 Trieb-, 85 Steuer- und 80 Beiwagen für die Berliner Bahnen sowie 4 Fahrleitungs-Untersuchungswagen für die mit Wechselstrom-Fahrleitung ausgerüsteten Strecken.

Die elektrischen Signal- und Sicherungsanlagen sind an vielen Stellen verbessert und ergänzt worden. Die Ausrüstung von Bahnlinien mit elektrischer Streckenblockung wurde weiter fortgesetzt. Für die bestehenden Streckenblockanlagen wurden Schutzmaßnahmen gegen betriebsstörende Starkstromeinflüsse getroffen. Auf der Berliner Stadtbahn ist mit Rücksicht auf die besonders dichte Zugfolge im Anschluß an die Elektrisierung ein neues selbsttätig wirkendes Signalsystem eingeführt worden. Es werden hierfür neuartige Lichttagessignale mit Doppellicht verwendet, wodurch die Signalanlagen wesentlich an Klarheit und Übersicht gewonnen haben.

Die Hauptsignale der Berliner Stadtbahn und einiger Vorortstrecken sowie der Hamburger Stadtbahn sind mit sogenannten Fahrsperren zur Verhütung des Überfahrens der Haltesignale ausgerüstet worden. Die Versuche, solche Zugbeeinflussungs-Einrichtungen auch für den Fernbahnbetrieb zu entwickeln, sind weitergeführt worden. Neuerdings werden auch Versuche mit einer Zugbeeinflussung durch Lichtstrahlen angestellt.

Zur Verbesserung des Fernsprechnetzes wurden 35 Selbstanschlußämter als Ersatz für unzureichende Handämter eingerichtet. Auf einigen Strecken wurden unter Verwendung von Lautsprechern und Lausch-Mikrophonen neuartige Fernsprecheinrichtungen für Zugleitungszwecke geschaffen, die auch Fernkonferenzen ermöglichen.

W. G. M.

Fortschritte der Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen[1]. — Laut dem soeben erschienenen Bericht der Direktion der ÖBB für das zweite Quartal 1929 gehen die Arbeiten im Mallnitz- wie Stubachwerk

[1] ETZ 1929, S. 1059.

ihrem Ende entgegen. Das Krafthaus des Mallnitzwerkes ist bis auf Kleinigkeiten fertiggestellt, die Räumungsarbeiten schreiten fort. Die Hilfsturbine, die Bahnturbinen und sämtliche elektrischen Einrichtungen befinden sich im Probebetrieb.

Im Stubachwerk-Krafthaus sind noch Nacharbeiten im Gange; ein Kraftwagenschuppen samt Werkstätte und Magazin sind im Bau. Am 22. und 23. V. wurde die gesamte Kraftwerksanlage technisch-polizeilich geprüft und wasserrechtlich kollaudiert. An der Hauptrohrleitung wurden Kälteschutzbauten begonnen, eine Hilfsturbine (Nr. 3) neu bestellt, die Umgestaltung einer anderen (Nr. 2) auf größere Leistung in Auftrag gegeben.

Der Bau der Unterwerke geht seinem Ende entgegen. Umspannwerke und Schaltanlagen wurden dem Betrieb übergeben, Schlußprüfungen durchgeführt, die Beseitigung einiger Mängel veranlaßt, Wohnhäuser für Bedienstete vollendet, so daß die Lieferanten z. T. von der Haftung entbunden werden konnten. Solche Unterwerke befinden sich in Wald a. Arlberg, Hall i. Tirol, Matrei, Kitzbühel, Saalfelden Schwarzach-St. Veit und Golling, dazu kommt die Schaltstelle Bruck-Fusch. Von Saalfelden bis Wörgl, wo die Bahn zur bayerischen Grenze bei Kufstein abzweigt, sind alle Übertragungs- und Fahrleitungsanlagen sowie die bahneigenen, wie Bundes-Schwachstromanlagen im Betrieb. An den Übertragungsleitungen Golling—Schwarzach—St. Veit—Lend—Bruck-Fusch, ebenso Lend—Böckstein—Mallnitz ist alles bis auf Kleinigkeiten, z. B. Anstrich an einigen Stellen usw., fertig; auch das Hochspannungskabel im Tauerntunnel ist verlegt. Das gleiche gilt von den Fahrleitungsanlagen von Salzburg-Personenbahnhof bis Zell a. See. Die Verkabelung der bahneigenen Schwachstromleitungen ist ebenfalls beendet, nur an der Montage der Inneneinrichtungen und der Umschaltung der Blockapparate wird noch gearbeitet.

Folgende Triebfahrzeuge wurden im letzten Quartal abgeliefert: 6 Tal-Schnellzugslokomotiven 1 D_0 1, Reihe 1670 (z. Z. im Probebetrieb), 15 schwere Güterzugslokomotiven E Reihe 1280 und die letzten zwei Verschublokomotiven D Reihe 1070 · 100. Die übrigen noch ausstehenden Triebfahrzeuge weisen die programmgemäßen Baufortschritte auf. Schließlich wurden in Salzburg die Arbeiten an den Zugförderungsarbeiten im Werkstättengebäude und Lokomotivschuppen fortgesetzt. Der Arbeiterstand bei den Kraftanlagen betrug im Mittel nicht ganz 200; die Geldausgaben von April bis Juni l. J. beliefen sich für die Neuanlagen auf rd. 6,602 Mill S, für die Triebfahrzeuge auf 0,067 Mill S, zusammen also auf rd. 6,669 Mill S.
Hgn.

Elektrisierung der Pariser Vorortbahnen. — Unser Sonderberichterstatter schreibt uns: Von den vier Bahngesellschaften, welche ungefähr zwei Drittel des Pariser Vorortbahnnetzes betreiben, hatte nur eine, die Paris-Orléans-Bahn, den elektrischen Zugbetrieb auf ihrem Netzteile eingeführt. Dagegen ist der der Staatsbahn angehörige und der wichtigste Teil des Vorortbahnnetzes im engeren Vorstadtgebiet fast vollständig elektrisiert. In diesem engeren Vorstadtgebiet, das sich auf einen Halbmesser von 15 ... 25 km erstreckt, erreicht die Elektrisierung einen verhältnismäßig hohen Anteil des gesamten Netzes, d. h. von der Bahnlänge von rd. 500 km sind 120 km oder 24 % elektrisch betrieben. Nimmt man das „weite" Vorstadtgebiet welches sich bis zu den Städten Mantes (58 km), Dourdan (60 km), Etampes (56 km), Melun (54 km) usw. erstreckt, in Betracht, so entfallen auf die gesamte Bahnlänge von rd. 1300 km nur 180 km (14 %), die elektrisch betrieben sind.

Die das westliche Vorstadtgebiet bedienenden Staatslinien gehen von den Bahnhöfen St. Lazare, Invalides und Montparnasse aus (Abb. 6). Nachdem im Jahre 1900 auf der Strecke Invalides—Versailles der elektrische Betrieb teilweise eingeführt wurde, wurde die vollständige Elektrisierung nach dem Kriege aufgenommen mit dem Hauptzweck, nicht Ersparnisse zu erzielen (eine eigene Wasserenergie steht nicht zur Verfügung), sondern hauptsächlich einen verstärkten Betrieb und eine bequemere Richtungsänderung der Züge in den Endbahnhöfen zu ermöglichen und sonstige wertvolle Vorzüge des elektrischen Betriebs auszunutzen. Die jährliche Steigerung des Personenverkehrs erreicht für die Vorortbahnen etwa 2 ... 3 %; in den

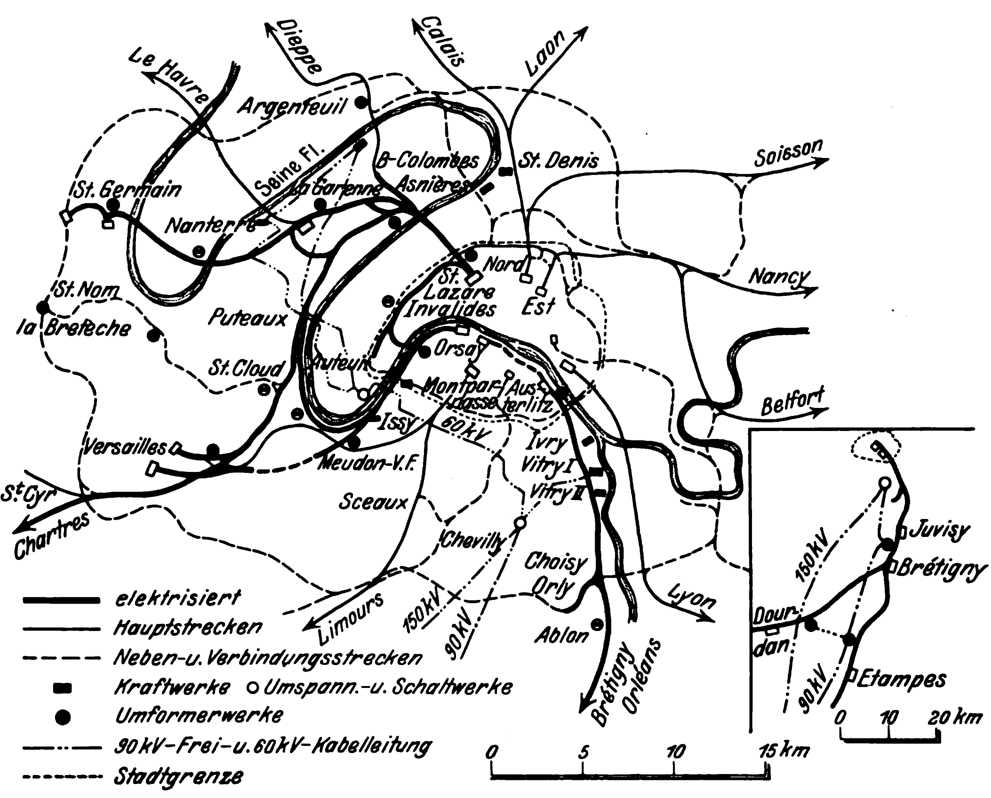


Abb. 6. Übersichtskarte des Pariser Vorortbahnnetzes.

verkehrstarken Stunden hat der Bahnhof St. Lazare über 30 000 Personen/h abzufertigen, die anderen Bahnhöfe 15 000 ... 20 000. Dabei gestatten die örtlichen Verhältnisse auf den in der inneren Stadt liegenden Bahnhöfen keine bequeme Verlängerung oder Vermehrung der Bahnsteige, so daß der elektrische Betrieb ein vorzügliches Mittel war, der drohenden Verstopfung der Bahnhöfe abzuhelfen. Die Anzahl der täglich ein- und abfahrenden Züge konnte auf St. Lazare nach erfolgter Elektrisierung von nur 12 Bahnsteigen von 450 auf 700 gesteigert werden; in verkehrstarken Perioden gehen hier 44 elektrische Züge in einer Stunde ab. Ein elektrischer Zug verweilt nur 4 min am Bahnsteig des Endbahnhofs, was nur die Verwendung der neuen Betriebsmittel mit breiten, mechanisch betätigten Türen, besonders aber die Möglichkeit der sofortigen Richtungsänderung des Zuges gestattet. Außerdem wurde das Zusammen- und Auseinandersetzen der aus mehreren Zugeinheiten bestehenden Züge in den Abzweigstationen ermöglicht. Für die weitere Betriebsverstärkung wird am St. Lazare wahrscheinlich nur die Anordnung eines Untergrundbahnhofes übrig bleiben (vorläufig sind 8 elektrisierte Untergrundbahnsteige geplant).

Die in dem Staatsbahnnetze elektrisierten Strecken sind: St. Lazare—Versailles und St. Lazare—St. Germain, Pont Cardinet—Auteuil (Teil der engeren Pariser Ringbahn), Puteaux—Issy und Invalides—Versailles, mit zusammen 90 km Bahnlänge. Die Energieversorgung erfolgt noch durch die zwei alten bahneigenen Kraftwerke Nanterre und Moulineaux (beide zu je 4 × 5000 kW), die der Union d'Electricité (U. E.) vermietet sind, den Strom von 25 Hz bei 15 kV einem die 19 Bahnunterwerke verbinden

den Kabelnetz liefern und auch auf das Hauptnetz der U. E. (Werke Gennevilliers und Vitry) mittels Periodenumformer angeschlossen sind. Jedes Bahnumformerwerk hat 3 ... 4 Einankerumformer von 1000 kW, 750/650 V; die Umformerwerke Pont Cardinet und Asnières besitzen solche von 1500 kW, jenes in Meudon-Val-Fleury hat auch Quecksilberdampf-Großgleichrichter von 1000 kW. Die für die Stromzufuhr unter 600 V verwendete dritte Schiene war in ihrer älteren Ausführung zur Stromabnahme von unten eingerichtet. Für die neueren Strecken wurde eine Stromabnahme von oben gewählt (Kraftrichtung des Stromabnehmers nach unten gerichtet). Diese neue Type der dritten Schiene wiegt 76 kg/m, hat einen Querschnitt von 9500 mm² und einen Widerstand von 0,012 Ω/km. Die 11 oder 18 m langen Schienen sind zusammengeschweißt, auf Basaltisolatoren und Holzunterlagen gelegt, durch eine Holzbekleidung geschützt und auf je 200 m mit Dilatationsstücken versehen.

Auf der Strecke Invalides—Versailles werden zur Beförderung der Züge elektrische Lokomotiven B-B[1], auf den übrigen Vorortbahnstrecken nur Triebwagen verwendet. Die erste Serie von zweimotorigen Triebwagen zu 470 PS Leistung ist seit 1912 im Betrieb; eine zweite Serie mit vier Motoren zu je 120 kW folgte im Jahre 1921. Die neueste (vierte) Serie von 95 Triebwagen hat zwei Drehgestelle mit je zwei ganzgeschlossenen Motoren von 120 kW Dauerleistung, die mittels Zahnradübersetzung die 1100 mm-Triebräder antreiben. Die Gesamtlänge des Triebwagens ist 19 920 mm, Breite des Wagenkastens 2950 mm, Achsenabstand der Drehgestelle 3000 mm, Abstand ihrer Drehpunkte 12 460 mm. Die Maximalgeschwindigkeit beträgt 75 km/h mit geschwächtem, 65 km/h mit vollem Felde. Die Steuerung ist eine elektropneumatische mit selbsttätiger Fortschaltung. Die Hauptkurbel der Steuerwalze hat demnach nur drei Stellungen (Reihen-, Parallel- und vollständige Reihenschaltung für langsame Fahrt in den Bahnhöfen). Der Triebwagen hat außer der Führerkabine ein Gepäckabteil, welches auch Fahrgäste aufnehmen kann, ein Raucher- und ein Nichtraucherabteil 2. Klasse mit zusammen 82 Sitz- und 100 Stehplätzen. Sein Gewicht ist 57 t (312 kg/Platz). Zu jedem Triebwagen gehört ein Anhängewagen, beide bilden eine Zugeinheit; die Abmessungen und das äußere Aussehen der Anhängewagen sind dieselben wie die der Triebwagen. Eine kleine Führerkabine befindet sich am Rückende der Zugeinheit. Der Anhängewagen hat ein Abteil 1. und eins 2. Klasse mit zusammen 90 Sitz- und 97 Stehplätzen und wiegt 37 t (188 kg/Platz). Innenseitig haben die zusammengehörigen Trieb- und Anhängewagen eine gewöhnliche Handkupplung; die beiden Enden jeder Zugeinheit sind mit selbsttätigen Wagenkupplungen System Boirault versehen. Zur Heizung jedes Wagens dienen 30 Heizkörper von je 480 W. Die Betätigung der Schiebetüren erfolgt pneumatisch. Ende 1928 waren 39 Lokomotiven und 190 Triebwagen im Dienst; für die Unterhaltung der elektrischen Betriebsmittel dient das große Ausbesserungswerk in La Garenne[2].

Die Elektrisierung der der Paris-Orléans-Bahngesellschaft angehörigen Vorortstrecken (Paris—Brétigny 36 km, Brétigny—Dourdan 24 km, Brétigny—Etampes 20 km und Choisy—Orly 4 km) ist mehr im Rahmen der allgemeinen Elektrisierung dieser Gesellschaft zu betrachten[3]. Nach der Elektrisierung des Untergrundbahnhofs Orsay (1900) und nach der Einführung einiger elektrischer Züge bis nach Juvisy (23 km im Jahre 1904) wurde im Jahre 1925 mit der allgemeinen Elektrisierung begonnen. Zur Energieerzeugung wurden oder werden künftig die 450 km entfernten Wasserkraftwerke Eguzon (50 000 kW, 58 m Gefälle), Coïndre (25 000 kW, 120 m), La Cellette (25 000 kW, 42 und 80 m) und Vernéjoux (60 000 kW, 60 m) im Zentralmassiv erbaut. Der Strom wird durch eine 150 kV-Leitung in das Umspannwerk Chevilly bei Paris geführt (Abb. 1), hier auf 60 und 90 kV herabtransformiert, um mit dieser Spannung die Bahnumformerwerke zu speisen. Chevilly ist außerdem durch eine 60 kV-Einphasenkabelleitung (150 mm²) mit den obengenannten Werken der U. E. verbunden, hat Einphasentransformatoren von je 8333 kVA, ist auch mit Synchronkondensatoren 15 000 kVA, 6000 V, 600 U/min ausgerüstet und für einen späteren Ausbau bis 200 000 kVA und 220 kV vorgesehen. Die auf den Vorortstrecken 15, auf den Hauptstrecken 25 km voneinander entfernten Umformerwerke haben Einankerumformer von 1000 kW, 550/750 V, 600 U/min, die zu zwei in Reihe geschaltet die Betriebspannung 1500 V ergeben und eine einstündige Überlastung mit 1500 kW sowie eine dreiminutige mit 3000 kW ertragen. Die Dreiphasenluft-Transformatoren haben je 2100 kW-Leistung. Die beiden ersten Umformerwerke, Austerlitz und Ablon, werden jedoch direkt von Vitry aus mit 13 000 V (Einphasenkabel) gespeist und haben eine Leistung von 8000 kW.

Auf allen Vorortstrecken der P.-O.-Bahn wird die dritte Schiene verwendet; es wurde wie bei den Staatsbahnen Stromabnahme von oben gewählt. Die Schiene hat einen Querschnitt von 5400 mm², einen Widerstand 0,022 Ω/km und wiegt 42 kg/m. Die auch für die Hauptlinienzüge dienenden Strecken sind außerdem mit Oberleitung ausgerüstet. Auf der bis nach Orléans viergleisigen Strecke sind die dritten Schienen einzeln isoliert (+ Pol), die als Rückleitung dienenden Gleise alle gekuppelt. Alle 7 km ist jede dritte Schiene sektioniert, alle 3,5 km ist eine elektrische Verbindung der parallel verlaufenden Schienen vorgesehen. Von jedem Umformerwerk ist eine größere Anzahl von Schaltern zu betätigen. Um eine allzu große Anzahl von Hilfsleitungen zu vermeiden, wurde ein den selbsttätigen Fernsprechanlagen entnommenes Selektionssystem zur Fernbetätigung verwendet. Es ist gelungen, mit vier Hilfsleitungen bis 98 Schalter zu betätigen. In jedem Umformerwerk ist auf einem Schema die Lage jedes zugehörigen Schalters wiedergegeben. Im Notfalle können die Schalter von kleinen, je 300 m auf der Strecke angeordneten Schaltkästen aus betätigt werden.

Ende 1928 waren 220 Lokomotiven[1] und 93 Triebwagen auf den P.-O.-Strecken im Betrieb. Der Strombedarf erreichte 123 Mill kWh, wovon 60 % die obengenannten Wasserkraftwerke lieferten. Für die Vorortstrecken werden ausnahmslos besondere, aus einem Trieb- und zwei Anhängewagen bestehende Zugeinheiten verwendet, die bis zu drei zusammengekuppelt werden können. Die mit zwei Drehgestellen versehenen Triebwagen haben vier Motoren zu 140 kW Dauer- und 182 kW Stundenleistung, die, auf 750 V gewickelt, zu zweien in Reihe geschaltet sind und über Zahnradübersetzung 70 : 21 die 1100 mm-Triebräder antreiben. Bei 45 km/h liefern sie 5920 kg Zugkraft einstündig, oder bei 51,5 km/h 3980 kg in Dauerbetrieb. Ein Motorgenerator von 3,6 kW liefert bei 72 V den Hilfstrom für die Relais der elektropneumatischen Steuerorgane und für die Beleuchtung; der Kompressor hat 9 kW Leistung. Die Stromabnehmer für die dritte Schiene sowie die Scherenabnehmer sind pneumatisch betätigt. Die Gesamtlänge des Triebwagens ist 21 100 mm, die Länge des Wagenkastens 19 900 mm, sein Gewicht 61 t. Die Steuerung ist mit selbsttätiger Fortschaltung mit drei Relais versehen, so daß der Führer nur eine Vorwärts- und Rückfahrtkurbel und eine Hauptkurbel mit fünf Stellungen zu bedienen hat. Diese fünf Stellungen sind: Fahrt in Reihenschaltung, selbsttätiges Anfahren in Reihenschaltung, Fahrt mit geschwächtem Feld in Reihenschaltung, dgl. in Parallelschaltung und selbsttätiges Anfahren bis zum schwächsten Feld in Parallelschaltung. Alle Hilfsmaschinen sind mit Druckknopffernsteuerung versehen. Nicht benutzte Führerkabinen eines mehrgliedrigen Zuges können auch Fahrgäste aufnehmen.

Von den Anhängewagen ist der mittlere 1. und 2. Klasse, der zweite ist wie der Triebwagen 3. Klasse. Ein aus zwei Zugeinheiten gebildeter Zug wiegt bei 127 m Länge 266 t und kann 950 Fahrgäste, davon 550 sitzend, aufnehmen (280 kg/Platz). Ein aus drei Zugeinheiten bestehender Zug hat 190 m Länge, wiegt 400 t und nimmt 1465 Fahrgäste (825 sitzend) auf (271 kg/Platz). Die elektrische Verbindung des Zuges erfolgt durch ein 7adriges Kabel für den Hilfstrom der Steuerung, ein 13adriges Kabel für die Hilfsmaschinen und eine 1500 V-Heizleitung; zwei Druckluftleitungen verbinden die Steuerorgane und die Druckluftbehälter der Triebwagen.

Die bisherigen Erfolge der teilweisen Elektrisierung der Pariser Vorortbahnen können, was die Leistungserhöhung der Bahnhöfe, die Vergrößerung der Betriebsgeschwindigkeit und die Bequemlichkeit anbelangt, als befriedigend bezeichnet werden. Nur die Unterhaltungskosten scheinen die Erwartung etwas zu überschreiten. In nächster Zukunft sollen die übrigbleibenden Staatslinien bis nach Argenteuil und St. Nom-La Bretèche elektrisiert werden; für die aus Montparnasse ausgehenden Strecken erwartet man die endgültige Entscheidung über die Erweiterung oder Verlegung dieses Bahnhofes. Nach der vorgenommenen Fusionierung der beiden, die Untergrundbahnen in der inneren Stadt betreibenden Gesellschaften (Métropolitain und Nord-Sud) soll von denselben die Strecke Sceaux—Limours übernommen und auf elektrischen Betrieb eingerichtet werden. Voraussichtlich werden dann die Vorortstrecken der Paris-Lyon-Marseille-Bahngesellschaft, welche im Gegensatz zu der P.-O.- und Staatsbahn nicht von Paris aus, sondern auf ihren Alpen-

[1] ETZ 1927, S. 1154; 1928, S. 1072.
[2] ETZ 1927, S. 1463.
[3] ETZ 1920, S. 957; 1926, S. 1301; 1927, S. 20.

[1] ETZ 1928, S. 1072.

strecken mit der Elektrisierung begonnen hat[1], an die Reihe kommen, wogegen mit einer Elektrisierung der Nord- und Oststrecken noch lange nicht gerechnet werden kann. *—ak.*

Elektrische Zugförderung in England. Der Bericht des englischen Verkehrsministeriums über den Verlauf des Jahres 1928 im Eisenbahnwesen von Großbritannien enthält auch Angaben über die elektrische Zugförderung. Danach findet in England auf 203 km Streckenlänge ausschließlich elektrischer Betrieb statt, während auf Strecken von 691 km Länge neben elektrisch gezogenen auch Dampfzüge verkehren. Im ganzen sind 2397 km Gleis für elektrischen Betrieb ausgerüstet. Die Bahnen, auf denen ausschließlich elektrisch gefahren wird, sind im wesentlichen die Londoner Untergrundbahnen, während unter denjenigen mit gemischtem Verkehr die Südbahn, alle anderen weit hinter sich lassend, an erster Stelle steht. Bei ihr sind 385 km Strecke mit dritter Schiene zur Stromzuführung ausgestattet, und erst in weitem Abstand folgt die London- und Nordostbahn mit 79 km. Die letztgenannte Eisenbahn, die Metropolitan und die Metropolitan District-Eisenbahn besitzen zusammen 40 elektrische Lokomotiven, im übrigen findet der Betrieb mit Triebwagen statt, von denen 2182 vorhanden sind. Die Zahl der Anhänger, die ausschließlich für elektrischen Betrieb verwendet werden, also ohne die Wagen, die aus der Zeit des reinen Dampfbetriebs herrühren, aber in elektrische Züge eingestellt werden, beträgt 2750. Auch hier steht die Südbahn mit 720 Triebwagen und 754 Anhängern an erster Stelle, wenn man ihr die Londoner Untergrundbahnen einzeln gegenüberstellt. Faßt man jedoch die vier Untergrundbahnen, die vereinigt die sogenannte Untergrundgruppe bilden, mit der Metropolitan-Eisenbahn zusammen, so ergibt sich ein Bestand von 970 Trieb- und 1084 Beiwagen, die den Londoner Schnellverkehr bedienen. Die elektrischen Lokomotiven haben im Jahre 1928 1 240 100 km, die Triebwagen 170 095 204 km geleistet. (Zg. V. Dt. Eisenb.-Verw. Bd. 69 S. 1208.)

Schienenstoßprüfer. — Da das Oberbergamt Dortmund im Hinblick auf die den Schießbetrieb gefährdenden Streuströme wiederholt auf die planmäßige Überwachung der Schienenstöße hingewiesen hat, lag Bedarf an einem geeigneten Gerät vor, das die Messung des Schienenstoß-Widerstandes mit dem Betriebstrom möglichst einfach und rasch gestattet. Die Elektroapparate G. m. b. H., Essen, baut daher eine aus Abb. 7 ersichtliche Einrichtung, die

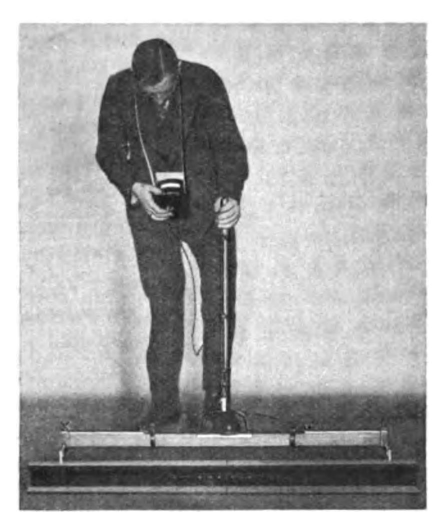


Abb. 7. Schienenstoßprüfer.

nach dem Spannungsabfallverfahren arbeitet. Ein Gestell ist mit zwei zwischen 0,7 und 1,2 m verschiebbaren Stahlschneiden versehen, deren einwandfreie Anpressung an den Schienenkopf der in der Gestellmitte angebrachte Tritt ermöglicht. Man stellt zunächst die Schneiden auf ein Zehntel der Länge der verlegten Einzelschienen, also z. B. bei 8 m-Schienen auf 80 cm Entfernung ein. Nachdem dann die Strecke gegebenenfalls durch künstliche Belastung unter Strom gesetzt ist, wird der Ausschlag an dem an die Schneiden angeschlossenen Drehspul-Millivoltmeter abgelesen und hiermit der Ausschlag am Schienenstoß verglichen. Das Gewicht des Schneidengestells beträgt 3,4 kg, das des Millivoltmeters 1,4 kg. *Ka.*

[1] ETZ 1921, S. 438; 1927, S. 1339, 1576, 1776; 1928, S. 1072.

Bergbau und Hütte.

Die elektrische Getriebe-Fördermaschine. — Der Antrieb über Zahnradvorgelege ist bei größeren Fördermaschinen für Hauptschächte bisher wenig zur Anwendung gekommen. Die Gründe hierfür liegen in der für kleinere Fördermaschinen üblichen Ausführung der Zahnräder, deren Übertragung auf Fördermaschinen größerer Leistung zu Mißerfolgen führen muß. Die Zahnräder kleiner Maschinen werden in der Regel nach einem Formverfahren hergestellt, wobei das Fräsen mit Hilfe des Fingerfräsers am häufigsten angewendet wird. Die durch

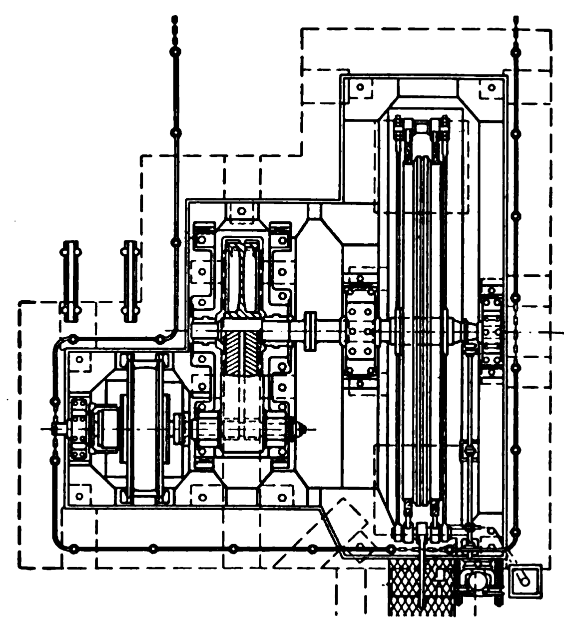


Abb. 8. Getriebefördermaschine mit gesondert gelagertem Getriebe.

dieses ungenaue Herstellungsverfahren verursachten Teilungs- und Flankenfehler führen zu zusätzlichen Beschleunigungsdrücken, die Schwingungserscheinungen auslösen, die außer zu einer unangenehmen Geräuschbildung zu Überbeanspruchungen des Materials und damit zu Flankenabnutzungen und zu Zahnbrüchen führen können. Eine Verzahnung ohne diese Fehler kann nur nach dem Abwälzverfahren hergestellt werden. Im Getriebebau am üblichsten ist die Herstellung der Verzahnung mit Hilfe eines Schneckenfräsers, wobei das zu bearbeitende Zahnrad sich gleichlaufend fortbewegt, so daß keinerlei Schaltbewegungen erforderlich sind. Um einen einwandfreien Lauf zu erzielen, ist es erforderlich, daß das Rad, das einteilig auszuführen ist, genau senkrecht auf der Radachse steht. Dies ist nur erreichbar, wenn die Welle in das Rad eingezogen und der Radkörper vor dem Schneiden der Zähne nach den bereits fertig bearbeiteten Laufflächen der Welle ausgerichtet wird. Dadurch wird bedingt, daß das Rad eine Welle für sich erhalten muß, die mit der Welle der Fördermaschine durch eine Kupplung zu verbinden ist.

Um die Durchbiegung der Getriebewellen so gering wie nur irgend möglich zu halten, müssen die Lager ganz dicht an Rad und Ritzel herangerückt werden. Bei Fördermaschinen ist dabei besonders zu beachten, daß das Rad nicht unter dem Einfluß des Seilzuges schief gestellt wird. Eine Schrägstellung stört den einwandfreien Eingriff und macht ruhigen Lauf unmöglich. Infolgedessen ist eine Lagerung der Hauptwelle, die das Treibmittel, Koepescheibe usw. und das Rad trägt, in zwei Lagern unzulässig. Am besten ist die Lagerung in vier Lagern derart, daß das Rad und das Treibmittel je zwischen zwei Lagern laufen und sowohl das Rad als auch das Treibmittel je eine Welle für sich erhalten, die durch eine starre Flanschkupplung miteinander verbunden werden. Selbstverständlich soll auch das Ritzel zwischen zwei Lagern laufen. Diese Anordnung macht es möglich, fertige Getriebe zu verwenden, wie sie von den Getriebefirmen hergestellt werden. Die Anordnung der Lager unmittelbar neben den Rädern führt zwangläufig dazu, die Lager mit dem Getriebegehäuse zusammenzubauen. Dies ergibt eine

Ausführung nach der Abb. 8, die eine Getriebefördermaschine nach einem Entwurf der Demag und der SSW darstellt.

Ein Vergleich der Preise einer Reihe von Getrieben mit den dazugehörigen Motoren hat ergeben, daß sich eine Steigerung der Übersetzung über 9 : 1 bis 10 : 1 nicht lohnt. Die Kurven der Abb. 9 zeigen, wie sich der Preis für das Getriebe allein und für das Getriebe und Motor mit dem Übersetzungsverhältnis ändert. Selbstverständlich ist die Ausführung mit hochwertigen Getrieben teurer als mit gewöhnlichen Zahnrädern. Trotzdem ist die Wirtschaftlichkeit der Getriebefördermaschine gegeben. Die Kosten für das Getriebe und den Motor betragen bei kleineren Drehmomenten etwa 70 ... 75 % der Kosten des langsamlaufenden Motors für unmittelbaren Antrieb und bei größeren Drehmomenten etwa 77 ... 83 %.

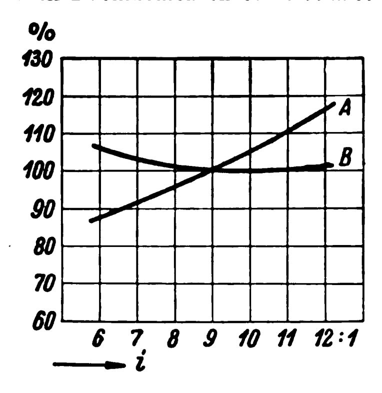


Abb. 9. Abhängigkeit des Preises für das Getriebe allein (*A*) und für Getriebe mit Motor (*B*) vom Übersetzungsverhältnis.

Der Energieverbrauch wird durch den Getriebeantrieb nicht ungünstig beeinflußt. Mit erstklassigen Getrieben wird ein Wirkungsgrad von 97 ... 99 % erreicht. Da außerdem der Wirkungsgrad der schnellaufenden Motoren besser ist als der der Langsamläufer, so wird der Gesamtwirkungsgrad der Getriebeanlage nicht ungünstiger als der der unmittelbar angetriebenen, er kann sogar besser werden. (H. Hochreuter, El. i. Bergb. Bd. 4, S. 101 u. 127.) *Sb.*

Fernmeldetechnik.

Das neue Berliner Funkhaus. — Das neue Funkhaus, dessen Grundsteinlegung am 29. V. d. J. feierlich begangen wurde, wird an der Masurenallee in Charlottenburg von der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft und der Funk-Stunde AG. gemeinsam erbaut. Der Entwurf des Gebäudes (Abb. 10) stammt von Prof. H. Poelzig. Der Neubau wird die Büroräume dreier Gesellschaften, der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft, der Funk-Stunde AG. und der Deutsche Welle G. m. b. H. enthalten, ferner Senderäume, ein Rundfunkmuseum und die technische Abteilung der Reichs-Rundfunk-Gesellschaft. Der Sendung wird ein großer Sendesaal von etwa 40 × 21 m dienen, ferner zwei mittelgroße Säle und zahlreiche kleine, letztere besonders für Versuchszwecke. *nkl*

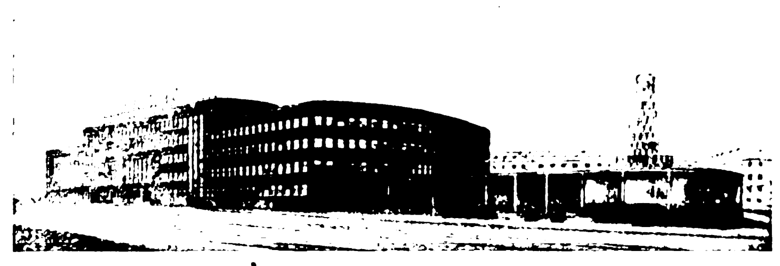


Abb. 10. Das neue Berliner Funkhaus (Entwurfsskizze).

Über die Beeinflussung von Fernsprechanlagen durch Gleichrichter. — Durch induktive Einwirkung des Wellenstromes, der bei mit Gleichrichtern betriebenen Bahnen dem Gleichstrom überlagert ist, entstehen Störgeräusche. Ihre Stärke hängt im allgemeinen von der Symmetrie der Fernsprechleitung gegen Erde und gegen die beeinflussende Leitung ab. Um die Geräusche auf den als zulässig erachteten Wert von 5 mV Geräuschspannung herabzudrücken, genügt eine Symmetrierung der Fernsprechleitung durch häufiges Kreuzen in vielen Fällen nicht. In solchen Fällen kann nur Verkabelung der Leitung Abhilfe bringen; bei neuzeitlichen Fernsprechkabeln kann immer eine ausreichende Symmetrie erreicht werden, auch läßt sich durch besondere Ausbildung des Kabelmantels eine sehr hohe Schutzwirkung erreichen. Durch Abschluß solcher symmetrischer Kabeladerpaare durch Ringübertrager wird eine Abtrennung von etwa unsymmetrischen Amtsteilen erreicht und damit vermieden, daß durch die Ämter Störungen verursacht werden. Dies ist jedoch nur im Fernverkehr möglich. Dagegen ist es nicht zu vermeiden, im Ortsverkehr oder Verbindungsverkehr Leitungen unsymmetrisch zu betreiben. A. Zastrow bespricht einige Fälle, in denen im Ortsverkehr unsymmetrische Schaltungen notwendig sind. Bei der Verwendung von Zentralbatterien zur Speisung der Sprechstellenmikrophone muß die Amtsbatterie aus Betriebsgründen zur Durchführung der zahlreichen Signalisierungsvorgänge geerdet werden. Die infolge der Erdung fließenden Ströme verursachen bei nicht vollständig gleichen Scheinwiderständen der Leitungszweige Spannungsdifferenzen, die sich als Störspannungen auswirken. Solche Unterschiede sind bei der Massenherstellung der Relais nicht ganz zu vermeiden. Auch Kontaktwiderstände spielen u. U. eine Rolle. Am ungünstigsten liegen die Verhältnisse bei den eingehend besprochenen Nebenstellenanlagen der Reichspost. Hier erfolgt die Mikrophonspeisung mit Gleichstrom vom Amt für die Hauptstelle über einen Leitungszweig und Erde, für die Nebenstellen über den zweiten Zweig und Erde. Für Gleichstrom werden beide Leitungswege durch Kondensatoren voneinander getrennt, die für den beeinflussenden Wechselstrom sehr starke Unsymmetrien bedeuten. Die Unsymmetrie solcher Schaltungen ist sehr groß, bis zu 30 %. Abhilfe bringen besondere Drosseln im Erdkreis oder 3. Leitung statt der Erde als Rückleitung. Weitere Unsymmetrien kommen beim Verbindungsverkehr und Selbstanschlußverkehr verschiedener Ämter vor. Auch bei der Automatisierung des Fernverkehrs kommen Beeinflussungen vor, deren Beseitigung erhebliche Mittel erfordert. Die meisten Störungen treten in großen Städten auf, in denen ausgedehnte Straßenbahnnetze die Teilnehmer- und Amtsverbindungsleitungen, insbesondere die Leitungen zu den Teilnehmernebenstellen beeinflussen. (A. Zastrow, Elektrizitätswirtsch. Bd. 28, S. 35.) *Bda.*

Physik und theoretische Elektrotechnik.

Über den Barkhauseneffekt. — Als Barkhauseneffekt bezeichnet man bekanntlich die Erscheinung, daß ein ferromagnetisches Material in einem stetig wachsenden Felde unstetige Zunahmen der Induktion zeigt, die man durch gleichzeitiges Umklappen einzelner Gruppen von Elementarmagneten deutet. Wie sich diese Effekte auf die Hysteresisschleife verteilen, wurde von Pfaffenberger quantitativ untersucht. Das stetig sich ändernde Feld wurde durch langsames Nähern der Materialprobe an einen großen Elektromagneten erreicht; eine Spule auf der Probe erlaubte eine Vormagnetisierung, durch die die Probe auf jeden gewünschten Punkt der Hysteresisschleife gebracht werden konnte. Die Induktionsänderungen wurden an einer zweiten Spule durch die induzierten Spannungsimpulse gemessen, die nach 800 ... 1000facher Verstärkung mit einem Saitengalvanometer photographisch registriert wurden. Die Zahl der Impulse erwies sich als abhängig von der Geschwindigkeit der Feldänderung; die Summe der Amplituden dagegen war für eine bestimmte Feldänderung von der Geschwindigkeit unabhängig. Im wesentlichen drängen sich die Effekte auf die steilen Teile der Hysteresiskurve zusammen, doch scheint keine einfache Beziehung zwischen dem Barkhauseneffekt und den Wärmeverlusten zu bestehen. Immerhin zeigt die Verteilung der Effekte große Ähnlichkeit mit der Verteilung der Wärmeentwicklung, so daß für verschiedene Stellen derselben Magnetisierungskurve ein Zusammenhang bestehen kann. Bei verschiedenem Material, z. B. hartem und weichem Nickel, zeigt dagegen das weichere Material unter Umständen den größeren Barkhauseneffekt. Der Verfasser untersucht ferner die mittlere räumliche Ausdehnung des Gebiets, in dem die Molekularmagnete gleichzeitig umklappen. Mit Hilfe makroskopisch künstlich nachgebildeter Effekte wurde als Länge eines Kohärenzgebietes etwa 3 mm gefunden, ein Wert, der wesentlich größer ist als die von anderen Autoren gefundenen Längen. (J. Pfaffenberger. Ann. Phys. Bd. 87, S. 737.) *Br.*

Kurze ungedämpfte elektrische Wellen. — Sehr kurze elektrische Wellen bis zur Größenordnung von 1 m lassen sich experimentell in der Rückkopplungsschaltung verwirklichen. Darüber hinaus ist es bekanntlich Barkhausen und Kurz gelungen, den Wellenbereich zu erweitern, indem sie an das Gitter eine hohe positive Spannung, an die Anode dagegen negative Spannung legten. Die Verhältnisse in der Schaltung von Barkhausen und Kurz sind noch keineswegs geklärt. Während Barkhausen und Kurz finden, daß der äußere Kreis keinen Einfluß auf die Frequenz hat, haben Gill und Morell bei ihren Versuchen eine Abhängigkeit von den äußeren Leitungsführungen festgestellt. Mit der Untersuchung dieser Fragen befassen sich eine Reihe von Arbeiten. K. Kohl gelingt es, auch nach der Rückkopplungsschaltung kürzere Wellen zu erhalten. Er geht dazu von der Kühn-Huthschen Schaltung aus, die zur Rückkopplung die innere Gitter-Anodenkapazität benutzt. Durch Verkürzung der Zuleitungen und Verkleinerung der Gitter- und Anodenlänge gelingt es ihm, bei Anodenspannungen bis 760 V und Anodenströmen bis zu 40 mA ungedämpfte elektrische Wellen bis zu einer Wellenlänge von etwa 60 cm zu erregen. Beim Übergang zur Gitterschaltung von Barkhausen-Kurz konnte er eine Kurzwellenröhre konstruieren, die bei 600 V Gitterspannung und 20 mA Gitterstrom Wellen mit meßtechnisch ausreichender Energie bis zu einer Wellenlänge von 30 cm erzeugt. Anode und Gitter sind zwei 5 mm lange Spiralen mit je 5 Windungen, deren etwa 20 mm lange Haltstreben die Selbstinduktion bilden. Zum Schließen des Schwingungskreises ist ein kleiner Platten-Glimmerkondensator in das Vakuum eingebaut. Für die Wirkungsweise der beiden Schaltungen entwickelt Kohl eine Theorie, wonach für den Fall, daß die Elektronenlaufzeit in der Röhre von der Größenordnung der erzeugten Schwingung wird, die Röhre einen negativen Widerstand erhält. Dieser kommt dadurch zustande, daß die nicht mehr stationäre Elektronenbewegung durch Influenzwirkung Energie an den zu erregenden Schwingungskreis abgibt. Die Röhre besitzt also für extrem kurze Wellen eine wesentlich andere Art der Schwingungserzeugung als für lange Wellen.

Auch L. Bergmann konstruiert einen Kurzwellenerzeuger nach der Rückkopplungsschaltung, der die Wellenlänge von einigen Metern kontinuierlich bis zu etwa 82 cm zu ändern gestattet. Er benutzt die Dreipunktschaltung und die von der Compagnie des Campes, Paris, unter der Bezeichnung TMC hergestellte Röhre, bei der Gitter- und Anodenausführungen getrennt von der Heizleitung auf der anderen Seite aus der Röhre münden.

Die Frage, wie sich die Differenzen in den Versuchen von Barkhausen und Kurz einerseits, Gill und Morell anderseits erklären, untersucht eingehend H. E. Hollmann. Er findet vier verschiedene Frequenzbereiche. Herrschen zwischen den Elektroden stationäre Bremsfelder, so treten Elektronenschwingungen auf, deren Frequenz allgemein mit wachsender Feldstärke zunimmt. Aus den Spannungen und Röhrenabmessungen lassen sich die Wellenlängen berechnen, u. zw. unter der Voraussetzung, daß die Elektronen um das Gitter herumpendeln: Barkhausen-Kurz-Schwingungen. Liegt an den Röhrenelektroden ein elektrisches Schwingungssystem, so werden die Gleichfelder von Wechselfeldern überlagert. Dies führt zu einer Steigerung der Elektronenfrequenz, und es findet ein Aufschaukelprozeß statt, der mit der Eigenfrequenz des Schwingungssystems seinen Endzustand erreicht: Gill-Morell-Schwingungen. Zwischen beiden Schwingungsformen herrscht ein Gebiet stetigen Übergangs, wo die Frequenz weder der Eigenwelle des Schwingungssystems noch den Gesetzen von Barkhausen—Kurz folgt. Bei engmaschigem Gitter können bei den Barkhausen-Kurz-Schwingungen solche höherer Frequenz auftreten, die sich nicht mehr im Anode-Kathoderaum, sondern ausschließlich im Anode-Gitterraum abspielen. Von diesen Elektronenschwingungen höherer Frequenz lassen sich wiederum Gill-Morell-Schwingungen höherer Frequenz anregen. Die erforderliche hohe Abstimmung des Elektrodensystems wird durch Erregung in der Halbwelle erhalten. So konnten mit verhältnismäßig großen Elektroden von 18 mm Außendurchmesser Wellen unter 20 cm Länge und von beträchtlicher Energie erhalten werden, wobei der ganze hochfrequente Schaltungsaufbau ins Vakuum eingeschlossen war. H. E. Hollmann beschreibt auch einen Kurzwellenerzeuger, der die von Bergmann benutzte TMC-Röhre verwendet. Durch Abstimmung eines äußeren Schwingungssystems unter entsprechender Erhöhung der Betriebsspannung läßt sich mit ihm die Wellenlänge bis auf 36 cm stetig verringern. Außerdem treten Schwingungen auf, deren Frequenzbereich etwa eine Oktave höher liegt, und die durch Abstimmung der Gitterleitung verstärkt werden können. Die kürzeste in diesem Bereich noch meßbare Welle betrug 13,2 cm.

Eine Theorie der Gill-Morell-Schwingungen entwickelt endlich O. Pfetscher, der auch von einer Influenzwirkung der in der Röhre bewegten Elektronen ausgeht und den Einfluß der Dämpfung sowie die Abhängigkeit der Wellenlänge von der Gitterspannung abschätzt. (K. Kohl, Ann. Phys. Bd. 85, S. 1. — L. Bergmann, Ann. Phys. Bd. 85, S. 961. — H. E. Hollmann, Ann. Phys. Bd. 86, S. 129 und 1062. — O. Pfetscher, Phys. Z. Bd. 29, S. 449.) *Br.*

Verfeinerung der W. Thomsonschen Kabeltheorie. — Von W. Thomson sind Einschaltstrom und Einschaltspannung für ein induktivitätsfreies Kabel berechnet worden. Die Einschwingvorgänge für ein induktives Kabel weichen um so weniger von den Vorgängen auf dem äquivalenten Thomsonkabel ab, je kleiner die Induktivität ist. Der Verfasser entwickelt nun für kleine Werte der Selbstinduktion Einschaltstrom und Einschaltspannung nach Potenzen von $\lambda = \frac{L}{l^2 R^2 C}$ (L, R, C Induktivität, Widerstand, Kapazität der Längeneinheit, l Länge).

$$J(x,t) \approx \sum_{\gamma=0}^{\infty} \frac{\lambda^\gamma}{\gamma!} J_\gamma(x,t) \qquad V(x,t) \approx \sum_{\gamma=0}^{\infty} \frac{\lambda^\gamma}{\gamma!} V_\gamma(x,t).$$

($\approx$ asymptotisch gleich)

Die entstehenden Reihen sind semikonvergente Reihen, d. h. es sind divergierende Reihen, deren erste Glieder für hinreichend kleines λ die Funktionen bis auf einen Fehler von der Größenordnung λ^n darstellen. Für die Koeffizienten J_γ und V_γ werden Reihenentwicklungen angegeben, für die auf die Arbeit selbst verwiesen werden muß. Genauer untersucht wird der Fall des Einschaltens einer Gleichspannung. (F. Pollaczek, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 265.) *Br.*

Die scheinbare Änderung der Dielektrizitätskonstanten technischer Isolierstoffe. — Böning geht von der Vorstellung aus, daß die Leitung in Isolierstoffen elektrolytischer Natur sei, und daß an der Grenze zweier Medien, von denen das eine Ionen enthält, ein Teil derselben adsorbiert werde[1]. Die adsorbierten Ionen binden zu ihrer Neutralisation freie Ionen, die in einem Felde hinreichender Stärke abwandern, so daß die adsorbierten Ionen dann ortsfeste Raumladungen bilden. Daraus leitet er eine Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten ε von der Spannung U ab, die durch folgenden Ausdruck dargestellt wird:

$$\varepsilon' = \varepsilon + \frac{4\pi d}{U F} \cdot \frac{q}{2} d.$$

Darin bedeuten d die Dicke, F die Fläche des Dielektrikums und q eine Konstante, welche die Zahl der Ionenladungen in einer Schicht von der Dicke 1 und der Fläche F angibt. Die Prüfung an einer Messung von v. Hoor zeigt gute Übereinstimmung im Bereich mittlerer Feldstärken (5500 ... 100 000 V/cm). Auch für kleine Feldstärken läßt sich Übereinstimmung erzielen, wenn der Ausdruck in folgender Weise erweitert wird

$$\varepsilon' = \varepsilon + \frac{A}{U}(1 - e^{-\gamma U}).$$

(P. Böning, Z. Techn. Phys. Bd. 9, S. 212.) *Br.*

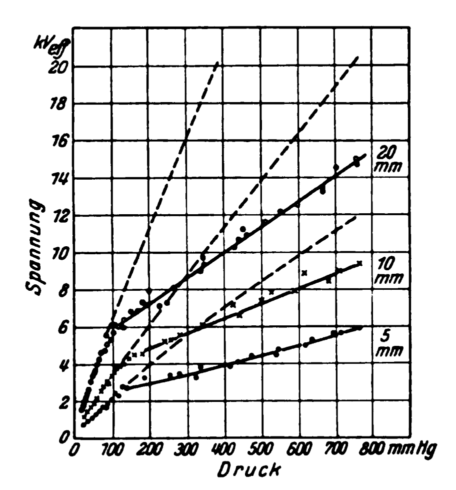
Hochspannungstechnik.

Gleitentladungen bei niederem Druck. — Untersucht man die Gleitentladungen, die sich in der Grenzschicht zwischen einem festen Dielektrikum und der Luft vollziehen, bei allmählich vermindertem Druck, so zeigt sich, daß bei einem gewissen kritischen Druck der Gleitüberschlag aufhört und in einen Luftüberschlag übergeht, der sich nicht mehr an die Oberfläche des Dielektrikums gebunden hält. Die Untersuchungen wurden von M. Iwatake an Porzellan, Glas, Glimmer, Hartgummi und Bakelit vorgenommen. Die Spannung lieferte ein Transformator 50 Hz, der Luftdruck wurde von 760 bis zu 5 mm Hg erniedrigt. Das Dielektrikum war in Form eines Kreiszylinders zwischen Plattenelektroden eingespannt, oder es wurden auf das ebene Dielektrikum Elektroden aufgesetzt. Als Beispiel der Versuchsergebnisse diene Abb. 11; auch die Kurven für den Luftdurchbruch sind gestrichelt eingetragen. Man sieht, wie die Kurve der

[1] Vgl. a. ETZ 1928, S. 1194 u. 1690.



Gleitspannungen bei Erreichen eines gewissen kleinen Druckes in die Luftkurve einmündet. Bei abnehmendem Druck nimmt zwar die Festigkeit des Gleitüberschlagweges allmählich ab, jedoch nicht so stark wie die Festigkeit der benachbarten Luft, so daß bei Erreichen des Grenzdruckes der Überschlag sich von der festen Oberfläche löst. Die nähere Untersuchung des Druckgebietes



——— Gleitüberschlag – – – Luftdurchschlag Temperatur 18...20°

Abb. 11. Gleitüberschlagspannung, abhängig vom Druck, für verschiedene Elektrodenabstände.

zwischen kritischem Druck und 1 at lieferte das Gesetz: die Oberflächen-Überschlagspannung ist proportional dem Produkt von Gleitlänge und Gasdruck. Für Drucke unterhalb des kritischen Druckes gilt das Paschensche Gesetz. (M. Iwatake, J. Inst. El. Engs. Japan 1928, S. 1148.) *nkl*

Rechnungsgrößen für Hochspannungsanlagen. — Für die Berechnung der Betriebsverhältnisse von Hochspannungsanlagen im Regel- und Störungsfalle ist eine ganze Reihe von Formeln und Betriebsdaten notwendig, die sich zum Teil verstreut in der Literatur finden, zum Teil bislang noch nicht veröffentlicht worden sind. Derartige Rechnungen erforderten daher häufig umfangreiche Hilfsrechnungen oder bereiteten dadurch Schwierigkeiten. Um diese zu beheben, hat sich H. Langrehr der mühevollen Aufgabe unterzogen, alle benötigten Angaben zusammenzustellen, sie kurvenmäßig festzulegen und den Rechnungsgang, notfalls durch Beispiele, so zu erläutern, daß auch dem weniger Geübten die Berechnung möglich wird. Die diesbezüglichen Aufsätze des Verfassers[1] wurden erweitert und von der AEG in einem Sonderdruck zusammengefaßt. Naturgemäß ergibt die Rechnung, sobald Angaben über Kabel und Maschinen aufgenommen werden, nur angenäherte, dem zeitweiligen Stande der Technik entsprechende Werte, die indessen dem praktischen Bedürfnis völlig genügen; zudem sind die Fehlergrenzen von Fall zu Fall angegeben.

Die Behandlung der Freileitungen erstreckt sich auf eine Reihe von heute üblichen Mastbildern. In zahlreichen Kurventafeln sind Werte für Kapazität, induktiven und Ohmschen Widerstand, u. zw. für den normalen und den gestörten Zustand der Leitung aufgeführt. Der Schutzwert von Erdseilen wird nach W. Petersen behandelt, für den betriebswichtigen Fall einer Doppelleitung mit einseitigem Betrieb werden Kurven für die Kapazitätsänderungen mitgeteilt. Ebenso wird die Berechnung von gegenseitigen Beeinflussungen durch Kurven erleichtert. Die Rechnungsunterlagen für Freileitungen finden ihren Abschluß durch Kurven, die die Ermittlung der Anfangsspannung und der Strahlungsverluste erlauben. Es folgen dann die für Kabelleitungen nötigen Werte, und schließlich werden für Maschinen und Transformatoren mittlere, auf prozentuale Werte bezogene Kennlinien gegeben. Der letzte Abschnitt behandelt die dynamischen und thermischen Wirkungen von Kurzschlußströmen, gleichfalls unter Benutzung von Kurven. Sämtliche erforderlichen Formeln sind in einer besonderen Abteilung zusammengestellt. — Die beiden Aufsätze in der vorliegenden Zusammenfassung bilden ein vorzügliches Hilfsmittel sowohl für die Projektierung als auch für die betriebliche Überwachung von Hochspannungsanlagen. (H. Langrehr, AEG-Sonderdruck, Nov. 1928.) *nkl*

[1] AEG-Mitt. 1927, S. 452; 1928, S. 277.

Über Lichtenbergsche Figuren. — Mit dem Zweck, Entstehung und Eigenschaften der Lichtenbergschen Figuren weiter zu klären, hat C. E. Magnusson eine Reihe von Untersuchungen begonnen, die z. Z. noch fortgeführt werden. Als Spannungsquelle dient ein „Riemengenerator"[1] nach Abb. 12, der bei einer Riemengeschwindigkeit von rd. 25 m/s steile Stoßspannungswellen bis zu 100 kV lieferte. Es wurden zuerst eine Reihe photographischer Platten auf ihre Empfindlichkeit für die Wiedergabe der Figuren geprüft; als bestgeeignete Sorte erwies

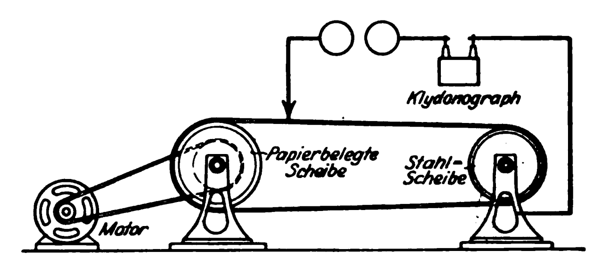


Abb. 12. Erzeugung von Stoßspannungen mittels Treibriemens.

sich die Lumière-Sigma-Platte (deutsche Sorten wurden nicht geprüft). Die weitere Frage, ob Elektronen oder Ionen für die Entstehung der Figuren verantwortlich sind, glaubt der Verfasser dahin beantworten zu können, daß mindestens den ersten Anstoß eine Bewegung von Elektronen bildet, u. zw. an den beiden Polen in entgegengesetzter Richtung. Auch die äußere Betrachtung der Figuren verschiedener Polarität macht vorstehende Annahme glaubhaft, zumal bei Berücksichtigung der hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit der Figuren. Besondere Untersuchungen in dieser Richtung hat jedoch der Verfasser nicht angestellt. Durch einige Versuche wurde jedoch festgestellt, daß die Figuren auf der photographischen Platte auf dem Umweg über ihre Lichterzeugung entstehen. Sie breiten sich ferner in der Grenzschicht Luft-Dielektrikum aus, was sich auch nachweisen läßt, wenn man die Spitzenelektrode auf ein auf der Plattenschicht liegendes Öltröpfchen aufsetzt. Bei Verringerung des Luftdrucks wächst der Durchmesser der Figuren stark an; zumal die positiven Figuren ändern ihr Aussehen sehr, sie werden zu einheitlichen Flecken, ohne die sonst charakteristische feine Verästelung. Ein Gesetz für den Zusammenhang zwischen Figurengröße und Luftdruck konnte noch nicht einwandfrei ermittelt werden. Die Versuche hierüber werden fortgesetzt. (C. E. Magnusson, J. Am. Inst. El. Engs. Bd. 47, S. 828.) *Wi.*

Verschiedenes.

Die elektrischen Einrichtungen auf dem Singapore-Schwimmdock. Das Schwimmdock von Singapore besitzt eine Hebekraft von 50 000 t. Es ist 260,8 m lang, 52,5 m breit und, vom Ponton-Deck aus gemessen, 15,2 m hoch. Zu seiner Herstellung waren nicht weniger als 20 000 t Stahl und 3 500 000 Nieten nötig. Es wurde in 12 Monaten fertiggestellt und, in 2 Abschnitten zerlegt, nach Singapore geschafft.

Die elektrische Anlage des Docks betreibt alle Einrichtungen einer Bauwerft, so daß das Dock in der Lage ist, die Dock- und Reparaturarbeiten in weitestgehendem Umfange selbständig auszuführen. Die obersten Aufbauten enthalten Werkstätten, Kraftanlagen und Aufenthaltsräume für die Besatzung. Das Dock mußte der Ablaufschwierigkeiten wegen in sieben Abschnitten erbaut werden, die aber gleichzeitig als Einzeldocks Verwendung finden können. Diese Tatsache gestaltete die elektrische Installation schwierig. An elektrisch angetriebenen maschinellen Anlagen befinden sich an Bord: Die Pumpenanlage zum Docken, Feuerlöschen und Lenzen des Fahrzeugs, die Ventilationsanlage, außerdem Winden, Krane, Haupt- und Hilfsluftkompressoren, die Werkstattmaschinen, die Eisbereitungsanlagen, sowie die Schweiß- und Lichtanlage; hinzukommen noch Einrichtungen für die verschiedensten Zwecke wie Laden von Batterien beim Docken von Unterseebooten, Telephonanlagen usw.

Bei der Stromverteilung mußte der Hauptforderung Genüge getan werden, daß jeder Einzelabschnitt des Docks von dem Hauptteil abgetrennt und im übrigbleibenden Teil des Docks gedockt werden könnte. Diese Forderung macht es notwendig, das Dock so einzurichten, daß es in zwei Teile mit ganz selbstständigen Stromerzeugungs- und Verteilungsanlagen zerlegt werden kann, die in zwei Dock-

[1] Vgl. Ugrimoff, Der Treibriemen als Hochspannungs-Gleichstromerzeuger. ETZ 1925, S. 1237.



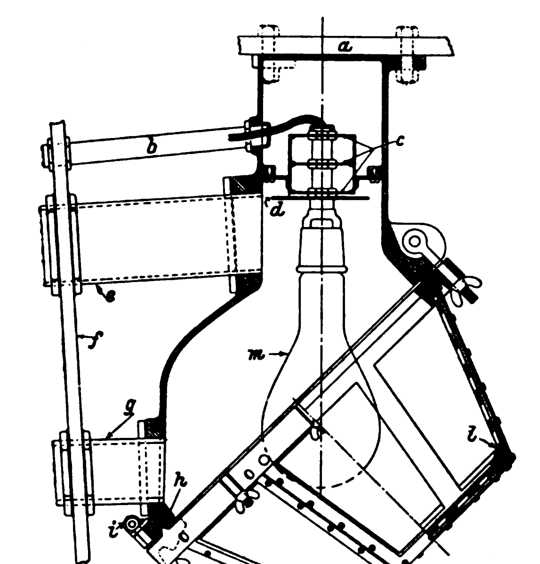
abschnitten untergebracht sind. Es war der Strombedarf für folgende Fälle vorzusehen:

a) Ein Schiff wird eingedockt. Hierbei werden 1542 WPS an Pumpenleistung etwa 4 h lang benötigt und ein geringer Kraftbedarf für Winden, Beleuchtung usw. Diese starke Inanspruchnahme der Pumpenanlage tritt nur wenige Stunden im Jahre ein.

b) Ein Schiff befindet sich im Dock in Reparatur. Hierbei ist die Hauptpumpenanlage außer Betrieb, dafür sind alle anderen Maschinen im Gange, die Tag und Nacht Strom verbrauchen. Dieser Zustand wird viele Stunden im Jahre vorhanden sein.

c) Es befindet sich kein Schiff im Dock. In diesem Falle werden in der üblichen Arbeitszeit Instandhaltungsarbeiten am Dock selbst ausgeführt, während in der übrigen Zeit nur Strom für Beleuchtungs- und Lüftungszwecke gebraucht wird.

Um diesen verschiedenartigen Anforderungen zu entsprechen wurden eingebaut:
drei 1000 kVA-Dreiphasen-Turbogeneratoren,
zwei 500 kW-Wechselstrom-Gleichstrom-Umformer, für 1000/220 V,
ein 250 kW-Dieselgleichstromgenerator für 220 V,
ein 36 kW-Dieselgleichstromgenerator für 220 V.



a Deck
b Rohr f. Zuleitung
c Dämpfungsscheiben
d Platte zum Abschirmen der Wärme
e Rohr zur Warmluftabführung
f innere Dockwand
g Rohr für Frischlufteintritt
h wasserdichte Packung
i Scharnier
k Rahmen
l Kittfuge
m 1000 W-Lampe mit Gasfüllung

Abb. 13. 1000 W-Lampe in wasserdichter Kapselung.

Zwei von den drei Dampfanlagen sind im Betriebe, wenn, wie im Falle a, die 7 Hauptpumpen laufen, die mit Wechselstrom betrieben werden. Die dritte Dampfanlage dient als Reserve oder zur Lieferung des Wechselstroms für eine der beiden oder beide 1000 V-Synchronmotoren, die die Gleichstromgeneratoren für 500 kW, 220 V, antreiben. Letztere liefern den Strom für alle Anlagen mit Ausnahme der Hauptpumpen. Wenn das Dock wie im Falle c nicht zum Docken benutzt wird, sondern die Dampfanlagen außer Betrieb sind, wird der Strombedarf in der Arbeitszeit von dem 250 kW-Dieselgenerator und außerhalb dieser Zeit vom 36 kW-Dieselgenerator geliefert.

Der Dampf wird in 4 Jarrow-Kesseln mit Ölfeuerung erzeugt, die stündlich 9100 kg Dampf von 16,5 kg/cm² liefern. Die Turbinen sind für 3000 U/min und einen Dampfdruck von 14,7 kg/cm², ein Vakuum von 87,5 % und eine Kühlwassertemperatur von 32° berechnet und mit je einer 1000 kVA-Dynamo gekuppelt. Die Oberflächenkondensatoren sind in einem getrennten Raume unmittelbar unter den Turbinen aufgestellt. Die drei 1000 kVA-Generatoren sind für 3000 U/min, Dreiphasen-Wechselstrom von 50 Hz und 1020 V zwischen den Phasen konstruiert. Der mit einer 220 V-Gleichstromdynamo gekuppelte 250 kW-Dieselmotor hat 6 Zylinder, ist einfachwirkend und arbeitet im Viertakt mit 375 U/min.

Zur Schaltung der Wechselstromanlage sind 2 Schalttafeln, für die Gleichstromanlagen 4 Schalttafeln vorhanden. Es ergibt sich dies aus den räumlichen Verhältnissen. Für die gesamte elektrische Anlage sind etwa 150 km Kabel verlegt, die für die 220 V-Gleichstromanlage aus einem mit Gummi isolierten und mit Blei umpreßten Einzeldraht und für die Wechselstromanlage aus drei mit Papier isolierten und Blei umpreßten und bewehrten Leitern bestehen.

Die Hauptpumpen sind an das 1000 V-Wechselstromnetz und die anderen Pumpen an das 220 V-Gleichstromnetz angeschlossen; nur die Haupt- und Hilfswasserzirkulationspumpen für die Kesselanlage haben Dampf-, die anderen alle elektrischen Antrieb. Im ganzen sind 7 Haupt-Lenzpumpen vorhanden; von diesen können drei mit je 530 PS-Motoren etwa 100 t/min Wasser abführen, zwei mit 180 PS-Motoren etwa 66,5 t/min Wasser und zwei mit 94 PS-Motoren etwa 33 t/min Wasser. Zur Frischwasserbereitung dient eine Pumpe, die etwa 4,5 m³/min Wasser fördert. Für Feuerlösch- und Lenzzwecke sind 4 Pumpen vorgesehen.

Zur Ventilation des Docks sind 54 Lüfter aufgestellt, die zusammen 99,73 PS als Antriebskraft benötigen. 3 Luftkompressoren liefern die an Bord benötigte Preßluft mit einem Druck von 8 kg/cm².

Es sind 8 Winden an Bord, die elektrisch oder von Hand bedient werden und eine Last bis zu 16 t heben können; dazu kommen vier 4 t-Krane, wovon je zwei auf jeder Dockseite stehen.

Die Werkstatt ist außerordentlich reich ausgestattet. Die Hauptantriebswelle wird von einem 15 PS- und einem 5 PS-Motor angetrieben und betreibt 3 Drehbänke, 4 Bohrmaschinen verschiedener Art, eine Säge- und eine Schleifmaschine. Außerdem sind noch eine Gewindedrehbank, ein Gebläse für die Kupferschmiede und eine Holzsäge vorhanden, die mit elektrischem Einzelantrieb versehen sind.

Die Beleuchtungsanlage zerfällt in zwei Teile, den zur Beleuchtung des Dockinneren selbst und den zur Beleuchtung beim Ein- und Ausdocken von Schiffen sowie von Dockarbeiten in der Nacht. Die Dockräume sind in der sonst üblichen Art beleuchtet. Zur Beleuchtung der beiden oberen Seitendecks dienen 24 Stück 300 W-Lampen an 3 m hohen Masten. Die beiden Innenseiten des Docks werden von 2 × 20 Stück 1000 W-Lampen erleuchtet, die wasserdicht eingekapselt sind (Abb. 1).

An sonstigen elektrischen Einrichtungen an Bord verdient noch die umfangreiche Telephonanlage sowie die elektro-pneumatische Einrichtung zur Betätigung der Dockventile vom Stande des Dockmeisters aus der Erwähnung. (E. T. Williams, J. Inst. El. Engs. London, Bd. 67, S. 317.) *Grt.*

Energiewirtschaft.

Die Vorausbestimmung des Elektrizitätsbedarfs in Starkstromanlagen. — J. M. Donaldson führt in einem Aufsatz, der sich an eine entsprechende Untersuchung von J. G. Hines über Fernsprechsysteme anschließt, eingangs aus, daß zwar die Arbeiten zur Ergründung der zukünftigen Entwicklung beider Gebiete — Stark- und Schwachstrom — von großem gegenseitigen Interesse seien, aber im übrigen zwischen ihnen nicht viel mehr Gemeinsames bestehe, als daß beide mit elektrischem Strom arbeiten und der Bequemlichkeit des Publikums dienen, ohne, wie die Wasserversorgung, das Prädikat absoluter Lebensnotwendigkeit beanspruchen zu können (? D. S.). Das Verteilungsystem bilde allerdings auch hier den springenden Punkt der ganzen Frage, die aber so vielgestaltig sei, daß man allgemeine Regeln und Formeln nicht aufstellen könne. Die künftige Entwicklung lasse sich nur durch systematische Statistik, wie z. B. durch das Aneinanderreihen der Belastungsgebirge mehrerer Jahre, schätzen, woraus man mit einiger Wahrscheinlichkeit eine die zu erwartende Beanspruchung kennzeichnende Kurve ableiten könne.

Der Verfasser unterscheidet nach seinen Erhebungen drei Hauptklassen von Konsumzentren:

1. Beleuchtungsgebiete allein: 18 kVA je 1000 Yards (914 m) Straßenlänge mit 145 Anschlüssen, also durchschnittlich 120 W/Haus,
2. Gebiete mit Beleuchtung und anderweitiger Strombenutzung (Kochen, Heizen usw.): Die reine Beleuchtung erfordert in dieser Klasse Werte, die sich kaum von 1. unterscheiden, nämlich 16 kVA je 1000 Yards mit 40 Anschlüssen und im Durchschnitt 400 W/Haus,
3. Geschäftslädengebiete: 290 kVA je 1000 Yards Straßenlänge mit 185 Anschlüssen von im Mittel 1430 W. Die Höchstziffern waren je 550 kVA für 220 Anschlüsse und die niedrigsten je 140 kVA bei 140 Abnehmern,



und zerlegt danach das Problem, die künftige Zunahme des Verbrauchs zu schätzen, in folgende drei Teile:

a) das Verteilungsystem, soweit es mit dem Verbraucher in Berührung kommt,

b) die Speiseleitungen von den Kraftquellen zu den Verteilungsystemen,

c) die Erweiterungen des oder der Kraftwerke.

Donaldson empfiehlt als Niederspannungskabel armierte Vierleiterkabel von etwa 64,5 mm² im Umkreis von 180 bis 270 m von der Transformatorenstation und den gleichen Kupferquerschnitt auch für die Speiseleitungen (am besten 11 000 V). Reserve besser als durch Doppelkabel durch Zwischenverbindungen (Ring). Bei den Kraftwerken sei leider die Erweiterung bisher meist durch Verdoppelung der Leistung des schon vorhandenen Maschinensatzes erfolgt, z. B. in einem Werk von zunächst 1500 kW mit je einem Generator von 3000, 6000, 12 500 kW auf 23 000 kW. In Rücksicht auf Reserve dürfe man diese Anlage aber nur bis 10 500 kW belasten, während bei 4 · 6000 Einheiten von zusammen 24 000 kW die Betriebsleistung des Werks auf 18 000 kW ansteige. Daher empfehle es sich, mit gleichen Typen zu erweitern, wo Fremdstromreserve nicht zur Verfügung stehe. (J. M. Donaldson, J. Inst. El. Engs. London Bd. 67, 1929, S. 619. In dieser Nr. 389 findet sich auch der Aufsatz von J. G. Hines auf S. 594.) *Gch.*

Aus der deutschen Elektrizitätswirtschaft[1]. — Die Stromabgabe der Hamburgischen Electricitäts-Werke AG. ist im Jahr 1928/29, an dessen Ende der Anschlußwert 535 111 kW erreichte (473 396 i. V.), von 307,813 auf 360,036 Mill kWh, also um 17 % gestiegen, u. zw. bei den Großverbrauchern von 207,060 auf 252,420 Mill kWh, eine Zunahme um 22 %, die wegen der dreimonatigen Arbeitsunterbrechung auf den Werften und der allgemeinen Wirtschaftslage merklich geringer war als im Vorjahr (30 %), obwohl zahlreiche Großbetriebe neu angeschlossen worden sind. Die Gesellschaft, deren in den Kraftwerken eingebaute Maschinenleistung 161 500 kW ausmachte, hat die Stromumformungs- und -verteilungsanlagen der Stadt Wandsbek erworben, von dieser für 30 Jahre die ausschließliche Konzession zur Benutzung der öffentlichen Straßen für die Stromverteilung erhalten, als Gegenleistung 3 Mill RM sowie eine kapitalisierte Konzessionsabgabe von 2 Mill RM gezahlt und die Anlagen an die ihr gehörende Stromversorgung Wandsbek G. m. b. H. verpachtet. Ferner erwarb sie den Anteil der Firma Rud. Otto Meyer an der Fernheizwerk Hamburg G. m. b. H., brachte diese zur Liquidation und betreibt nunmehr die Fernheizung (Anschlußwert jetzt 62 Mill WE) als Teil ihres Gesamtunternehmens selbst. Nach Fertigstellung der in Arbeit befindlichen Erweiterungen werden drei der ältesten Kraftwerke für die Wärmeversorgung in Verbindung mit der Elektrizitätslieferung ausgenutzt sein. Mit der Preußischen Elektrizitäts-AG. ist ein freundschaftliches Übereinkommen dahin getroffen worden, daß diese bis auf weiteres erhebliche Strommengen von der Berichterstatterin bezieht. Künftig sollen auch die den Nordwestdeutschen Kraftwerken AG. gehörenden Elektrizitätswerke der Überlandzentrale Lübeck und von Harburg-Wilhelmsburg den über die gegenwärtige Leistungsfähigkeit hinausgehenden Strombedarf bei den HEW decken. Diese haben überdies mit dem Elektricitätswerk Unterelbe AG., Altona, ein freundschaftliches Verhältnis zwecks gegenseitiger Aushilfe angebahnt und dürften in absehbarer Zeit nicht unbeträchtlich an der allgemeinen deutschen Elektrizitätsversorgung teilnehmen. Ihre Betriebseinnahmen bzw. Überschüsse betrugen 51 139 155 RM (45 379 922 i. V.) und der Reingewinn 16 168 088 RM (13 181 337 i. V.). Hieraus zahlte die Berichterstatterin auf 88 Mill RM Stammaktienkapital wieder 10 % Dividende.

[1] Vgl. ETZ 1929, S. 1818.

Beim Großkraftwerk Mannheim AG. ist der Stromverkauf 1928/29 von 176,593 auf 195,194 Mill kWh und die Eigenerzeugung von 135,865 auf 165,500 Mill kWh gewachsen. Die Höchstabgabe betrug 45 000 kW. Infolge Verteuerung der Kohlen und der dauernden Erhöhung der Löhne (seit 1924 um etwa 70 %) sind die Verkaufspreise zum erstenmal gestiegen (die steuerliche Belastung betrug 0,14 Pf je verkaufte Kilowattstunde). Die neue Hochdruckanlage ist im Berichtsjahr z. T. in Betrieb gekommen. An Geschäftserträgnissen und sonstigen Einnahmen hat die Gesellschaft 1 644 032 RM gebucht (1 101 861 i. V.); der Reingewinn betrug 256 428 RM (195 720 i. V.) und die Dividende wieder 7 % auf nunmehr 4 Mill RM Stammaktienkapital, das jetzt auf 6 Mill RM erhöht worden ist. Da sich die Neckar-AG. und das Badenwerk an dieser Kapitalserhöhung nicht beteiligten, haben sich die Quoten derart geändert, daß die Stadt Mannheim und die Pfalzwerke nunmehr je 36,75 %, das Badenwerk 17,33 % und die Neckar-AG. 9,17 % besitzen.

Die erhebliche und nachhaltige Notlage der Landwirtschaft hat den Stromabsatz und das Installationsgeschäft des Kraftwerks Thüringen AG., Gispersleben, 1928/29 ungünstig beeinflußt, doch ist ersterer in Industrie und Kleingewerbe gestiegen. Der weiteren und stärkeren Einführung von Koch- und Heizstrom stehen alle Abnehmergruppen der Berichterstatterin, auch auf dem Lande, durchaus sympathisch gegenüber, die Entwicklung wird jedoch z. Z. durch die Geldknappheit stark gehemmt. Die nutzbare Jahresabgabe hat rd. 20 Mill kWh erreicht, war aber nur um 5 % größer als im Vorjahr. Von Juni bis einschl. August 1928 ist der eigene Dampfbetrieb der Gesellschaft probeweise stillgelegt und ihr Strombedarf vom Thüringenwerk, Weimar, gedeckt worden. Am Ende des Berichtsjahres bezogen 360 Städte, Gemeinden und Gutsbezirke mit einem Anschlußwert von über 60 000 kW sowie 11 Großabnehmer Elektrizität von der Berichterstatterin, die aus Betrieb, Installationen und an Zinsen 4 001 817 RM vereinnahmte (3 962 081 i. V.). Bei 781 242 RM Reingewinn (842 961 i. V.) kamen wieder 10 % Dividende auf 6,960 Mill RM Stammaktienkapital zur Verteilung.

Der Strombezug des Kraftwerks Rheinau AG., Mannheim, war 1928/29 mit 45,818 Mill kWh um 3,1 % größer als im Vorjahr (44,418 Mill kWh). Die Jahreshöchstlast ist um 1,9 % auf 10 570 kW (10 370 i. V.) und deren Benutzungsdauer auf 4335 h (4283 i. V.) gestiegen. Nutzbar abgegeben wurden 43,346 Mill kWh (41,625 i. V.), wovon 30,953 Mill kWh (31,082 i. V.) auf Großabnehmer für Licht und Kraft entfielen. Der Stromverlust zwischen dieser Lieferung und der an den Sammelschienen des Großkraftwerks gemessenen Bezugsmenge stellte sich auf 5,4 % (6,3 i. V.). Die Versorgung der Haushaltungen hat im Berichtsjahr um 23 % zugenommen, und der Jahresverbrauch an Haushaltstrom ist seit Einführung des Haushalttarifs (1925), der 1928 in einen Grundgebühren-(Zimmerzahl-)Tarif umgewandelt wurde, von 11,1 auf 24,7 kWh je Kopf der Bevölkerung gewachsen. 54 % der Abnehmer, die 80 % des für Haushaltungen zur Verfügung gestellten Stroms benutzen, haben den Grundgebührentarif gewählt. Der Betriebsüberschuß betrug 976 282 RM (554 833 i. V.), der Gewinn 447 804 RM (408 895 i. V.) und die Dividende wieder 8 % auf 4 Mill RM Aktienkapital.

Aus dem Geschäftsbericht der Thüringischen Elektrizitäts- u. Gas-Werke AG., Apolda, für 1928/29 geht hervor, daß beim Elektrizitätswerk Apolda der Anschlußwert zwar um rd. 470 kW gestiegen, die nutzbare Stromabgabe gegenüber dem Vorjahr aber nicht gewachsen ist. Die Leistung der beiden Unterwerke I und II ist auf 720 bzw. 900 kW gebracht worden. Der Anschlußwert der Elektrizitätsversorgung Geraberg hat um 130 kW, ihre nutzbare Stromlieferung um rd. 20 % zugenommen; die Elektrizitätsversorgung Langewiesen weist eine Erhöhung der letzteren um 15 % und des Anschlußwertes um fast 13 % auf.

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64.
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929.

Das VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929 der XXXIV. Jahresversammlung des VDE in Aachen ist soeben erschienen. Der Inhalt des Heftes gibt die auf der XXXIV. Jahresversammlung des VDE am 8. und 9. Juli 1929 in der Technischen Hochschule Aachen gehaltenen Fachberichte nebst den anschließenden Besprechungen wieder. Die Preise sind:

Für Mitglieder geheftet	5,— RM,
„ „ gebunden	6,— „
für Nichtmitglieder geheftet	9,— „
„ „ gebunden	10,— „
Versandkosten	0,50 „

Bestellungen bitten wir umgehend an die Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten. Der Versand erfolgt sofort.



Kommission für Bahnwesen.

Die Jahresversammlung 1929 hatte die Kommission bzw. die bei dieser bestehende Unterkommission „Bahnmotoren" beauftragt, im Anschluß an die Neufassungen der R.E.M./1930 und der R.E.T./1930 eine Neufassung für die R.E.B./1930 aufzustellen, diese der Allgemeinheit bekanntzugeben und nach sachgemäßer Bearbeitung der aus den Kreisen der Allgemeinheit eingegangenen Äußerungen dem Vorstande zur Verabschiedung und Inkraftsetzung mit dem 1. Januar 1930 vorzulegen.

Die Kommission bzw. ihre obengenannte Unterkommission hat den ihr durch die Jahresversammlung 1929 erteilten Auftrag ordnungsgemäß ausgeführt und das Ergebnis ihrer Beratungen dem Vorstande vorgelegt. Der Vorstand hat in seiner Sitzung vom 10. Dezember 1929 diese Neufassung der R.E.B./1930 angenommen und sie mit dem 1. Januar 1930 in Kraft gesetzt.

Aus Platzmangel in dem laufenden Jahrgang der ETZ kann eine Veröffentlichung des am 1. Januar 1930 in Kraft tretenden Wortlautes erst Anfang 1930 in der ETZ erfolgen.

Kommission für Errichtungs- und Betriebsvorschriften.

Neue Errichtungsvorschriften.

Der endgültige Sonderdruck VDE 437

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebsspannungen von 1000 V und darüber V.E.S. 2./1930"

ist fertiggestellt und kann von der Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Str. 68, bezogen werden.

Wir weisen nochmal darauf hin, daß auch der endgültige Sonderdruck VDE 436

„Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V, V.E.S. 1./1930"

durch die Geschäftstelle des VDE bezogen werden kann.

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Berlin W 57, Kurfürstenstraße 15/16.



Betr.: Installations-Selbstschalter.

Die Stöpsel-Installations-Selbstschalter der Firma Stotz G. m. b. H., Fabrik elektrotechn. Spezialartikel, Mannheim-Neckarau, für 2, 4 und 6 A, 250 V Gleichstrom, 380 V Wechselstrom, mit elektromagnetischer Auslösung und durch Erwärmung beeinflußter Auslöseverzögerung, mit Druckknopfauslöser bzw. als Ausschalter verwendbar, entsprechen lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München den neuen am 1. VII. 1930 in Kraft tretenden Leitsätzen des VDE für Installations-Selbstschalter. (Sonderdruck VDE 445, ETZ 1929, S. 405, 731 und 1135.)

Die Prüfung erfolgte im Oktober 1929.

Für Installations-Selbstschalter wird bekanntlich die Genehmigung zur Benutzung des VDE-Zeichens noch nicht erteilt. Es können aber Installations-Selbstschalter, welche lt. Gutachten des Elektrischen Prüfamtes 3 in München den oben erwähnten Leitsätzen entsprechen, von den Elektrizitätswerken ebenso zugelassen werden wie andere Aparate, deren Verbandsmäßigkeit von der VDE-Prüfstelle durch Erteilung der Genehmigung zur Führung des VDE-Zeichens anerkannt worden ist. Die VDE-Prüfstelle gibt die vom Elektrischen Prüfamt 3 mit günstigem Erfolg geprüften Apparate jeweils in der ETZ bekannt.

Prüfstelle des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.
Zimmermann.

SITZUNGSKALENDER.

Elektrotechn. Gesellschaft Hannover. 18. I. 1930, 7½ h, Wirtschaftsräume der Stadthalle: Winterfest.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

F. Blau †.

Am 5. XII. 1929 entschlief nach längerer Krankheit Herr Dr. Fritz Blau, dessen Name eng mit der Entwicklung der modernen Beleuchtungstechnik, insbesondere der elektrischen Glühlampe, verknüpft ist. Mit dem Verstorbenen hat die deutsche Technik einen ihrer geistigen Führer verloren, dessen hervorragende intellektuelle und menschliche Eigenschaften ihm die unbegrenzte Hochachtung und Verehrung aller, die ihn kannten, sichern.

Dr. Blau wurde am 5. IV. 1865 in Wien geboren, studierte nach Absolvierung des Staatsgymnasiums daselbst und promovierte 1886. Zunächst als Assistent am Chemischen Laboratorium unter der Leitung Liebens und dann von Bahrs, habilitierte er sich dann als Privatdozent an der Universität Wien. In dieser Zeit beschäftigte er sich hauptsächlich mit Fragen der organischen Chemie, vor allem der Verbrennungsanalyse, und der Erforschung des Nikotins. Ein Jahr Studium bei Bayer am Chemischen Laboratorium in München unterbrach diese Universitätsjahre. Mit glühlampentechnischen Problemen wurde Dr. Blau zuerst als Berater der Wiener Glühlampenfabrik Watt betraut. Seit dem Jahre 1902, als er in die Auergesellschaft, Berlin, eintrat, widmete er seine ganze Lebensarbeit der Entwicklung der Metallfadenglühlampe und deren patentrechtlichem Schutz.

Jede der Entwicklungstufen der Metallfadenglühlampe, von der Osmiumlampe bis zur gasgefüllten Wolframglühlampe, sah Herrn Dr. Blau an der ersten Stelle. Schon in der alten Auergesellschaft Mitglied des Vorstandes, übernahm Herr Dr. Blau bei der Zusammenfassung der drei führenden deutschen Glühlampenwerke



F. Blau †.

zur Firma Osram als Berater die gesamte wissenschaftliche Leitung des Konzerns, Richtung gebend und den Weg weisend für eine große Zahl neuer Arbeiten, die nicht nur die Osramlampen allein sondern das gesamte Gebiet der elektrischen Beleuchtung überhaupt betreffen.



Jeder Äußerlichkeit abhold, fast ängstlich bemüht, nie in den Vordergrund gerückt zu werden, konnte Herr Dr. Blau es trotzdem nicht verhindern, daß sein Name über den engeren Fachkreis hinaus einen großen Ruf erlangte. Die Technische Hochschule Karlsruhe ernannte ihn zu ihrem Ehrenbürger, die Technische Hochschule Breslau zu ihrem Ehrendoktor. Das Lichttechnische Institut der Hochschule Karlsruhe wählte ihn zum Präsidenten seines Kuratoriums.

Von seinem umfangreichen Wirken und dem großen Einfluß, den er auf wissenschaftliche Arbeiten im Osram-Konzern gehabt hat, gibt das Sonderheft der Zeitschrift für Technische Physik, das zu seinem 60. Geburtstag erschienen ist, Rechenschaft. (Literatur: Z. f. Techn. Phys. Bd. 6, Nr. 7 a.)

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Konstanthaltung der Drehzahl von Maschinen für Signalzwecke.

Herr Dr. DORNIG behauptet (ETZ 1929, S. 1443), daß die Durchbiegung der Maschinenwelle infolge unvermeidlicher Unbalanz das Funktionieren der Kontakte einleitet. Er fügt dieser Erklärung der Wirkungsweise des Reglers auch hinzu, daß die Schwerkraft bei horizontal gelagerter Welle, die durch die Erschütterungen gegebene „Regelmäßigkeit" verschieben kann. Dazu ist zu bemerken, daß wohl die Einwirkung der Schwerkraft bei Reglern dieser Art bei horizontaler Welle genau definiert ist, nicht aber die Einwirkungen der Unbalanz, die selbst bei gleich ausgeführten Maschinen verschieden sein werden, so daß bei Funktionieren des einen Reglers in Verbindung mit einer Maschine auf ein gleich gutes Funktionieren desselben Reglers auf einer anderen Maschine nicht mit Sicherheit gerechnet werden kann, wie dies mit Benutzung der Schwerkraft zur Auslösung des Regelvorganges bestimmt der Fall ist. Auch zeigt eine überschlägige Nachrechnung der Unbalanz in den üblichen Grenzen, daß diese nur Bruchteile der Schwerkraftwirkung zur Folge hat.

Es ist also wohl denkbar, daß bei den Versuchen von Herrn Dr. DORNIG trotz Heranziehung einer beliebigen Maschine hierzu ausnahmsweise bei senkrechter Welle günstige Verhältnisse bestanden haben, die jedoch kaum in allen Fällen zu realisieren sein dürften, wenn der Einfluß der Schwerkraft ausgeschaltet ist.

Berlin, 7. X. 1929. Josef Löffler.

Bei oberflächlicher Betrachtung des Regelvorgangs muß es den Anschein haben, als ob die Schwerkraft gegenüber den sehr großen Fliehkräften bedeutungslos sei. Eine kleine Rechnung beweist aber sofort das Gegenteil: Herr Dr. DORNIG gibt in seiner Arbeit in ETZ 1929, S. 1443, die Genauigkeit seiner Regelung mit 0,1 % an, d. h. die Drehzahl ändert sich z. B. von 3000 auf 3003 U/min. Dieser Drehzahländerung entspricht eine Fliehkraftänderung $\Delta C = G$, wobei G das wirksame Feder- und Kontaktgewicht ist, und der in die Rechnung eingeführte Kontaktabstand von 5 cm an dem bei den Untersuchungen benutzten Dornig-Regler gemessen wurde. Die Schwerkraft dagegen wirkt mit der Größe $\pm G$, nämlich oben öffnend und unten schließend; sie ist also bei dieser garantierten Regelgenauigkeit doppelt so groß wie die Fliehkraftänderung.

Die von Herrn Dr. DORNIG veröffentlichten Oszillogramme bei horizontaler und vertikaler Welle habe ich bei eigenen Versuchen wiederholt im Oszillographen beobachtet. Die in Abb. 1 dargestellten drei Oszillogramme wurden von mir vor mehreren Monaten bei einem mit Schmidtschem Drehzahlregler ausgerüsteten Motor bei horizontaler Welle aufgenommen, wobei nur eine Reglerfeder arbeitete. Bei den späteren Untersuchungen wurden keine Oszillogramme mehr aufgenommen, weil inzwischen das unten beschriebene neue Beobachtungsverfahren entwickelt worden war, das durch seine größere Einfachheit das Oszillographieren ersparte. Die obere Kurve dieser Oszillogramme in Abb. 1 zeigt den über den Kontakt fließenden Reglerstrom, der die durch die Schwerkraft hervorgerufene Regelmäßigkeit im Takte der Umdrehung viel deutlicher erkennen läßt als die entsprechenden Abb. 7 ... 9 bei Herrn Dr. DORNIG, obgleich das durch die Reglerabmessungen und die Drehzahl von $n = 3000$ U/min gegebene Verhältnis der Schwerkraft zur Fliehkraft nur 1 : 1100 betrug gegenüber 1 : 500 bei dem oben angeführten Dornig-Regler. Die gleichzeitig mitaufgenommene Zeitmarke der unteren Kurve zeigt den Durchgang der Feder durch die untere Hälfte an, wo der Kontaktschluß erfolgen muß.

Für die Zeitmarke wurde bei jeder Umdrehung einmal Kontakt gemacht; das Oszillogramm enthält jedoch zwei aufeinander folgende Spitzen, die durch Prellungen beim Schließen des Kontaktes entstehen. Genau so dürften die von Herrn Dr. DORNIG in der Abb. 7 a besonders hervorgehobenen „Zwillingsstöße" entstanden sein, so daß man eher von einer Verwischung der durch die Schwerkraft erzeugten Regelmäßigkeit durch die Kontaktprellungen als von einer Störung des Taktes der Schüttelschwingungen durch die Schwerkraft sprechen kann.

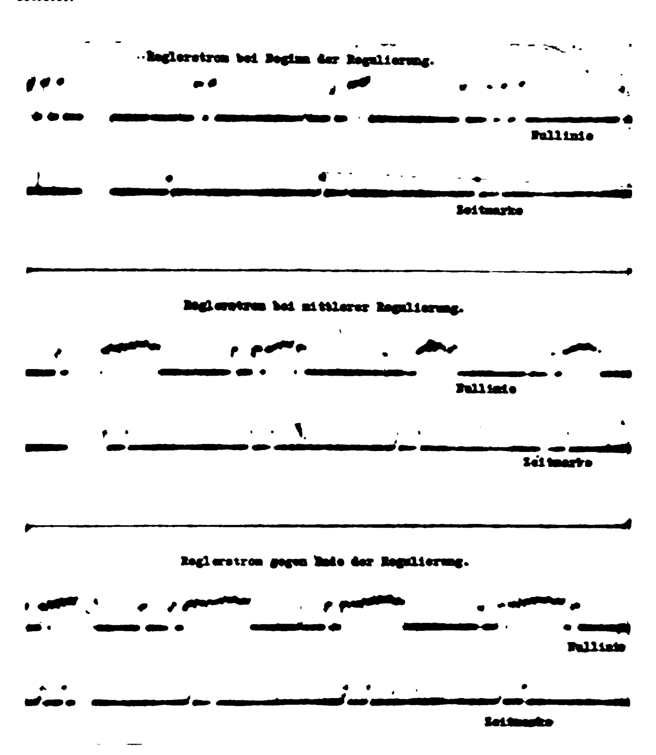


Abb. 1. Regelvorgang beim Schmidtschen Drehzahlregler unter Wirkung der Schwerkraft.

Bei meinen Versuchen, die ich sowohl mit dem Schmidtschen Regler als auch mit einem Conz-Motor mit Dornig-Regler durchgeführt habe, wurde der Regelvorgang auf folgende Weise sichtbar gemacht. Parallel zum Reglerkontakt ist ein durch Hochfrequenz gespeistes Heliumröhrchen geschaltet, das mit dem Regler umläuft. Dieses leuchtet, wenn der Kontakt offen ist, und erlischt bei Kontaktschluß, und ermöglicht so dauernd eine einfache und zuverlässige Beobachtung der Regelung in allen Einzelheiten. Bei beiden Reglern läßt sich auf diese Weise ganz einwandfrei erkennen, daß bei horizontaler Welle der Kontakt auf der oberen Hälfte des Weges offen ist, während er unten schließt. Wird die Maschine während des Laufens aufgerichtet, so bleibt dieses Bild bis zu einer Neigung von 60° gegen die Horizontale erhalten, und es geht erst dann in eine mehr oder weniger wilde Regelung über. Daraus kann man erkennen, daß die Wirkung der Schwerkraft so groß ist, daß schon die Hälfte davon für die Erzeugung der Regelmäßigkeit des Regelvorgangs ausreicht.

Die von Herrn Dr. DORNIG bei vertikaler Welle erzielte Regelmäßigkeit im Rhythmus von ½ U/min konnte ich bei keiner der Versuchsmaschinen erreichen. Daß bei konstanter Spannung und Leistung des Umformers die Kontaktschlüsse — wie Herr Dr. DORNIG schreibt — regelmäßig sein können (nicht müssen), sei zugegeben: der Regler soll ja aber gerade dann in Wirksamkeit treten, wenn sich Spannung und Leistung ändern.

Die Regelmäßigkeit des Regelvorgangs, von der die Genauigkeit der Regelung abhängt, läßt sich durch Schüttelschwingungen nicht dauernd aufrecht erhalten, während die ständig gleichbleibende Einwirkung der Schwerkraft, die Herr Dr. DORNIG auch zugibt, ein ganz

regelmäßiges Regeln gewährleistet. Hieraus ergibt sich also, daß man die größere Regelgenauigkeit bei voller Ausnutzung der Schwerkraft erreichen kann.

Berlin-Ruhleben, 28. X. 1929.

Kurt Schöler.

Erwiderung.

Die Untersuchungen der Herren SCHÖLER und LÖFFLER beweisen, daß man auch andere Regler als die meinen bauen kann. Es wird von mir nicht bestritten werden, daß man ein entsprechend bemessenes und eingespanntes biegsames Metallstück wesentlich als Exzenter arbeiten lassen kann. Es ist dann auch zu verstehen, wenn damit „eine mehr oder weniger wilde Regelung" eintritt. — Im Gegensatz dazu arbeitet meine Regelung aber sehr gut, wie meine Aufnahmen zeigen. Das wird auch von allen Seiten bestätigt, die auch die Konkurrenzregler genau kennen. Meine veröffentlichten Oszillogramme sind nicht, wie Herr LÖFFLER meint, Zufallswerte, sondern stellen den nur wenig veränderlichen Durchschnitt dar.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf die Arbeit von E. GIEBE „Ein empfindlicher Tourenregler für Elektromotoren" schon aus dem Jahre 1909, H. 7, in der Z. Instrumentenk. hinweisen, um der immer wiederkehrenden Darstellung der Wirkung der Schwerkraft als neue Erkenntnis ein Ende zu machen. S. 209, 2. Absatz daselbst sagt E. GIEBE:

„Auf das Gewicht wirkt nun aber noch eine andere periodisch wirkende Kraft, die bei der Aufstellung der Gleichung 1) zunächst vernachlässigt ist. Es ist die Schwerkraft. Da die Achse des Apparates horizontal angeordnet ist, so wirkt die Schwerkraft auf das Gewicht während einer halben Umdrehung im Sinne der Federkraft, während der folgenden halben Umdrehung im Sinne der Zentrifugalkraft. Statt Gleichung 1) haben wir also zu schreiben . . . . (Gl. 2) . . . .
Da aber der Mittelwert . . . . . über eine Periode, d. h. eine Umdrehung, Null ist, so bleibt trotzdem die an die einfache Gl. 1) geknüpfte Diskussion im wesentlichen richtig, ausgenommen den Fall der Resonanz. Die wechselnde Wirkung der Schwerkraft hat nur Schwingungen um die Gleichgewichtslage zur Folge, deren Frequenz gleich der Tourenzahl des Motors ist. Diese Schwingungen können im Falle $a \leq 0$ dauernd nur dann bestehen, wenn gleichzeitig die Kontakte betätigt werden, wodurch jedesmal, und zwar in allen drei Fällen $a \gtrless 0$ ein der Schwerkraft entgegenwirkender Impuls gegeben wird . . ."

Berlin-Dahlem, 6. XI. 1929

W. Dornig.

Das Schalten großer Leistungen.

Die AEG bittet mich um Klarstellung der in der Veröffentlichung (ETZ 1929, S. 1011) gemachten Angaben über Preßluftschalter der SSW, da dieselben nach ihrer Ansicht in Widerspruch mit den mündlich anläßlich des Vortrages gemachten Aussagen stehen.

1. Als höchste einphasige Abschaltleistung des in Abb. 2 dargestellten Preßluftschalters gab ich während des Vortrages 100 ... 140 MVA an, wobei sich die höhere Schaltleistung auf eine Betriebspannung von 30 kV bezieht. In der Niederschrift wurden, um einen einheitlichen Vergleich der untersuchten Schalter zu ermöglichen, alle Schaltleistungen dreiphasig angegeben und somit für den Preßluftschalter bei 30 kV 400 MVA eingesetzt. Zur Zeit des Vortrages lagen dreiphasige Versuche mit Preßluftschaltern noch nicht vor. Die Verhältniszahl 3, die zunächst im Widerspruch steht mit der von BRÜHLMANN stammenden Angabe, wonach die dreipolige Leistung nur doppelt so groß ist, wurde auf Grund zahlreicher Versuche gefunden[1]. Abb. 3 zeigt zwei Oszillogramme, von denen das eine mit einem dreipoligen, das andere mit einem einpoligen Schalter bei sonst gleichen Verhältnissen aufgenommen wurde. Das Verhältnis der Schaltleistungen beträgt 2,95. Der Unterschied zwischen gesprochenem Wort und Veröffentlichung besteht also lediglich darin, daß im einen Fall die einphasige, im anderen Fall die dreiphasige Schaltleistung angegeben wurde.

2. Richtig ist dagegen der Vorwurf, daß anläßlich des Vortrages der Preßluftschalter gemäß Abb. 2 gezeigt

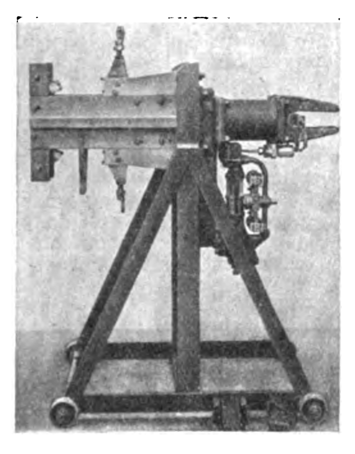
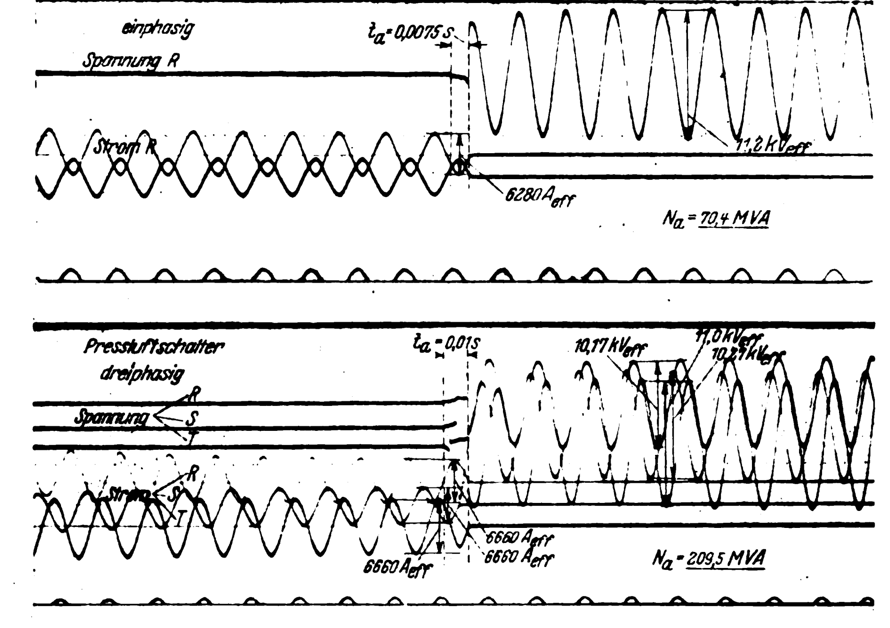


Abb. 2. Ansicht des anläßlich des Vortrags gezeigten Preßluftschalters.



Einpoliger Versuch: Wiederkehrende Spannung 11,2 kV
Dreipoliger Versuch: Wiederkehrende Phasenspannung, Mittelwert 10,5 kV

Abb. 3. Oszillographische Aufnahme des Abschaltvorganges bei ein- und dreipoligem Betrieb eines Preßluftschalters.

wurde, während aus patentrechtlichen Gründen die Veröffentlichung der runden, in der Niederschrift abgebildeten Form unterblieb. Dieses Versehen erklärt sich wie folgt:

Nach Angabe der Schriftleitung der ETZ fehlte in meinem Manuskript die Abb. 23. Da ich mich zur Zeit der Drucklegung in Rußland aufhielt, wurde das fehlende Bild von der Lichtbildregistratur meiner Abteilung angefordert, welche in Unkenntnis der Sachlage den Schalter in runder Form weitergab. Ich bemerkte das Versehen erst so kurz vor der Drucklegung des Heftes, daß eine Auswechselung technisch nicht mehr möglich war.

Berlin, 9. XII. 1929.

Kesselring.

Die elektrische Leistung im allgemeinen Wechselstromkreis[2].

Herr Dr. MAASS hat mich dankenswerterweise auf einen Irrtum in der genannten Arbeit aufmerksam gemacht. Aus der Gl. (17) für die elektrische Leistung als Augenblickswert läßt sich wohl der Mittelwert Gl. (18) ersehen, nicht aber die sog. „Blindleistung". Die Gl. (19) ist unrichtig, an ihre Stelle muß

$$N_B = U'' I' - U' I'' \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (19)$$

treten. Man gewinnt diesen Ausdruck aus dem Diagramm Abb. 4, indem man zunächst

$$U (I \sin \varphi) = U (I' \cos \psi - I'' \sin \psi)$$

[1] Der theoretische Beweis für die Gültigkeit der Verhältniszahl 3 erscheint Anfang 1930 in der ETZ.
[2] E. Weber, ETZ 1929, S. 1547.



setzt und nun

$$U \cos \psi = U''$$
$$U \sin \psi = U'$$

einführt. Damit wird Gl. (23) jetzt wirklich der richtige Ausdruck für die komplexe Darstellung der Leistung. es ist

$$N_w = \Re e(R\tilde{I}) \qquad N_B = \Im m(U\tilde{I}). \quad . \quad . \quad (21)$$

Der von STEINMETZ eingeführte Symbolismus ist also richtig und nicht, wie in der Arbeit behauptet wurde, unrichtig. Daß sich die Blindleistung aus dem allgemeinen Schwingungsausdruck für die Leistung gar nicht bzw. nur in gekünstelter Form und nicht zwangläufig (man muß bereits wissen, was man von gleichberechtigten Gliedern als Blindleistung auswählen will) ergibt, scheint mir ein erneuter Beweis dafür, daß sie ihre Existenz der Beziehung Gl. (7) der obigen Arbeit verdankt und erst nachträglich physikalische Gründe für ihre Einführung gesucht wurden.

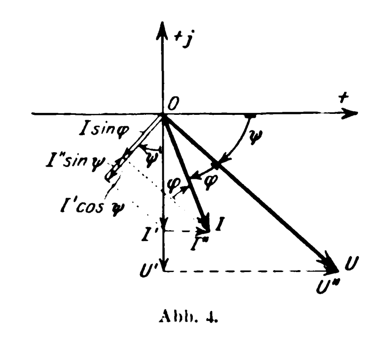


Abb. 4.

Nachsatz. — Herr Dr. G. HAUFFE und Herr Dr. A. THOMÄLEN haben in Briefen ebenfalls festgestellt, daß bezüglich der Definition der Blindleistung durch Gl. (19) der obigen Arbeit ein Irrtum meinerseits vorliegen müsse. Ich habe diesen oben berichtigt. Ferner hat Herr Dr. G. HAUFFE auf zwei Schreibfehler aufmerksam gemacht, es muß natürlich in Gl. (3) heißen $\operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{r}$ und nicht umgekehrt, und in Gl. (5) erhält das letzte Glied negatives und nicht positives Vorzeichen.

Berlin, 31. X. 1929. E. Weber.

LITERATUR.

Besprechungen.

Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik. Herausg. vom Elektrotechnischen Verein E. V. Bd. 2: Die geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schalttechnik. Von Dr.-Ing. M. Vogelsang. Mit 252 Textabb., VII u. 176 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 21 RM, geb. 22,20 RM, f. Mitgl. geh. 11 RM, geb. 11,70 RM.

„Was mich reizte beim Beginn dieser recht schwierigen und zeitraubenden Arbeit, das war die Überlegung, ein geschichtlich nützliches Buch zu schreiben, denn ich hatte die bisherige Entwicklung ja selbst miterlebt und hatte auch tätig an ihr teilgenommen. Nun aber, nachdem sich das Alter bei mir bereits gemeldet hat, ist es leicht zu übersehen, daß in nicht allzu ferner Zeit niemand mehr da sein wird, der über diese interessanten ersten Abschnitte der Hochspannungs-Schalttechnik aus eigener Anschauung berichten kann. So habe ich denn auch nicht versucht, dem Buche den Stempel der völlig objektiven Berichterstattung aufzudrücken, sondern bin der gelegentlichen Darstellung meiner persönlichen Empfindungen und Ansichten während dieser Entwicklungszeit nicht ausgewichen."

Dies sagt Vogelsang im Vorwort des interessanten Buches, das auf 176 Seiten die Entwicklung der Hochspannungsschalter und Sicherungen vom Jahr 1887 bis ungefähr 1912 schildert. Der Quecksilberschalter von Blathy, der zuerst in einem Kraftwerk in Rom angewendet wurde und durch 20 Jahre zufriedenstellende Dienste geleistet hat, die Hörnerschalter, die Ölschalter werden in flüssiger, stilistisch schöner Darstellungsweise behandelt, durch sehr gutes Abbildungsmaterial illustriert, und es werden in objektiver Weise die Verdienste der verschiedenen Elektriker an der Entwicklung der Schalter geschildert. Das Kapitel von der Erfindung der Ölschalter spricht von den „drei Erfindungsherden" England, Schweiz und Amerika, in denen die Erfindung des Ölschalters der allgemeinen praktischen Verwendung entgegenreifte. Es wird dargestellt, wie Ferranti schon im Jahr 1894 eine Ölsicherung erfand, bei der der Lichtbogen wohl in der Luft entstand, aber durch das Öl gelöscht wurde, und wie Ferranti dieser Sicherung im Jahr 1895 einen Ölschalter folgen ließ. Niemand nahm von dieser Arbeit ernsthaft Notiz. „Ferranti machte damals so ziemlich alles anders als die anderen Elektriker, er hatte seine besonderen Maschinen, Meßinstrumente, Kabel, mochte er also auch seine besonderen Schalter machen." So meint Vogelsang, daß man C. E. L. Brown mit Recht den Ruhmestitel als Erfinder des Ölschalters belassen könne, weil er wenigstens in Europa zuerst Apparate hergestellt hat, bei denen die Unterbrechung völlig unter Öl erfolgt, aber auch das Verdienst von E. M. Hewlett, Ingenieur der General Electric Company wird gewürdigt. Vogelsang schildert, wie lange der Ölschalter gebraucht hat, um sich einzuführen, wie aus dem unberechtigten Mißtrauen ein unberechtigt großes Vertrauen in ihn sich entwickelte, dann durch Perioden des Versagens gestört wurde, die mit der starken Vergrößerung der Kraftwerksleistungen zusammenhingen. Er bespricht die große Verbesserung, die durch richtige Ausbildung der Isolatoren entstanden, zeigt, daß die bedeutende Erfindung der Kondensatordurchführung durch R. Nagel bei SSW im Jahr 1905 so wenig gewürdigt wurde, daß keine Auslandspatente genommen wurden, und daß die Formung der Porzellandurchführungen durch Kuhlmann großen Einfluß auf die Betriebsicherheit gewann. Die Rohrsicherungen, Hörnersicherungen (Ölschläger) und Hörnerschalter finden ihre Würdigung, ebenso wie die Rohrschalter und die kurzlebigen Rollenschalter und Wasserschalter, die bisher nur eine Episode in der Entwicklung der Schalteinrichtungen waren.

Seine eigene Mitwirkung in der Entwicklung dieses Gebietes bringt Vogelsang in zurückhaltender, unaufdringlicher Art. Es ist erfreulich, daß er seine Arbeit nicht nach seinem ersten Plan nur bis zur Zeit führte, wo der Ölschalter allgemeine Geltung gefunden hat, sondern bis in die Zeit vor dem Kriege.

Eine wünschenswerte Bereicherung des ausgezeichneten Buches wäre ein alphabetisches Namen- und Sachregister. Es wäre gut, wenn der Elektrotechnische Verein solche Register nicht nur bei späteren Auflagen dieses Buches sondern auch bei künftigen Bänden der geschichtlichen Einzeldarstellungen anfertigen ließe, weil dadurch der Gebrauchswert der Bände als Nachschlagebücher bedeutend erhöht wird. E. Rosenberg.

Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen. Vorträge, veranstaltet durch den Elektrotechnischen Verein E. V. zu Berlin, in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule zu Berlin. Herausg. v. Prof. Dr.-Ing. R. Rüdenberg. Mit 336 Textabb., VIII u. 281 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 25,50 RM.

Der Elektrotechnische Verein und das Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin haben eine Reihe hervorragender Fachmänner zur Abhaltung von Vorträgen über das genannte Thema gewonnen. Diese Vorträge wurden in dankenswerter Weise von Professor Rüdenberg herausgegeben, so daß ihr Inhalt über den Teilnehmerkreis der Vorträge hinaus der Allgemeinheit übermittelt wird. Die Konzentration der Energieerzeugung in großen Kraftwerken, der Zusammenschluß großer Kraftwerke durch Kupplungsleitungen und die Notwendigkeit, zwischen den Hochspannungsleitungen und den Verbrauchernetzen ein oder mehrere Mittelspannungsnetze schalten zu müssen, haben zu einer großen Vielfältigkeit der Betriebsmöglichkeiten und zu einer Vergrößerung der Gefahren der Überlastung einzelner Teile durch Überstrom und Kurzschluß geführt. Zur sicheren Beherrschung solcher Betriebe dienen die Relais- und Schutzschaltungen, die ihrer Bedeutung entsprechend zu den wichtigsten Bestandteilen unserer Hochspannungsanlagen gehören. Durch die sieben Vorträge erhält man ein ausgezeichnetes Bild über die Arten der auftretenden Betriebstörungen und über den Stand der heutigen Technik des Überstromschutzes. Besonders zu rühmen ist bei allen Vorträgen die klare Aufgabestellung über den zu behandelnden Stoff und der systematische Aufbau der ganzen Vortragsreihe. Auf dieses Buch als bisher einziges Lehrbuch der Relaistechnik muß heute jeder zurückgreifen, der sich in dieses Gebiet einarbeiten will. Dem Wunsche des Herausgebers, den Entwurf des Relaisschutzes auf die gleiche sichere theoretische Grundlage zu stellen, wie man es bei den anderen Zweigen der Elektrotechnik gewöhnt ist, kann man nur beipflichten. Bisher hat man die Relaisanlagen meist zu einer gegebenen oder nach anderen Rücksichten gebauten Leitungsanlage entworfen. Man wird wohl in Zukunft dazu übergehen



müssen, schon beim Bau der Leitungsanlage mehr als bisher auf den einzurichtenden Überstromschutz Rücksicht zu nehmen. Schwaiger.

Einführung in die Elektrizitätslehre. Von Prof. Dr.-Ing. E. h. R. W. Pohl. 2., verb. Aufl. Mit 393 Abb., darunter 20 entlehnte, VII u. 259 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geb. 13,80 RM.

Erfreulicherweise kann die erst vor kurzem in den Spalten dieser Zeitschrift besprochene[1] ausgezeichnete Einführung in die Elektrizitätslehre von Pohl schon jetzt in 2. Auflage erscheinen. Abgesehen von einem hübschen Versuch zur Elektrizitätsleitung der Metalle und einem neu eingeschobenen kurzen Abschnitt über die von M. Wien beobachteten Abweichungen vom Ohmschen Gesetz bei hochkonzentrierten Elektrolyten sind in der neuen Auflage nur Einzelheiten geändert, darunter auch kleine Ungenauigkeiten, die bei der ersten Auflage mit Recht beanstandet worden waren (z. B. S. 11). Das Buch hat sich gerade auch bei den Elektrotechnikern wegen seiner hervorragenden Plastik und Anschaulichkeit schon so gut eingeführt, daß es unnötig ist, seine Vorzüge von neuem aufzuzählen. Die 2. Auflage wird ihren Weg sicher ebenso rasch machen wie die erste. Hoffen wir, daß der Verfasser trotz seiner im Vorwort zur ersten Auflage eingestandenen (aber nicht ganz glaubhaften) Schwerfälligkeit im Schreiben bald auch die in Aussicht gestellten weiteren Bände herausbringen wird. J. Wallot.

Kurzwellen-Bastelgeräte. Von C. Jauer. Mit 44 Abb. u. 48 S. in gr. 8°. Verlag Rothgiesser & Diesing A. G., Berlin 1928. Preis geh. 1,50 RM.

Das Büchlein bringt nach einem einleitenden Abschnitt über den Begriff „kurze Wellen" drei Bauanweisungen für Empfänger, die alle so ziemlich dieselbe Schaltung haben, nämlich ein induktiv rückgekoppeltes Audion; die beiden letzten Ausführungen haben eine kapazitive Feinstellung der Rückkopplung nach Leithäuser. Andere Schaltungen sind nicht erwähnt, obwohl sie für die Praxis Bedeutung haben. Ein weiterer Abschnitt befaßt sich mit der Selbstherstellung von Kurzwellenspulen, der letzte bringt die Anschaltung von Tonfrequenzverstärkern. Die Bilder und Beschreibungen sind klar und anschaulich, und der geschickte Bastler wird mit Erfolg danach bauen. Die Schaltungen entsprechen den Normen, die Einheitszeichen nicht immer. So muß es z. B. heißen: mA für Milliampere; μF für Mikrofarad. Die Sprache ist ganz auf den Bastler eingestellt. Mühlbrett.

Kurzwellen-Verkehr. Ein Handbuch für den Amateur nach dem Stande vom 1. I. 1929. Von H. W. Priwin. Mit 78 S. in kl. 8°. Verlag Rothgiesser & Diesing A. G., Berlin 1928. Preis geh. 1,30 RM.

Dieses Büchlein bildet eine gute Ergänzung zu dem eben besprochenen von Jauer, da es die Verkehrsregeln, Organisation usw. enthält. Natürlich wird es den Wunsch wecken, selbst einen Sender betreiben zu dürfen, dem wohl auch in Deutschland die Behörden bald entsprechen dürften. Mühlbrett.

„Hütte" des Ingenieurs Taschenbuch. Herausg. v. Akademischen Verein Hütte, E. V. in Berlin. 25. neubearb. Auflage, 3. Bd. Mit zahlr. Abb., XX u. 1203 S. in kl. 8°. Verlag v. Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1928. Preis in Leinen geb. 16,50 RM, in Leder geb. 18,60 RM.

Der 3. Band der Hütte hat in der 25. Auflage eine gründliche Umarbeitung und Ergänzung erfahren. Er behandelt wie bisher das Bauingenieurwesen und die gesamte Eisenbahntechnik. Gegenüber der vorigen Auflage ist in der Stoffverteilung insofern eine Änderung eingetreten, als die Vermessungskunde aus dem 3. Band herausgenommen und in den 1. verlegt, die Ausführungen über städtische Bahnen vom 2. in den 3. Band übernommen wurden. Die Abschnitte über Erd- und Tunnelbau, Garagenbau und die Kapitel über Eisenbahnsicherungsanlagen, elektrische Vollbahnen, Öllokomotiven und Eisenbahnwerkstätten sind neu. Unter Wasserkraftanlagen wurde ein Aufsatz über die so wichtige Wasserspeicherung durch Pumpen eingefügt. Wertvoll sind zahlreiche Hinweise über die in den letzten Jahren erbauten Wasserkraftanlagen und Talsperren. Im Eisenbahnabschnitt, dem besser der zum Bauingenieurwesen gehörige Brückenbau hätte vorangestellt werden können, wurden neben den bautechnischen Kapiteln auch die maschinentechnischen Ausführungen im Interesse der einheitlichen Darstellung dieses Gebietes noch in etwas erweitertem Umfang als bisher berücksichtigt. Der neuen Bearbeitung liegt der Stand der Normung vom Herbst 1927 zugrunde, und viele neue amtliche und nichtamtliche Bestimmungen wurden aufgenommen, so daß der Band seinen Zweck als Taschenbuch des Ingenieurs auch im neuen Gewande erfüllen wird. W. Kraska.

Die Hebezeuge. Von Prof. Dipl.-Ing. G. Tafel. 1. Teil: Entwurf von Winden und Kranen. Mit 251 Textabb. u. 184 S. in kl. 8°. 2. Teil: Fördermittel im Betrieb. Mit 150 Handskizzen u. 143 S. in kl. 8°. (Samml. Göschen Bd. 414 u. 417.) Verlag von Walter de Gruyter & Co., Berlin u. Leipzig 1928. Preis jedes Bandes geb. 1,50 RM.

Der in der Sammlung Göschen erschienene Teilband I behandelt den Entwurf von Winden und Kranen dadurch, daß deren grundsätzliche Anordnung und Wirkung mittels gedrängter Texterklärungen und Bildskizzen auch dem Nichtfachmann leichtverständlich vorgeführt werden. Der Nachteil indes so kleinformatiger Bücher, daß die notwendige Verkleinerung auch der Abbildungen diese leicht undeutlich und verschmiert werden läßt, muß auch vorliegenden Falls mehrfach in Kauf genommen werden (Fig. 11, 13, 78, 100 u. a.). Bei dem „hydraulischen Antrieb mit geradliniger Antriebkraft" (S. 8) wäre auch der pneumatische als gleichartig zu erwähnen. Der II. Band behandelt die betriebliche Eignung der verschiedenen Fördermittel für die verschiedenartigen Förderaufgaben und örtlichen Verhältnisse. Die bildliche Darstellung ist in eigenartiger Weise durch Handskizzen vorgenommen, die das Wesentliche größtenteils recht anschaulich hervortreten lassen — soweit auch hier wieder eine zu starke Verkleinerung oder zu skizzenhafte Behandlung dies nicht verhindert. Im großen und ganzen können die Werkchen Interessenten als belehrend und brauchbar durchaus empfohlen werden. Michenfelder.

Textilwirtschaft. Von W. Hagemann. (Jedermanns Bücherei: Abt. Sozial- u. Wirtschaftswissensch. Herausg. v. Fr. Glum). Mit 124 S. in 8°. Verlag von Ferdinand Hirt, Breslau 1928. Preis geb. 3,50 RM.

Es ist außerordentlich schwierig, über die gesamte Textilwirtschaft einen genauen Überblick zu geben, insbesondere über die deutsche Textilwirtschaft einschließlich Textilbekleidungs- und -handelsgewerbe und außerdem die deutsche Textilwirtschaft mit der des Auslandes zu vergleichen. Der Verfasser hat nun in obigem Büchlein auf Grund der ihm für die Jahre 1925 bzw. 1926 zur Verfügung stehenden Zahlen diese Aufgabe übersichtlich gelöst. In der Einleitung ist ein kurzer Überblick über die Geschichte der internationalen Textilwirtschaft enthalten, im 1. Abschnitt das Wesentlichste über die Textilrohstoffe, u. zw. ihre Gewinnung, Eigenschaften, Welterzeugung und Weltverbrauch. Der 2. Abschnitt schildert die wirtschaftliche Bedeutung und den Aufbau der deutschen Textilwirtschaft und bringt u. a. über Betriebe, Arbeiter (etwa 1 196 120, davon 52 % weiblich), Standortverhältnisse, Kartelle usw. und umgesetzte Jahreswerte (6,07 Mrd RM), Außenhandel und Absatzländer genaue Zahlenangaben.

Der 3. Abschnitt ist insbesondere für den Elektroingenieur, der sich mit dem Antrieb der Textilmaschinen befaßt, der wichtigste und behandelt in genügend ausführlicher Form die Einzelzweige der deutschen Textilwirtschaft. In übersichtlichen Zahlentafeln ist die Verteilung der Textilindustrie auf Betriebe, Personen, Außenhandel je nach Rohstoff zusammengestellt und Angaben über die Größe der Anlagen, Spindelzahlen (Weltspindelzahl etwa 183 Mill), Webstühle (Weltstückzahl etwa 4 Mill) gegeben und mit dem Auslande wiederum verglichen. Textilveredlungs- und -bekleidungsindustrie sind kurz gestreift und ebenso der Textilgroß- und -einzelhandel. Der Abschluß bringt die Textilwirtschaft der übrigen europäischen Länder, eine Zeittafel wichtiger Begebenheiten und Literaturübersicht.

Wie aus obigem hervorgeht, kann das preiswerte Büchlein allen denen angelegentlich empfohlen werden, die sich schnell bezüglich dieser Wirtschaftsfragen unterrichten wollen. Trotz der Schwierigkeit, daß die meisten Gebiete ineinandergreifen und Wiederholungen leicht vorkommen können, ist die Zusammenstellung übersichtlich und in klarer, packender Form durchgeführt und außerdem in den vielen Tafeln wertvolles, lehrreiches und sonst unzugängliches Zahlenmaterial enthalten. Mühlens.

[1] ETZ 1927, S. 1392.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Der elektrotechnische Außenhandel Kanadas. — Die in der ETZ kürzlich geschilderte Entwicklung Kanadas auf elektrizitätswirtschaftlichem Gebiet kommt auch im Wachsen seiner Einfuhr elektrotechnischer Vorrichtungen zum Ausdruck, die 1928/29 dem Wert nach z. T. sehr erheblich gegen das Vorjahr zugenommen hat. El Review[1] gibt für alle Apparate (ohne Staubsauger) 26,775 Mill $ an, d. s. 7,731 Mill $ mehr als 1927/28 (19,044 Mill $), und spezifiziert im übrigen den Import gemäß folgender Übersicht:

Erzeugnisse	1928/29	1927/28	Änderung g. V.
	1000 $		
Dynamos und Generatoren	1 557	1 329	+ 228
Selbständige Beleuchtungssätze	93	54	+ 39
Transformatoren	483	275	+ 208
Akkumulatoren und Batterien	722	681	+ 41
Widerstände, Kontroller usw.	756	566	+ 190
Schalttafeln, Schalter usw.	1 613	1 420	+ 193
Blitzableiter, Drosselspulen usw.	80	58	+ 22
Elektrizitätszähler	408	347	+ 61
Motoren	4 306	2 964	+ 1 342
Ventilatoren	138	117	+ 21
Staubsauger	172	181	— 9
Heiz- und Kochapparate	384	251	+ 133
Glühlampen	190	320	— 130
Bogenlampen	29	49	— 20
Beleuchtungszubehör	1 103	814	+ 289
Ausschalter Fassungen, Stecker usw.	647	555	+ 92
Zündvorrichtungen Magnetos	1 109	748	+ 361
Telegrapheninstrumente	493	207	+ 286
Funkröhren u. Radiogerät	5 939	3 701	+ 2 238
Fernsprecher	1 855	873	+ 982
Andere elektrische Vorrichtungen	4 870	3 715	+ 1 155
Isolierte Kupferdrähte und Kabel	757	497	+ 260

Diese zeigt, daß mit Ausnahme von Staubsaugern, Glüh- und Bogenlampen die Einfuhr durchweg gestiegen ist, u. zw. bei Elektromotoren um 1,342 Mill $, bei Funkgerät um 2,238 Mill $ und bei nicht näher bezeichneten elektrischen Vorrichtungen um 1,155 Mill $. Hauptlieferant waren, wie bisher, die V. S. Amerika, denen England folgt. Mit kleineren Werten haben sich Japan, Schweden, Holland und die Schweiz beteiligt. Auch die Ausfuhr ist, wie nachstehende Übersicht erkennen läßt,

Erzeugnisse	1928/29	1927/28	Änderung g. V.
	1000 $		
Dynamos, Generatoren, Motoren	51	26	+ 25
Heiz- und Kochapparate	653	576	+ 77
Staubsauger	40	35	+ 5
Zündvorrichtungen, Magnetos	450	433	+ 17
Batterien, Telegraphen- und Fernsprechapparate	627	371	+ 256
Andere elektrische Vorrichtungen	610	443	+ 167

wertlich gewachsen und betrug nach der genannten Quelle für alle Apparate (ohne Staubsauger) 2,401 Mill $ oder 0,552 Mill $ mehr als im Vorjahr (1,849 Mill $). Unter den Bestimmungsländern figuriert für Heiz- und Kochapparate besonders Neuseeland, auf das auch der größte Exportwert von Batterien, Telegraphen- und Fernsprechapparaten entfiel; ein beträchtlicher Teil dieser Erzeugnisse ging überdies nach Brasilien. Zündsysteme hat Kanada vorwiegend nach England und Australien, nicht näher bezeichnete Vorrichtungen außer in diese beiden Länder wiederum nach Neuseeland und vor allem nach Mexiko gesandt.

Englands elektrotechnischer Außenhandel[2]. — Im Oktober 1929 ist, wie die Zahlentafel zeigt, die Einfuhr gegenüber dem Vormonat (782 931 £) um 224 492 £ (rd. 28 %) und im Vergleich zum Oktober 1928 um 356 625 £ (55 %) gewachsen. Für die Ausfuhr ergibt sich gegen den September (1 330 540 £) eine Steigerung um 595 040 £ (45 %) und, verglichen mit dem Parallelmonat des Vorjahres, um 380 458 £ (fast 25 %). Während der abgelaufenen zehn Monate hat der Import gegenüber der gleichen Periode von 1928 um 1 433 605 £ (28 %) und der Export um 747 190 £ (5 %) zugenommen. Sein Überschuß betrug 9 405 064 £ (10 091 479 i. V.).

[1] Bd. 105, 1929, S. 537.
[2] The Electrician, Bd. 103, 1929, S. 613. Vgl. ETZ 1929, S. 1612.

Erzeugnisse	Einfuhr in £ 1929	Einfuhr in £ 1928	Ausfuhr in £ 1929	Ausfuhr in £ 1928
	Oktober			
Maschinen	193 454	153 324	551 037	561 734
Waren u. Apparate	813 969	497 474	1 374 543	983 388
	1 007 423	650 798	1 925 580	1 545 122
	Januar/Oktober			
Maschinen	1 541 285	1 437 061	5 245 384	5 539 470
Waren u. Apparate	5 049 429	3 720 048	10 750 394	9 709 118
	6 590 714	5 157 109	15 995 778	15 248 588

Elektrotechnischer Außenhandel der V. S. Amerika[1]. — Die Einfuhr elektrotechnischer Erzeugnisse betrug im August 1929 insgesamt 229 188 $, wovon 132 037 $ auf Kohlefadenlampen, 14 699 $ auf Metalldraht- und andere Lampen, 43 632 $ auf nicht näher bezeichnete Maschinen und Teile solcher, 18 843 $ auf desgl. elektrische Apparate, 12 209 $ auf Funk- und Radiogerät, 2964 $ auf elektromedizinische Vorrichtungen und 2599 $ auf Telegraphenapparate entfielen. An Kohlefadenlampen hat die Union rd. 4,486 Mill Stück, u. zw. hauptsächlich aus Japan (0,222 Mill auch aus Deutschland) bezogen, an Metalldrahtlampen rd. 0,618 Mill Stück, u. zw. wiederum meist aus Japan. An der Einfuhr elektrischer Maschinen waren dem Wert nach besonders Deutschland sowie die Schweiz und am Import von Apparaten Schweden, England und Deutschland beteiligt. Letztere beiden Länder haben auch im wesentlichen das Funk- und Radiogerät sowie Telegraphenapparate geliefert.

Die Ausfuhr elektrischer Maschinen, Apparate und Zubehörteile hatte im September 1929 einen Wert von 13 116 894 $, d. s. 5 715 921 $ oder 77 % mehr als im gleichen Monat des Vorjahres. Diese bemerkenswerte Steigerung verteilte sich auf fast alle Warengruppen, betraf aber besonders Gleichstrom- und große Wechselstromgeneratoren, Akkumulatoren, teilweise auch Transformatoren, ferner Schalter und Sicherungen über 10 A, Meß- und andere Instrumente, kleinste und stationäre Motoren bis 200 PS, Teile von Motoren, Ventilatoren, Metalldrahtlampen, verschiedene Haushaltmaschinen, Radiogerät (bei Empfängern ist der Wert um fast 719 000 $ gewachsen), Fernsprechvorrichtungen, Eisenbahnsignale und nicht näher bezeichnete elektrische Apparate. Der Export von isoliertem Leitungsmaterial aus Kupfer und Bahnmotoren hat gegen den September 1928 abgenommen. Nach Kanada ging wieder nahezu ein Drittel dieser Lieferungen, die, soweit sie den europäischen Kontinent erreichten, rd. 2,459 Mill $ und nach Asien, Afrika und Ozeanien rd. 3,720 Mill $ betrugen.

Aus der Geschäftswelt. — Als besonders wichtige Ereignisse im Geschäftsjahr 1928/29 bezeichnet die Elektrische Licht- und Kraftanlagen AG., Berlin, den Aktienaustausch mit der Siemens & Halske AG. und den Freundschaftsvertrag mit der Elektrizitäts-AG. vorm. Schuckert & Co. Durch ersteren wird besonders der wirtschaftliche Zweck verfolgt, die Berichterstatterin unter Ausnutzung ihrer Wesensart als Trust- und Finanzierungsgesellschaft elektrischer Anlagen und Unternehmungen weiter auszubauen, speziell bei Geschäften, deren Durchführung zum gemeinsamen Nutzen zweckmäßig erscheint, letzterer gilt dem Austausch von Erfahrungen und gemeinsamer Durchführung von Geschäften. Die Elektrizitätswerke, an denen die Elka beteiligt ist, haben sich erfreulich weiter entwickelt, dagegen litten einzelne der ihr nahestehenden Fabrikationsunternehmungen unter der Ungunst der allgemeinen Wirtschaftslage. Der Gewinn aus Wertpapieren usw. betrug 3 051 337 RM (2 603 745 i. V.) und der Reingewinn 2 481 851 RM (1 986 609 i. V.). Hieraus kamen wieder 10 % Dividende auf 22,5 Mill RM dazu berechtigtes Stammaktienkapital zur Verteilung.

[1] El. World, Bd. 94, 1929, S. 959, 1057. Vgl. ETZ 1928, S. 1836; 1929 S. 1756.

Bezugsquellenverzeichnis.

Frage 335: Wer stellt Gummon-Dachständereinführungen her?

Frage 336: Wer stellt Aluminiumdrähte von 2 ... 3 mm Dmr. mit Oxydisolation her?

Abschluß des Heftes: 13. Dezember 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

50. JAHRGANG

ETZ

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT

[...]. HEFT / 50. JAHRGANG / IM BUCHHANDEL DURCH JULIUS SPRINGER, BERLIN W 9
([...]869—1892) 26. DEZEMBER 1929

Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska — Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9

50. Jahrgang | Berlin, 26. Dezember 1929 | Heft 52

Muffen und Endverschlüsse für Hochspannungskabel*.

Von Obering. Dr. **Birnbaum**, Duisburg.

Übersicht. Verschiedene Konstruktionen von Muffen und Endverschlüssen für Kabel hoher Spannungen bis 100 kV und Einzelheiten ihrer Herstellung werden beschrieben.

Aufbau, Herstellung und Betrieb neuzeitlicher Hochspannungskabel bieten eine große Anzahl interessanter Probleme. Ebenso wichtig wie die Kabel selbst sind aber auch ohne Zweifel ihre Garnituren: Muffen und Endverschlüsse. Gewisse Schwierigkeiten, die diese Zubehörteile bieten, liegen bekanntlich darin, daß sie oft unter ungünstigsten Arbeitsbedingungen in die Kabelstrecke eingebaut werden müssen und daß es daher nicht möglich ist, sie fabrikationsmäßig mit gleicher Sorgfalt wie die Kabel herzustellen.

Die Zahl der Muffen in einem Netz läßt sich natürlich durch Anfertigung möglichst großer Kabellängen verringern. Diesem Wunsch der Verbraucher sind die Kabelwerke schon soweit nachgekommen, daß ein Werk heute in der Lage ist, recht große Längen zu fabrizieren, Längen, deren Verlegung infolge der großen Gewichte manchmal erhebliche Schwierigkeiten bietet und nur unter besonderen Bedingungen möglich ist. Unter allen Umständen ist es jedoch erforderlich, die Garnituren in ihrer Konstruktion und Herstellung so durchzubilden, daß ihnen der Charakter einer „schwachen Stelle" genommen wird, den man ihnen heute oft nachsagt.

Im folgenden sollen einige zweckmäßige Konstruktionen für Muffen und Endverschlüsse von Kabeln höherer Spannung in verschiedener Ausführung sowie Einzelheiten ihrer Herstellung beschrieben werden.

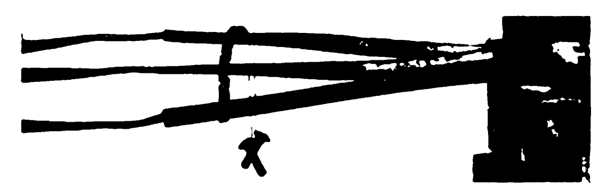


Abb. 1. Herstellung einer Wickelmuffe für 60 kV.

Abb. 1 zeigt die Herstellung einer Wickelmuffe in einem metallisierten Drehstromkabel 3 × 120 mm², 60 kV. Die Adern sind an den Verbindungsstellen ohne Schloß miteinander verlötet. Dabei werden die einzelnen Drähte der Litze stufenförmig abgesetzt und ineinander gefügt. Im Bilde trägt die unterste Ader noch ihre gesamte Papierisolation, nachdem die Metallisierung entfernt ist. Bei der oberen Ader ist die Herstellung des Konus zu sehen: Am rechten Ende beginnend, wird ein dünnes mit Gewichten beschwertes Drähtchen um die isolierte Ader geschlungen und von der Lötstelle beginnend Lage für Lage der Papierisolation abgewickelt, bis jedes Papierband am Draht abreißt. Dabei wird gleichzeitig das Drähtchen nach jeder Papierlage um ein entsprechendes kleines Stück nach links verschoben, so daß die Papierbewicklung zum Schluß konusförmig abgesetzt ist, wie es die mittlere Ader im Bilde zeigt. Vielfach setzt man in den Muffen das Isoliermaterial stufenförmig ab. Ohne Zweifel kürzt dies die Herstellungszeit der Muffe. Versuche haben jedoch gezeigt, daß die Bewicklung des stufenförmig abgesetzten Isolationsmaterials schwieriger ist als die eines Konus. Dies wirkt sich natürlich auf die Spannungsfestigkeit aus. Die Steigung des Konus beträgt 3 ... 5 %. Es hat sich gezeigt, daß sie genügt, um eine ausreichende Spannungsfestigkeit zu erhalten. Der Raum des Konus wird hierauf der ganzen Länge nach mit einer sorgfältig und ganz fest aufgebrachten Papierbewicklung versehen, deren Gesamtdurchmesser wesentlich größer ist als der Durchmesser der ursprünglichen isolierten Ader. An beiden Seiten setzt man die Verstärkung wieder konusförmig ab — allerdings mit größerer Steigung — und bewickelt das Ganze im Anschluß an die Metallisierung der Ader erst mit Zinn- oder Bleifolie, darüber fest mit imprägniertem Nesselband.

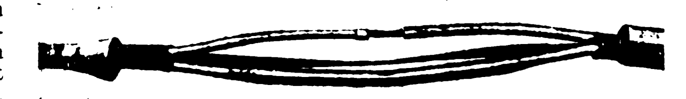


Abb. 2. Wickelmuffe für 60 kV.

Für Muffen mittlerer Spannung, also bis etwa 40 kV, werden die Drähte des Leiters in eine flache Hülse aus gut leitendem Metall eingelötet. Es sei bemerkt, daß die Verwendung solcher flacher Hülsen mit Öffnungen für das Löten die Herstellung der Verbindung wohl vereinfacht, jedoch ist die darauf folgende Bewicklung

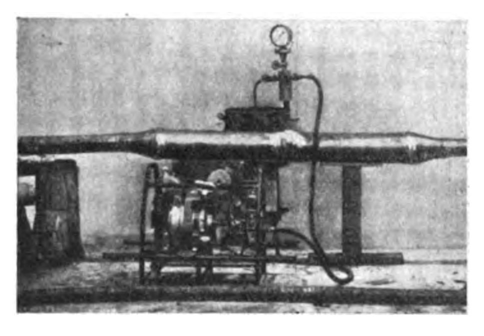


Abb. 3. Vakuumfüllung der Bleimuffe.

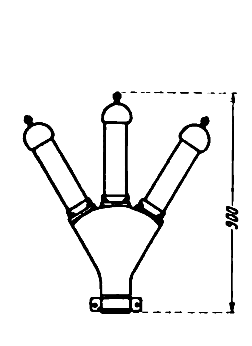
schwieriger als bei einem vollkommen glatten Leiter. Gerade die innersten, dem Leiter zunächst befindlichen Papierlagen erfordern bei Kabeln höherer Betriebsspannung wegen der höheren Beanspruchung besondere Aufmerksamkeit. Die mechanische Festigkeit und gute elektrische Leitfähigkeit einer sachgemäß ausgeführten Lötstelle ohne Schloß steht außer Frage und ist zudem praktisch untersucht worden.

Abb. 2 zeigt in der untersten Ader die fertige metallisierte Wickelstelle, die obere Ader enthält die schloßlose Verbindung, die mittlere den beiderseits abgesetzten inneren Konus. Es ist noch zu erwähnen, daß vor Verbindung der Adern die Einzelteile der Bleimuffe, bestehend aus einem Bleirohr und zwei Abschlußtrichtern,

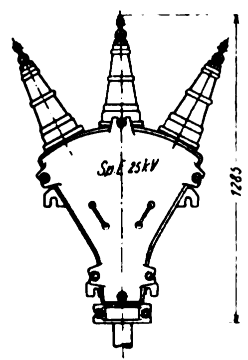
* Nach einem Vortrag, gehalten in Köln am 8. IV. 1929 vor der Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen. Eingeg. 14. X. 1929.

auf das Kabel aufgeschoben werden. Sie sind im Bilde teilweise zu sehen. Bei einer Muffe für 60 kV beträgt die Länge des Konus etwa 400 mm, die Länge der fertigen Bleimuffe 1840 mm. Verbindungsstellen bei Kabeln höherer Spannung, z. B. 100 kV, werden nach den gleichen Grundsätzen hergestellt.

Nachdem das Bleigehäuse montiert und mit dem Bleimantel verlötet ist, werden alle Hohlräume der Muffe unter Vakuum mit heißer Kabelimprägniermasse ausgefüllt. Die Ausführung der Vakuumfüllung zeigt Abb. 3. Auf einen in die Bleimuffe eingelöteten Nippel wird ein Aufsatz aufgeschraubt, der einen Druckmesser sowie die Zuleitungen zur Vakuumpumpe und zum Massegefäß (hinter der Muffe) trägt. Die Vakuumpumpe wird mit Benzinmotor angetrieben. Die Bleimuffe aus Hartblei ist so durchgebildet, daß sie dabei dem atmosphärischen Überdruck standhält. Zum Schluß erhält die Muffe noch ein Schutzgehäuse aus Gußeisen. Die Gesamtlänge der fertigen Muffe beträgt 2,3 m.



Hartpapierisolatoren



Porzellanisolatoren

Abb. 4. Endverschlüsse für 25 kV.

Über die Endverschlüsse ist im allgemeinen zu sagen, daß ihre Herstellung einfacher ist als die der Muffen. Schwierigkeiten bereitet höchstens die Metallisierung der Adern, für die ja ein besonderer Abschluß gefunden werden muß[1]. Hierbei haben sich Wickelkeulen mit Konus und Sprühring gut bewährt. Bei Innenraum-Endverschlüssen kann man mit Vorteil statt der Porzellanisolatoren solche aus bakelisiertem Hartpapier verwenden. Porzellanisolatoren sind ja mit vielen Nachteilen behaftet: sie sind zerbrechlich, schwer, daher schlecht zu montieren, teuer, benötigen bei der Beschaffung lange Lieferfristen usw. Isolatoren aus bakelisiertem Hartpapier sind frei von diesen Nachteilen und besitzen darüber hinaus in die Augen springende Vorteile. Wegen ihres geringen Gewichtes können nämlich zunächst die Gußteile kleiner gehalten werden. Abb. 4 stellt vergleichsweise zwei Endverschlüsse für H-Kabel mit Porzellan- und Hartpapierisolatoren für 25 kV nebeneinander dar. Der Größenunterschied sowohl der Gußteile als auch der ganzen Endverschlüsse ist in die Augen fallend. Für den links abgebildeten Endverschluß mit Hartpapier konnte ein für 6 ... 12 kV normalisierter Gußteil (Typ F 3) verwendet werden. Dieser Gußteil ist allseitig geschlossen und einteilig; er gewährt daher bei einer etwaigen Vakuumfüllung noch besondere Vorteile durch seine Dichtigkeit.

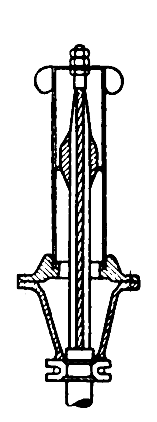


Abb. 5. Einfach-Endverschluß für H-Kabel.



Abb. 6. Dreifach-Endverschluß für 25 kV-H-Kabel.

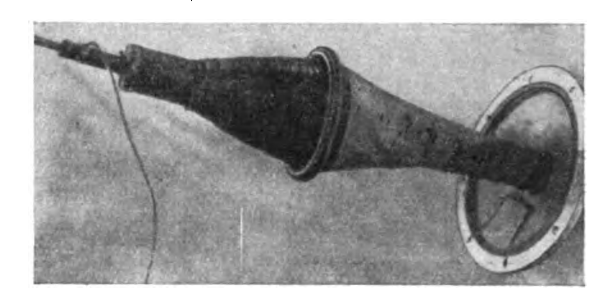


Abb. 7. Einleiter-Endverschluß für 150 kV.

Die Verkleinerung der Abmessungen wird auch durch die Tatsache ermöglicht, daß sich die einzelnen Adern des H-Kabels aus dem Verband des Kabels lösen lassen, ohne daß an den elektrischen Feldverhältnissen eine Änderung eintritt. Im Gußgehäuse des Endverschlusses wird lediglich eine Aufteilung der Adern des Kabels vorgenommen; der Abschluß der Metallisierung sitzt, wie gleich noch gezeigt werden soll, im Isolator selbst.

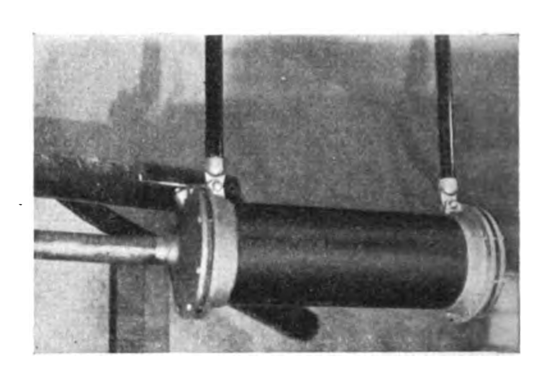


Abb. 8. Horizontal-Endverschluß für 150 kV (Gleichstrom).

Bei Endverschlüssen für H-Kabel wird man das Innere des Isolators so geräumig halten, daß man den Metallisierungsabschluß darin unterbringen kann. Abb. 5 zeigt das Innere eines Einleiter-Endverschlusses für metallisierte Kabel mit Hartpapierisolatoren. Die Metallisierung wird bis zum Sprühschutzring auf der Wickelkeule geführt und endet also im Innern des Isolators oberhalb des Gußteiles (um dies zu veranschaulichen, ist in der schematischen Abb. 5 die Keule besonders hoch gesetzt). Durch diese Maßnahme wird die Stelle, wo die Ader aus dem Gußgehäuse in den Isolatorraum übertritt, elektrisch stark entlastet und fast feldfrei. Bei anderen Endverschlüssen ist es notwendig, an dieser Stelle einen Durchführungsisolator zu verwenden, der die Ader zentrisch führt. Dies geht aus Abb. 6 deutlich hervor, die eine frühere Konstruktion eines Endverschlusses für 25 kV wiedergibt (vgl. Abb. 4, rechts). Die Metallisierung der Einzeladern endet hier mit einem Sprühschutztrichter im Innern des verhältnismäßig großen Gußgehäuses. Da die Ader von da ab keine Metallisierung mehr trägt, müssen Durchführungsisolatoren verwendet werden, die weit in das Gußgehäuse hineinragen und die Ader zentrisch im Flansch führen. Hier liegt also an der Stelle, wo die Ader im Isolator aus dem Gußgehäuse tritt, zwischen Ader und Befestigungsflansch des Isolators die Phasenspannung. Bei der neuen Konstruktion gemäß Abb. 5 ist jedoch diese Stelle praktisch feldfrei, daher spielt es auch gar keine Rolle, ob die Ader im Flansch zentrisch verläuft oder nicht. Für die elektrische Sicherheit würde es sogar gar nichts ausmachen, wenn die metallisierte Aderoberfläche den inneren Flansch berühren würde. Abb. 7 zeigt das Innere eines in dieser Art ausgeführten horizontalen Einleiter-Endverschlusses

[1] Vgl. Löbner, Arch. El. Bd. 17, S. 152.



an einem kürzlich für eine Gleichrichteranlage gelieferten 150 kV-Kabel. Aus räumlichen Gründen mußte der Endverschluß waagerecht befestigt werden. Zwei Rohre aus bakelisiertem Hartpapier tragen von der Decke aus den Endisolator (Abb. 8). Am linken Ende ist der Einfüllstutzen für die Füllmasse sichtbar. Das Kabel selbst ist dadurch bemerkenswert, daß es einen nach Art eines konzentrischen Kabels geteilten Leiter besitzt, der hochspannungsseitig den Heizstrom für die Gleichrichterröhren führt.

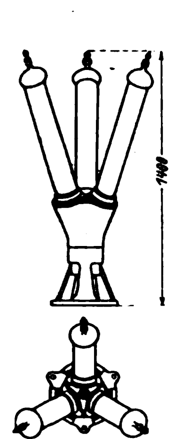



Abb. 9. Dreifach-Endverschluß für 60 kV.

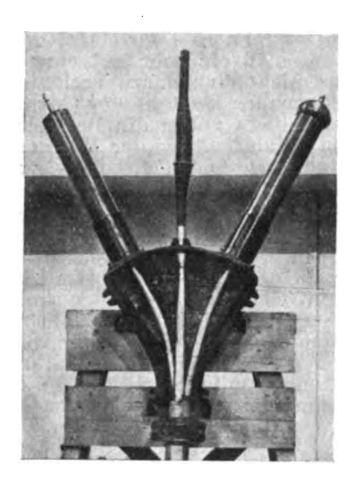


Abb. 10. Innenraum-Endverschluß für 60 kV.

Gegen die Verwendung von bakelisiertem Hartpapier sind oft Einwände erhoben worden, sie sind jedoch gegenstandslos, nachdem die Praxis die vollkommen einwandfreie Brauchbarkeit von Stützern und Durchführungen aus Hartpapier für Höchstspannungsanlagen erwiesen hat. Statistiken beweisen sogar, daß die Zahl der Defekte und Störungen bei Hartpapierisolatoren nur einen Bruchteil derer bei Porzellan beträgt. Vorausgesetzt wird natürlich Hartpapier von einwandfreier Beschaffenheit.

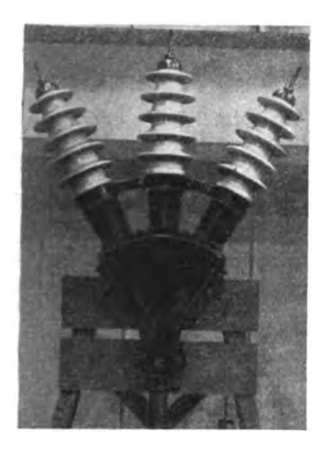


Abb. 11. Freiluft-Endverschluß für 60 kV.

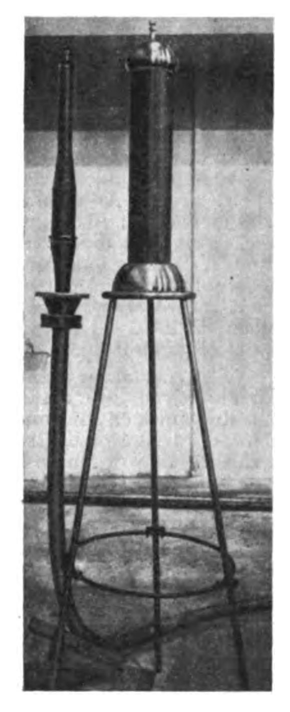


Abb. 12. Wickelkeule im Endverschluß für 100 kV.

Bei einem Endverschluß für H-Kabel von 60 kV mit Isolatoren aus Hartpapier beträgt die Höhe des Gußteiles (ohne Stativ) nur 46 cm (Abb. 9). Den Einbau der zubereiteten Kabelspitzen in das Gußgehäuse bei einem 60 kV-Kabel zeigt Abb. 10: mittlere Ader ohne, linke Ader mit Isolator, rechte mit Isolator und Sprühschutzkappe. Abb. 11 gibt einen Freiluft-Endverschluß für gleiche Spannung wieder. Bei den H-Kabeln läßt sich, wie schon oben gesagt, jede Ader aus dem Verbande des Kabels lösen; diese Eigenschaft ermöglicht die Konstruktion von sogenannten Dreifach-Endverschlüssen, wie sie auch von anderer Seite[2] vorgeschlagen sind: Das Dreileiterkabel wird bis zu einer Aufteilungsmuffe aus Blei geführt, die drei metallisierten Einzeladern laufen von da getrennt bis zu Einleiter-Endverschlüssen. Geschützt sind die Adern durch übergeschobene und angelötete Bleirohre. Nach der Montage werden alle Hohlräume der Endverschlüsse, Rohre und Aufteilungsmuffe durch Vakuum mit heißer Kabelimprägniermasse gefüllt. Die Vorteile dieser Art Endverschlüsse für höhere Spannungen liegen darin, daß man jede Phase für sich dorthin führen und endigen lassen kann, wo es gerade die örtlichen Verhältnisse bedingen. Man kommt mit drei Stück Einleiter-Endverschlüssen aus, spart das große Gußgehäuse und Füllmasse.

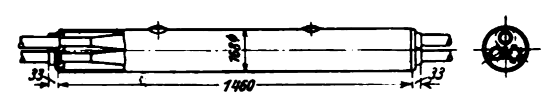


Abb. 13. Bleimuffe für Dreimantelkabel.

Die Wickelkeule im Endverschluß einer Phase eines Drehstromsystems von 100 kV ist in Abb. 12 wiedergegeben. Die Keule ist 350 mm lang und 100 mm dick. Neben der Spitze steht der Isolator mit Sprühschutzkappen, der aufgesetzt wird.

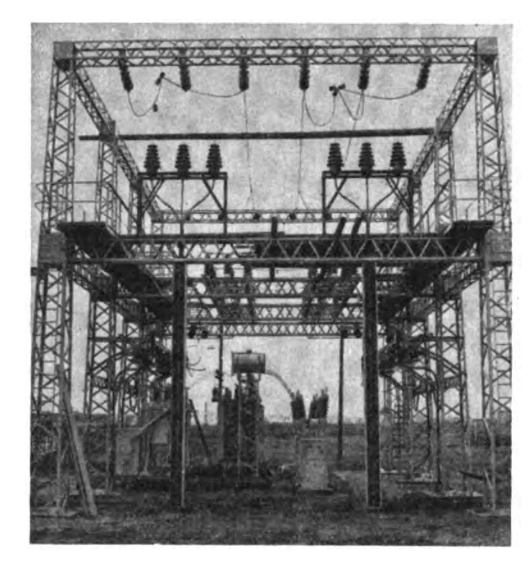


Abb. 14. Dreimantelkabel mit Endverschlüssen in einer Freiluftstation für 60 kV.

Neuerdings gewinnen Kabel mit bleiumpreßten Einzeladern (Dreimantelkabel) immer mehr an Bedeutung. Die zusätzlichen Bleimantelverluste sind hier zwar etwas höher als bei normalen Kabeln, man nimmt sie aber gern in Kauf gegenüber den Vorteilen dieses Kabeltyps: Da das Kabel aus drei Einleiter-Bleikabeln verseilt ist, hat es große Biegsamkeit; es läßt sich ferner in großen Längen herstellen und bietet bei Anwendung der Metallisierung nach Höchstädter die gleichen Vorteile wie die H-Kabel, d. h. geringe dielektrische Verluste, Ionisierungsfreiheit, Stabilität im Betriebe, höhere Belastbarkeit. Die Muffen für solche Kabel werden in der Form ausgebildet, wie sie Abb. 13 zeigt: Die drei einzelnen Bleimäntel der Adern enden in Ansatzstutzen einer gemeinsamen Bleimuffe, die die drei metallisierten Verbindungstellen umschließt. Die Verbindungstellen selbst werden hergestellt wie oben beschrieben (vgl. Abb. 1 u. 2). Die Anwendung eines gemeinsamen Bleigehäuses für alle drei Adern hat den Vorteil, daß nach der Montage alle drei Adern gleichzeitig in einem Prozeß mit Vakuum zur Imprägnierung behandelt werden können. Die Bleimuffe erhält ein in Abb. 13 nicht dargestelltes eisernes Gußgehäuse, das der Muffe einen stabilen mechanischen Schutz gibt. Bei den Endverschlüssen von Dreimantelkabeln ist ein mit Isoliermasse gefülltes Gehäuse nicht nötig. Man ist in der Lage, jedes der drei Einzelkabel mit einem Einleiter-Endverschluß abzuschließen, der sich ja durch seine symmetrische Einfachheit auszeichnet. Abb. 14 zeigt den Abschluß eines für eine Freiluftstation gelieferten Dreimantelkabels für

[2] Vgl. DRGM. 954 566 der AEG, siehe a. ETZ 1923, S. 297.



60 kV; Abb. 15 gibt den Zusammenbau unterhalb der Sammelschienen der zugehörigen Innenraum-Endverschlüsse wieder, die aus offenen Tragrahmen[3] mit Einleiter-Endverschlüssen bestehen. (Durch Belastungsversuche wurde übrigens dargetan, daß Gußeisen als Material für diese Endverschlüsse bis zur mittleren Stromstärke von 150 bis 200 A unbedenklich verwendet werden kann. Bei höheren Stromstärken erhält der Tragrahmen zur Befestigung der Isolatoren Einsätze aus unmagnetischem Material.)

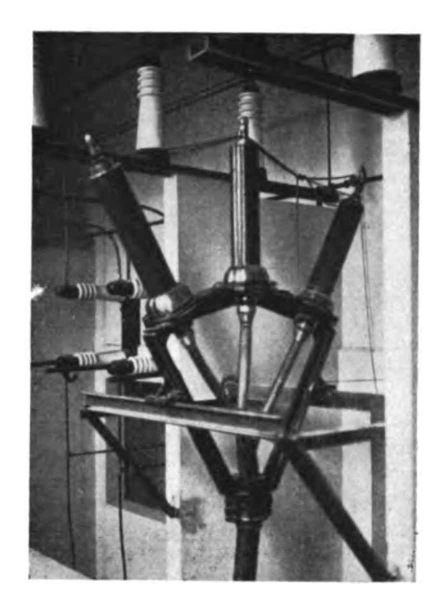


Abb. 15. Innenraum-Endverschlüsse für Dreimantelkabel für 60 kV.

Vielfach ist es zweckmäßig, die Adern des Kabels je nach den örtlichen Verhältnissen einzeln enden zu lassen, so daß man sie nach Wunsch montieren kann, in anderen Fällen ist es angebracht, als Endverschluß des ganzen Kabels eine konstruktive Einheit zu besitzen. Beiden Anforderungen genügt der kombinierte Abschluß eines Kabels mit bleiumpreßten Einzeladern (Abb. 16). Er besteht aus einem Tragrahmen mit abnehmbaren Einleiter-Endverschlüssen. Einmal läßt er sich als Ganzes verwenden, wie es die rechte Hälfte des Bildes zeigt, anderseits lassen sich die abnehmbaren Einzelendverschlüsse so montieren, wie es den örtlichen Bedingungen entspricht. Diesen Konstruktionen sind folgende Vorteile eigentümlich: geringes Gewicht, daher leichte Montage, geringer Platzbedarf, Übersichtlichkeit, kleiner Bedarf an Vergußmasse.

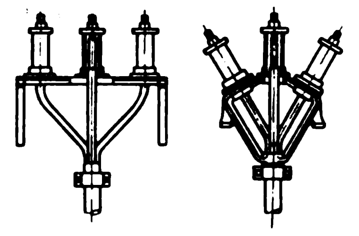


Abb. 16. Kombinierter Abschluß für Dreimantelkabel.

Über die Prüfungen, die man an Neukonstruktionen von Garnituren vornehmen wird, sei zum Schluß noch folgendes gesagt. Die Anforderungen, die an die Garnituren gestellt werden, müssen die gleichen sein wie bei dem Kabel selbst, für das sie bestimmt sind. Bei einer Spannungsprüfung sollen sie also mindestens die gleiche Spannungsfestigkeit wie das Kabel selbst besitzen. Probeweise fertiggestellte Garnituren werden zunächst also auf Spannungsfestigkeit geprüft. Bei den Endverschlüssen wird die Spannung mehrere Male bis zum Überschlag gesteigert, ohne daß sich Schäden ergeben dürfen. Ein gutes Kriterium für Muffen geben die dielektrischen Verluste. Obgleich die zusätzlichen Wattverluste der einzelnen Muffe auf eine größere Kabellänge wenig ausmachen und kaum von den eigentlichen Kabelverlusten zu trennen sind, so liefert doch die Verlustkurve, aufgenommen an kurzen Kabelstücken mit eingebauter Muffe, ein gutes Bild über den Zustand der Muffe, weiter aber auch über die Arbeitsweise und die Eignung des jeweiligen Monteurs.

[3] Vgl. ETZ 1929, S. 310.

Eine scharfe Prüfung, die den Betriebsverhältnissen recht nahe kommt und sich mit verhältnismäßig einfachen Mitteln durchführen läßt, besteht in periodisch abwechselnder Strom- und Spannungsbelastung. Das Kabel wird mit seinen Garnituren zunächst mehrere Stunden mit dem höchstzulässigen Strom belastet, bis es vollkommen durchgewärmt ist, und hierauf mit der 1,5- ... 2fachen Betriebsspannung bis zur vollkommenen Wiederabkühlung gespannt, was ebenfalls mehrere Stunden in Anspruch nimmt. Kann diese Prüfung neben den bereits erwähnten mehrere Tage lang ohne Fehler durchgeführt werden, so darf man von der Güte aller Teile überzeugt sein.

Der Einbau der Garnituren auf der Strecke fordert naturgemäß ein sehr gut ausgebildetes Monteurpersonal, wenn nicht eine ganze verlegte Kabelstrecke wegen unsachgemäßer Montage der Garnituren gefährdet sein soll. (Neuerdings gehen die Bestrebungen dahin, die menschliche Handarbeit bei der Muffenherstellung durch rein maschinelle Methoden überflüssig zu machen.)

Beiläufig sei bemerkt, daß aus diesem Grunde die AG. Kabelwerk Duisburg ihren Prüffeldern eine Monteurschule angegliedert hat, in der die Streckenmonteure mit den neuesten Arbeitsmethoden vertraut gemacht werden, die zur Herstellung von hochwertigen Verbindungen in Muffen üblich geworden sind. Nach erfolgter Unterweisung werden in der Schule von den Monteuren Probemuffen in Kabelstücke eingebaut und Endverschlüsse angebracht, die nach Fertigstellung den oben geschilderten Prüfungen unterzogen werden. Für die Streckenmontage werden schließlich nur solche Monteure gewählt, die die ihnen aufgegebenen Probemontagen — mehrere Muffen und Endverschlüsse verschiedenen Typs — einwandfrei ausgeführt haben.

Freiluftanlagen in Frankreich.

Man war im Jahre 1921 in Frankreich noch der Meinung, daß Freiluftanlagen bei Spannungen unter 100 kV nicht in Frage kämen. Jedoch schon im Jahre 1923 verwendete man auf Grund der amerikanischen Praxis Freiluftanlagen mit Spannungen bis 33 kV. Im Jahre 1925 benutzte man die Freiluftanlagen jedoch schon bei Spannungen von 15 und 5 kV. S. Teszner[1] beschreibt die Anlage Bully-les Mines, die mit den eben erwähnten Spannungen seit dem Jahre 1925 mit gutem Erfolge arbeitet. Obwohl für die Apparate auf der 5 kV-Seite Konstruktionen Verwendung fanden, die sonst bei Betriebspannungen von 33 kV benutzt werden, ergab sich doch bei der Anwendung einer Freiluftanlage noch eine Ersparnis von 10 % gegenüber einer Gebäudestation. Der Gesamtaufbau dieser Freiluftanlage bietet an sich nichts Neues, denn es handelt sich um einen Hechbau mit Gittermasten, der in Deutschland nur in Ausnahmefällen gebaut wird. Die Trennschalter z. B. sitzen in einer Höhe von 6 ... 10 m. Die Sammelschienen sowie die übrigen Verteilungsleitungen sind aus Kupferrohr hergestellt.

Der Verfasser weist darauf hin, daß infolge der guten Erfahrungen, die man in Frankreich allgemein mit den Freiluftanlagen gesammelt hat, auch in tropischen Gegenden derartige Konstruktionen verwendet werden. In Frankreich werden fast ausnahmslos die Freiluftanlagen in zwei oder drei Stockwerken über der Erde ausgeführt. Verfasser weist auch auf die deutschen Anlagen hin, die in ihrem Gesamtaufbau, namentlich hinsichtlich der Eisenkonstruktionen, viel ruhiger wirken als die französischen und amerikanischen Bauarten. Um diese Tatsache zu zeigen, werden in dem Artikel die Freiluftanlagen in Gößnitz und Wildau im Querschnitt gezeigt[2].

Zum Schluß beschreibt der Verfasser noch die große Freiluftanlage „La Neuveville" bei Nancy, die in der bekannten Hochbauweise mit Gitterträgern ausgeführt wurde. Sie arbeitet mit einer Spannung von 120/65 kV und hat eine Grundfläche von 220 · 47 m. Die Sammelschienenverbindungen sind aus Stahlröhren hergestellt und die schweren Apparate wie Transformatoren und Ölschalter sind in der üblichen Weise auf Betonsockeln montiert. Der Verfasser erwähnt auch noch die in Italien ausgeführten Freiluftanlagen, über die ein Dach gesetzt wurde, und bemerkt dazu, daß man in Frankreich von diesen Konstruktionen absehen würde.

Die klare, sachliche und objektive Darstellung des Verfassers ist anerkennenswert. *Pr.*

[1] Génie civil Bd. 94, S. 1.
[2] Vgl. ETZ 1928, S. 382.



Untersuchungen über dielektrische Verluste bei Dauerbeanspruchung und verschiedenen Temperaturen.

(Mitteilung aus dem Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule in Delft.)

Von **H. W. L. Brückman**, Delft (Holland).

Übersicht. **Es wird ein Apparat zur Untersuchung dielektrischer Verluste bei verschiedenen Druck- und Temperaturverhältnissen beschrieben. Weiter wird über Versuche berichtet, die mit diesem Apparat an Gummi und Öl unter Abschluß von Luft oder Sauerstoff ausgeführt wurden, und es wird versucht, für die wahrgenommenen Erscheinungen eine Erklärung zu geben. Zwischen den bei Kabelisolierölen gefundenen Eigenschaften und bekannten Betriebsunfällen im Kabel wird ein Zusammenhang herzustellen versucht.**

I.

Noch immer ist das Bedürfnis nach einem unter verschiedenen Betriebszuständen widerstandsfähigen Isolierstoff nicht endgültig befriedigt und es ist also sehr nötig, die Eigenschaften der Isolierstoffe noch eingehender zu untersuchen, als es bis jetzt der Fall war. Hierzu wäre in erster Linie zu bemerken, daß man nicht nur bei Umgebungstemperatur untersuchen soll, sondern daß auch für höhere Temperaturen, mindestens bis 100°, bekannt sein muß, wie sich die isolierenden Eigenschaften der Stoffe ändern. Weiter ist der große Einfluß der umgebenden Atmosphäre zu beachten.

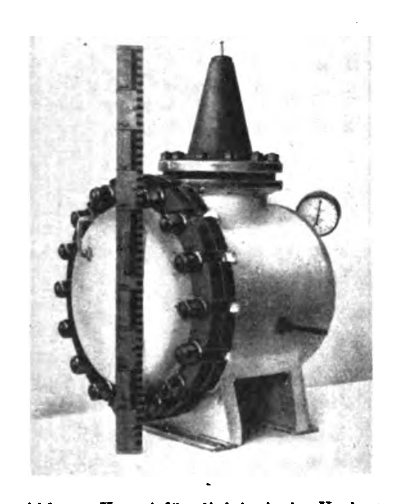


Abb. 1. Kessel für dielektrische Verlustmessungen (geschlossen).

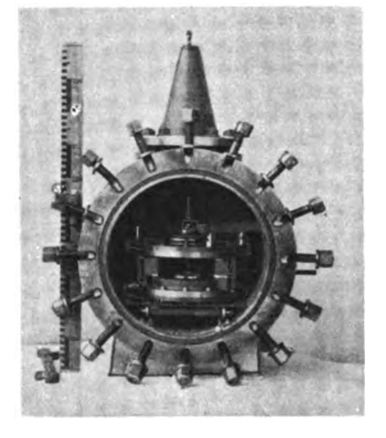


Abb. 2. Kessel für dielektrische Verlustmessungen, geöffnet, mit Kondensator.

Will man sich auf Untersuchungen der Isolierfähigkeit durch dielektrische Verlustmessungen beschränken, so braucht man einen in ein geschlossenes Gefäß eingebauten Kondensator. Um auch die dielektrischen Umstände so einfach und übersichtlich wie möglich zu machen und die physikalischen Erscheinungen nicht durch Nebendinge zu trüben, ist es weiter nötig, die Untersuchungen in einem homogenen Felde vorzunehmen (planparallele Kondensatorbeläge). Meist werden die dielektrischen Verluste in einer Wechselstrombrücke untersucht. Obgleich auch bei den vorliegenden Untersuchungen diesem Wege gefolgt wurde, darf nicht unerwähnt bleiben, daß in vielen Fällen dieses Verfahren unnötig umständlich ist; eine gewöhnliche Isolationsmessung, aber in demselben elektrischen Felde, ist öfters genau so aufschlußreich und, wenn man hochgespannten Gleichstrom zur Verfügung hat, wegen der Verwendungsmöglichkeit von Drehspulgalvanometern einfacher und genauer. Im Laufe des Aufsatzes wird noch darauf zurückgekommen.

Das benutzte Kondensatorgefäß ist in Abb. 1 und 2 geschlossen und geöffnet dargestellt. Der Kessel ist druckfest für 20 at und hat verschiedene Durchführungen, eine oben sichtbare für die Einführung von Spannungen bis zu 50 kV in den Kessel, weiter unten eine ebenfalls sehr gut isolierte, durch die der untere Kondensatorbelag mit der Meßeinrichtung verbunden werden kann. Weitere Durchführungen dienen der Stromzuführung an die Heizspirale und der Temperaturmessung mittels Thermoelemente. Der Kessel kann mit im Vakuum getrockneten Ölen oder mit Gasen unter Druck gefüllt oder aber auch evakuiert werden. Von den beiden planparallelen Flächen des Kondensators kann die obere durch Mikrometerschrauben auf einen gewissen Abstand von der unteren eingestellt werden. Der untere Belag ist nach P r i c e ausgeführt, d. h. der mittlere Teil (12 cm Dmr.) ist zu der Meßeinrichtung geführt und der Rand kann geerdet oder auch auf das Potential des Vibrationsgalvanometers gebracht werden. Da eine mögliche Erwärmung des Isolierstoffes durch das elektrische Feld selbst und durch Stromwärme möglichst wenig Temperatursteigerung im Kondensator erzeugen soll, ist die Wärmekapazität der aus dickem Messing bestehenden Beläge groß gewählt und für gute Wärmeabfuhr durch Konvektion und Strahlung Sorge getragen worden.

Als Isolierstoff für Meßkondensator und Kessel wurden verschiedene Stoffe versucht, wobei sich wieder die Notwendigkeit der auszuführenden Untersuchungen dadurch ergab, daß nach längerer oder kürzerer Zeit das Gerät durch Durchschläge oder durch allmählich entstehende Leckwiderstände unbrauchbar wurde. Letztere Fehler sind insofern besonders unangenehm, als sie die Meßergebnisse nur fälschen, nicht aber die Messung an sich unmöglich machen. Im allgemeinen war daher unsere erste Erfahrung, daß es ein wirklich brauchbares Material für

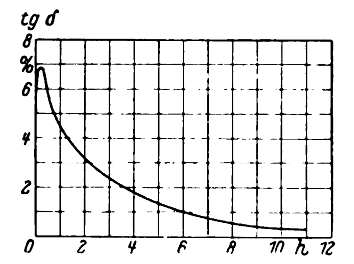


Abb. 3. Dielektrische Verluste von wasserhaltigem Öl.

Hochspannung von 30 ... 50 kV/cm, einen Druck von einigen Atmosphären und Temperaturen bis 120° nicht gibt; zum Schluß waren alle anderen Isolierstoffe aus dem Kessel wieder verschwunden außer Porzellan und Quarz, deren Bearbeitbarkeit nicht eben bewundernswert ist.

II.

Zuerst seien einige Untersuchungen an G u m m i und G u t t a erwähnt. Gummiplatten von 2 ... 5 mm Dicke, wie sie für isolierte Drähte Anwendung finden, wurden in den Apparat gebracht, dieser evakuiert und durch Phosphorpentoxyd getrockneter Stickstoff von einigen Atmosphären Druck in den Kessel gelassen. Anfänglich werden dann in Feldern von 10 ... 30 kV/cm für den tg δ Werte gefunden, die für die Hochspannungstechnik sehr zufriedenstellend sind, aber schon nach einigen Stunden beginnen die Werte zu steigen und nach einigen Tagen unter Spannung muß in allen Fällen ausgeschaltet werden, weil die Verluste derart angewachsen sind, daß entweder der speisende Hochspannungstransformator überlastet wird oder auch trotz der großen Wärmekapazität und guten Wärmeabfuhr des Kondensators die Temperatur nicht mehr konstant zu halten ist. Öffnet man nun die Apparatur und untersucht nach dem ersten Ansteigen

des Verlustwinkels das Material, so kann man unter dem Mikroskop oder nach längerer Spannungsbeanspruchung mit bloßem Auge in und auf dem Isolierstoff, der anfänglich weißgrau ist, braune Flecke wahrnehmen. Hat man den Versuch länger dauern lassen, so sieht man, daß unter dem Einfluß des Feldes das Gummi seine chemische Zusammensetzung offenbar völlig geändert hat. Es sieht aus, als ob ein Verrottungsprozeß in dem Material stattgefunden habe, die kranken Stellen sind nicht mehr fest, das Gummi ist dort mehr oder weniger flüssig geworden wie Pech. Es ist deutlich, daß man auf diese Weise den sich bei einem Durchschlag abspielenden Vorgang auf halbem Wege unterbricht, denn der ganze Durchbruchprozeß geht jetzt allmählich vor sich; wenn das Gummi im Kondensator derart verändert worden ist, was je nach Qualität in wenigen Stunden oder Tagen der Fall sein kann, isoliert es wohl noch, aber nicht mehr wie im Anfang wie ein Hochspannungsmaterial, sondern eher wie Holz oder Fiber. Der Versuch lehrte oder vielmehr bestätigte also zwei Tatsachen: Gummi ist für Hochspannung unbrauchbar und Luft oder Sauerstoff spielen hierbei nicht die Rolle, die man ihnen gewöhnlich beimißt, denn dieser Versuch war ja unter vollständigem Abschluß von Luft und Sauerstoff ausgeführt. Wir werden weiter unten noch Gelegenheit haben, auf die chemische Wirksamkeit des elektrischen Feldes zurückzukommen.

der Zeiger in Bewegung, so wird durch das Meßsystem Arbeit aufgenommen und wir werden für tg δ während der Bewegung einen größeren Wert finden. Durch dieses Beispiel erklärt sich auch, daß bei Spannungsänderung von neuem eine Inkonstanz beginnt, bis sich das neue Gleichgewicht eingestellt hat. Diese Gleichgewichtslage kann auf verschiedene Weise erreicht werden; die Anfangskurve für tg δ ist also kaum reproduzierbar und auch für verschiedene Frequenzen verschieden. Der Endwert aber, der im Beharrungszustand auftritt, ist immer auf denselben Isolationswert zurückzuführen, den man auch bei Gleichstrom nach dem Erreichen eines konstanten Ausschlages des Galvanometers mißt (Abb. 6).

Aus dem Vorhergehenden kommt man also zu folgendem Schluß. Die Arbeitsverluste, die man dielektrische Verluste nennt, kann man in zwei Gruppen einteilen, u. zw.:

1. Transiente oder vorübergehende Verluste, das sind Arbeitsaufnahmen im Dielektrikum, die vornehmlich davon herrühren, daß die elektrische Energie sich leicht in andere Energieformen umwandelt (mechanische Arbeit, Wärme, potentielle Energie im Schwerkraftfelde). Diese Verluste sind von der Frequenz abhängig und ziemlich harmlos, jedoch mindern sie den Wert der Verlustbestimmung als Qualitätsmessung. Auch Umwandlungen in chemische Energie können auftreten; sie führen zur Zerstörung des Materials.
2. Stationäre oder Widerstandsverluste, das sind rein Joulesche Verluste, die von der Frequenz bis zu sehr großen Periodenzahlen unabhängig sind. Maßgebend für die Qualität des Isolierstoffes sind sie nur dann, wenn unter den erstgenannten Verlusten keine chemischen Umwandlungen vorkommen.

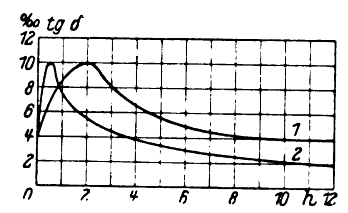


Abb. 4. Dielektrische Verluste von dickflüssigem (1) und dünnflüssigem (2) Öl.

Abb. 5. Dielektrische Verluste bei verschiedenen Temperaturen (Einfluß der Viskositätsänderung).

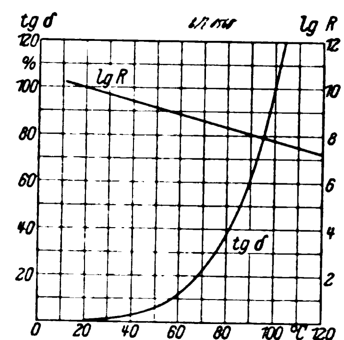


Abb. 6. Dielektrische Verluste bei verschiedenen Temperaturen (Endwerte und die aus tg δ berechneten Werte für den Widerstand).

III.

Merkwürdig sind auch die Erscheinungen bei der Untersuchung von Ölen. Schon Möllinger hat in seiner Dissertation darauf hingewiesen[1], daß die Verluste mit der Zeit abnehmen (Abb. 3). Tatsächlich können die Verluste (tg δ) von einigen Prozenten bis zu einigen Promille abnehmen, wenn man nicht sehr sorgfältig getrocknetes Öl anwendet. Dann wird die anfänglich große Arbeitsaufnahme des Isoliermaterials dazu verwendet, die Wasserteilchen nach den Elektroden wandern zu lassen, wofür in dem dickflüssigen Öl natürlich Reibungsarbeit erforderlich ist. Es läßt sich auch feststellen, daß der Ruhezustand später eintritt, wenn das Öl dickflüssiger ist; ist aber das Öl so dick, daß Bewegung nicht mehr möglich ist, so tritt der Ruhezustand ebenfalls schon nach kurzer Zeit wie bei sehr dünnflüssigen Ölen ein. Aber auch wenn das Öl mehr oder weniger vollständig trocken ist, vergeht doch noch immer eine gewisse Zeit (je nachdem Minuten, Stunden, auch wohl Tage, wenn das Öl stark verunreinigt ist, z. B. durch Fasern), während welcher die Verluste sich stark ändern; auch diese Änderungen können dem mechanischen Arbeitsverbrauch durch innere Reibung der sich im Felde einstellenden Teilchen mit verschiedener Dielektrizitätskonstante zugeschrieben werden (Abb. 4).

Daß Viskosität und innere Reibung hier eine Rolle spielen, sogar eine ausschlaggebende, wenn man nicht aufpaßt und nicht mit genügender Geduld auf den Beharrungszustand wartet, kann man auch bei Verlustmessungen bei verschiedenen Temperaturen bemerken. Bei sinkender Temperatur müssen der Theorie nach die Verluste kleiner werden, also tg δ sinken (Abb. 5), aber oft wird man bemerken, daß tg δ bei fallender Temperatur steigt, nur weil durch Viskositätsänderung die innere Reibung steigt, und je ungleichmäßiger das Feld oder je inhomogener das Öl ist, je mehr Verlustwinkel und Viskosität zusammenhängen, um so mehr sind die gefundenen Werte bei verschiedener Frequenz und bei Gleichstrom verschieden.

Man kann dieses Phänomen mit dem Isolationszustand eines sich einstellenden Elektrometers vergleichen. Ist das Elektrometer, das wir mit sehr guter Isolation voraussetzen, in Ruhe, so messen wir tg δ = 0, ist aber

[1] Möllinger, Dissertation T. H. Darmstadt 1926.

IV.

Die auf diese Weise gemessenen Größen — bei Gleichstrommessung als Isolationswiderstand, bei Wechselstrommessung als dielektrischer Verlust (tg δ) bezeichnet — sind für die Qualitätsbestimmung nur wenig brauchbar. Bei an sich guten Isolierstoffen ist es kaum möglich, auf diese Weise brauchbare Qualitäten von den weniger brauchbaren zu unterscheiden. Die Unterschiede kommen vielmehr erst zutage, wenn man die Messung auf höhere Temperaturen ausdehnt.

Man kann Stoffe aussuchen, die alle bei 10 ... 20 ° einen Verlustwinkel von nicht mehr als 2 ... 5 ‰ haben, d. h. bei denen der Wattstrom nur 2 ... 5 Tausendstel des Verschiebungsstromes beträgt; schon bei 40 ° kann aber dann das eine Material einen Wattstrom gleich dem Verschiebungsstrom, die anderen einen zweimal so großen Wert haben, während bei einem dritten tg δ nur 5 % ist. Man kann dann Zustände erreichen (bei Kabelisolierölen z. B. bei 110 ... 120 °), bei denen der Isolierwiderstand so klein wird, etwa 10^9 Ω/mm/cm², daß die eigene Joulesche Wärme im Material genügt oder sogar schon zu groß ist, um die Wärmeverluste des Apparates zu decken. Dann heizt also die Spannung den Isolierstoff von selbst und es folgt mehr oder weniger schnell ein Durchschlag, weil ein labiler Zustand eingetreten ist. Auf diese Weise kann man Öl, das erst auf etwa 120 ° angewärmt ist, in ein paar Tagen durchschlagen, da durch die Hochspannungsquelle in das Öl etwa 10 W geliefert werden (10 kV, 10^7 Ω Widerstand des Kondensators). Auch kann man durch Erwärmung die chemische Zusammensetzung der Isolierstoffe ändern; bei der Abkühlung treten dann nicht wieder dieselben niedrigen Werte wie zuvor auf und diese Tatsache ist für die Qualitäts-

bestimmung sehr wichtig. Damit erklärt es sich auch, daß ein Kabel unter Betriebspannung, das einmal durch Überlastung oder sonstwie eine zu hohe Temperatur bekommen hat, durch Selbstheizung des Isolierstoffes erst längere Zeit nach dem Auftreten der Belastung durchschlägt.

V.

Es wird klar sein, daß bei dem Vorhergehenden Gas- oder Luft- oder Vakuumblasen im Isolierstoff gar keine Rolle zu spielen brauchen. Doch ist es, besonders bei Kabelisolierstoffen, sehr interessant, auch den Einfluß der eingeschlossenen Gase zu untersuchen. Ist das Gas atmosphärische Luft, so tritt eine fortwährende Wasserabsorption ein. Dann nehmen also allmählich die Verluste zu und ein Durchschlag ist unabwendbar. Aber auch Gasabsorption kann schädlich sein, und sogar, wenn gar kein Sauerstoff anwesend ist und sich nur inerte Gase im Isolieröl befinden, kann man beobachten, daß die Verluste durch im Öl gelöstes Gas steigen. Evakuiert man dann den Kessel wieder und läßt von neuem Stickstoff zu, so sind die Verluste wieder kleiner geworden und die Zunahme beginnt von neuem. Diese Lösung von Gasen in verschiedenen Ölen ist allerdings unangenehm, viel unangenehmer ist aber noch die indirekte Folge, daß durch das Lösen in dem Raum, in dem sich das Gas zwischen den Isolierstoffen befand, der Gasdruck und dann die dielektrische Festigkeit abgenommen haben. Die Löslichkeit ist auch sehr von der Temperatur abhängig; bei hoher Temperatur wird zwar weniger Gas gelöst, aber durch die dann größere Flüssigkeit der Öle werden die Gase tiefer in den Isolierstoff eindringen, da sie leichter diffundieren können. Nach längerer Zeit, denn auch diese Lösung geht langsam vor sich, kann in den luftleeren Blasen, die vorher Gas enthielten, Ionisation stattfinden; außerdem ist schon in der Umgebung der Blasen das Isoliermaterial durch die gelösten Gase schlechter geworden und hier entstehen dann „hot spots", verbrannte oder jedenfalls verkohlte Stellen, und schließlich folgt der Durchschlag, wenn nicht schon vorher, gewarnt durch die Zunahme der Verluste, das Kabel außer Betrieb genommen wurde. Ein solcher Durchschlag kommt aber nur für den „plötzlich", der sich nicht durch regelmäßige Verlust- oder Isolationsmessung bei Betriebspannung davon überzeugt hat, daß diese Größen normal geblieben sind.

Untersuchung der Abschaltvorgänge in Schmelzsicherungen und Installations-Selbstschaltern bei Kurzschlüssen in elektrischen Verteilungsanlagen mit Querschnitten bis zu 6 mm² bzw. Sicherungen bis 25 A.

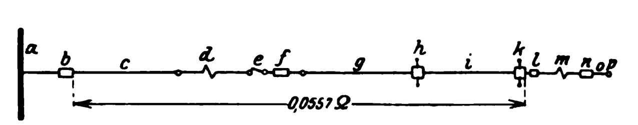
(Im Auftrag der Unterkommission für I.-S.-Schalter des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.)

Von C. **Paulus,** Oberbaurat, München.

(Schluß von S. 1835.)

Die Oszillogramme der Kurzschlußversuche 9 ... 12 (Tafel B) wurden vom Elektrischen Prüfamt 3 München in einer Gleichstrom-Hausinstallation (großes Schulgebäude) mit 234 V Spannung aufgenommen. Die Steig- und Verteilungsleitung vom Hausanschluß bis zum Unterzähler hatte einschl. der dazwischengeschalteten Apparate einen Ohmschen Widerstand von 0,11 Ω und eine Induktivität von etwa 1,5 mH. Die Versuche wurden mit Unter-

Tafel B. Oszillographische Kurzschlußaufnahmen bei 234 V Gleichstrom in einer Hausinstallation.



a Straßenverteil.-Kabel
b Hausanschluß, 2 D IV-Stöpsel 100/500
c 2 × 16,5 m NGA 70 mm² i. 2 Isolierr. 23 mm Dmr.
d Hauptzähl Is. F. 100 A, 220 V. 2 2,5 m NGA 35 mm² in 2 Isolierr. 23 mm Dr.
e Hebelschalter
f 2 Dz IV, 80/500
g 2 × 28,4 m NGA 70 mm² i. 2 Isolierr. 23 mm Dmr.
h Abzweigklemme Erdgeschoß
i 2 6 m NGA 70 mm² in 2 Isolierr. 23 mm Dmr.
k Abzweigklemme 1. Obergeschoß
l 2 Dz III, 35/500
m Unterzähler. 4 m NGA 6 mm²
n D-Stöpsel oder Elfa-Automat
o 1 m NGA 1,5 mm²
p Kurzschlußstelle

Versuchsreihe I: D II-Stöpsel 500 V.

Zusammensetzung des Kurzschlußstromkreises	Kurzschluß über einen D -Stöpsel für 6 A (0,05 Ω bei Nennstrombelastung, 0,2 Ω beim Abschmelzen): Kurzschlußstrom J_k Amp.	6 A: Überspannung $E_ü$ Volt	6 A: Zeitdauer bis zum Abschmelzen t/1000 Sek.	10 A (0,027 Ω b. Nennstrombelastung, 0,11 Ω beim Abschmelzen): J_k Amp.	10 A: $E_ü$ Volt	10 A: t/1000 Sek.	15 A (0,019 Ω b. Nennstrombelastung, 0,076 Ω beim Abschmelzen): J_k Amp.	15 A: $E_ü$ Volt	15 A: t/1000 Sek.
9. Hauptltgn. + Hauptzähler + D IV-Patr. . 0,0557 Ω Verteilungsleitung + D III-Stöpsel . . 0,054 „ Wh-Unterzähler 5 A 220 V. . . . . . 0,25 „ 0,36 Ω Unterzähler-Induktivität ≈ 1,5 mH	84	470	2,1	176 173	830 730	3,8 3,8	260 283	820 820	6,3 5,9
10. Hauptltgn. + Hauptzähler + D IV-Patr. . 0,0557 Ω Verteilungsleitungen + D III-Stöpsel 0,054 „ 0,11 Ω Ohne Unterzähler	120 112 100	290 320 280	1,1 1,3 1,2	222 245 231	370 440 480	2,3 2,1 2,1	380 446	620 470	3,3 3,9

Versuchsreihe II: Elfa-I.-S.-Schalter 250 V (thermisch-elektromagnetische Auslösung).

Zusammensetzung des Kurzschlußstromkreises	Kurzschluß über einen Elfa-I.-S.-Schalter für 6 A (0,11 Ω): Kurzschlußstrom J_k Amp.	6 A: Überspannung $E_ü$ Volt	6 A: Zeitdauer bis zum Abschmelzen t/1000 Sek.	10 A (0,05 Ω): J_k Amp.	10 A: $E_ü$ Volt	10 A: t/1000 Sek.	15 A (0,03 Ω): J_k Amp.	15 A: $E_ü$ Volt	15 A: t/1000 Sek.
11. Hauptltgn. + Hauptzähler + D IV-Patr. . 0,0557 Ω Verteilungsleitungen + D III-Stöpsel . . 0,054 „ Wh-Unterzähler 5 A 220 V. . . . . . 0,25 „ 0,36 Ω Unterzähler-Induktivität ≈ 1,5 mH	103	250	3,1	157 167	260 146	4,3 4,4	188	250	4,6
12. Hauptltgn. + Hauptzähler + D IV-Patr. . 0,0557 Ω Verteilungsleitungen + D III-Stöpsel . . 0,054 „ 0,11 Ω Ohne Unterzähler	170 178	140 140	2,8 2,2	275	150	3,1	266 275	200 200	3,7 3,4

Tafel C. Oszilllographische Kurzschlußaufnahmen bei 285 und 565 V Gleichstrom aus einer Batterie von 3000 Ah Kapazität (einstündig).

a) Kurzschluß über D II-Stöpsel für 4, 6, 10, 15 und 25 A 500 V.

		13								14				
		Prüfspannung 285 V Gleichstrom								Prüfspannung 565 V Gleichstrom				
		a)				b)								
Nennstrom des D-Stöpsels	Widerstand beim Abschmelzen des D-Stöpsels	Widerstand des Kurzschlußkreises ausschließlich Stöpselwiderstand	Gesamtwiderstand des Kurzschlußkreises einschließlich Stöpselwiderstand	Berechneter Kurzschlußstrom	Oszillographisch gemessener Kurzschlußstrom	Widerstand des Kurzschlußstromkreises ausschließlich Stöpselwiderstand	Gesamtwiderstand des Kurzschlußstromkreises einschließlich Stöpselwiderstand	Berechneter Kurzschlußstrom	Oszillographisch gemessener Kurzschlußstrom	Widerstand des Kurzschlußstromkreises ausschließlich Stöpselwiderstand	Gesamtwiderstand des Kurzschlußstromkreises einschließlich Stöpselwiderstand	Berechneter Kurzschlußstrom	Oszillographisch gemessener Kurzschlußstrom	Bemerkungen
Amp.	Ohm	Ohm	Ohm	Amp.	Amp.	Ohm	Ohm	Amp.	Amp.	Ohm	Ohm	Amp.	Amp.	
4	0,30	0,55	0,85	336	116	—	—	—	—	0,38	0,68	830	122	**Nach den geltenden Kurzschluß-Prüfbestimmungen für geschlossene Schmelzsicherungen bis 25 A ist der Widerstand des Kurzschlußstromkreises bei Gleichstrom 550 V auf 0,375 Ω abzugleichen; der rechnerische Kurzschlußstrom beträgt daher: $\frac{550}{0,375}$ = 1466 A ohne Berücksichtigung des Stöpselwiderstandes.**
6	0,20	0,55	0,75	380	192, 265, 252, 242	0,38	0,58	492	253	0,38	0,58	975	235	
10	0,11	0,55	0,66	432	435, 400, 405	0,38	0,49	582	432	0,38	0,49	1150	360, 460	
15	0,076	0,55	0,626	455	415	0,38	0,456	625	415	0,38	0,456	1240	800, 850	
25	0,045	0,55	0,595	479	—	0,38	0,425	670	582	0,38	0,425	1330	1310	

b) Kurzschluß über Elfa I.-S.-Schalter für 6, 10, 15 A 250 V Gleichstrom (380 V Wechselstrom).

		15								
		Prüfspannung 285 V Gleichstrom								
		a)				b)				
Nennstrom des Elfa-I.-S.-Schalters	Widerstand des Elfa-I.-S.-Schalters	Widerstand des Kurzschlußstromkreises ausschließlich Selbstschalterwiderstand	Gesamtwiderstand des Kurzschlußstromkreises einschließl. Selbstschalterwiderstand	Berechneter Kurzschlußstrom	Oszillographisch gemessener Kurzschlußstrom	Widerstand des Kurzschlußstromkreises ausschließlich Selbstschalterwiderstand	Gesamtwiderstand des Kurzschlußstromkreises einschließl. Selbstschalterwiderstand	Berechneter Kurzschlußstrom	Oszillographisch gemessener Kurzschlußstrom	Bemerkungen
Amp.	Ohm	Ohm	Ohm	Amp.	Amp.	Ohm	Ohm	Amp.	Amp.	
6	0,11	0,55	0,66	432	380	0,38	0,49	581	405	**Nach den zur Zeit der Untersuchung gültigen Prüfbestimmungen d. Leitsätze f. I.-S.-Schalter bis 15 A 250 V sind I.-S.-Schalter nach § 30 d. Vorschr. f. d. K. u. Pr. v. Inst. zu prüfen bei 275 V Gleichstrom, wobei der Kurzschlußstrom 500 A betragen soll. Für die Einstellung ist daher der Widerstand des Kurzschlußstromkreises ausschließlich I.-S.-Sch.-Widerstand auf $\frac{275}{500}$ = 0,55 Ω abzugleichen.**
10	0,05	0,55	0,60	476	480	0,38	0,43	663	592	
15	0,03	0,55	0,58	492	497	0,38	0,41	695	635	

zähler vor der Kurzschlußstelle ($R = 0{,}36\,\Omega$, $L = 3$ mH) und ohne Unterzähler ($R = 0{,}11\,\Omega$, $L = 1{,}5$ mH) sowohl mit D II-Stöpseln als auch mit Elfa-I.-S.-Schaltern durchgeführt. Der Hausanschluß steht über eine etwa 1 km lange Kabelleitung mit einem Unterwerk in Verbindung (Schaltbild der Tafel B).

Die Meßergebnisse, die nebst den zugehörigen näheren Angaben in der Tafel B zusammengestellt sind, bringen zum Ausdruck, daß bei kleineren Ohmschen Widerständen und geringeren Induktivitäten die Kurzschlußströme größer, die Überspannungen dagegen kleiner werden. Die Abschmelz- bzw. Stromanstiegzeiten nehmen gleichfalls ab, u. zw. bei Sicherungen verhältnismäßig viel mehr als bei I.-S.-Schaltern. Bei gleicher Netzspannung nehmen die Kurzschlußströme trotz des kleineren Widerstandes der Hausinstallation teilweise niedrigere Werte an als bei den früheren Versuchen 1 ... 8. Die Ursache hierfür ist die vollkommene Vernachlässigung des Widerstandes der Kabelleitung vom Hausanschluß bis zum Unterwerk bei der Aufstellung der obigen Widerstandswerte. Außerdem wirken die mit der Kabelvorbelastung zusammenhängenden Spannungsabfälle und die Kontaktübergangswiderstände der vielen Zwischenglieder strombegrenzend. Da die Abschaltung des Kurzschlusses in den meisten Fällen vor Eintritt des Beharrungszustandes erfolgt, bedingt auch der langsame Stromanstieg kleinere Kurzschlußströme. Über das Verhältnis der Rechnung zur Wirklichkeit geben die Abb. 27 ... 30 Aufschluß. Die Bezeichnungen sind die gleichen wie früher. Die wirklichen Kurzschlußströme bleiben stets unterhalb der errechneten; die Rechnung wird um so genauer, je kleiner die vernachlässigten Widerstände im Verhältnis zu den berücksichtigten sind.

Die Kurzschlußversuche 13 ... 15 wurden im Sicherungsprüfraum des Elektrischen Prüfamtes 3 München an einer Pufferbatterie von 3000 Ah Kapazität durchgeführt, u. zw. über D II-Stöpsel bei 285 V Spannung und einem Leitungs- und Batteriewiderstand von 0,55 bzw. 0,38 Ω, ferner über D II-Stöpsel nach § 30 der VDE-Prüfvorschriften bei 565 V Spannung und einem Kurzschlußstromkreis-Widerstand ausschl. Stöpselwiderstand von 0,38 Ω, endlich über Elfa-Druckknopf-I.-S.-Schalter entsprechend den Prüfbestimmungen der Leitsätze für I.-S.-Schalter bei 285 V Spannung und einem Leitungs- und Batteriewiderstand von 0,55 bzw. 0,38 Ω. Den I.-S.-Schaltern war bei diesen Prüfungen keine Vorsicherung vorgeschaltet.

Die Meßergebnisse sind in Tafel C zusammengestellt. Nach der Überlegung treten bei gleichbleibender Netzspannung in Kurzschlußstromkreisen mit kleineren Ohmschen Widerständen größere Kurzschlußströme auf als in solchen mit größeren Ohmschen Widerständen. Die Ergebnisse der Versuchsreihe 13 (Sicherungen) stehen z. T. in Widerspruch zu diesen Betrachtungen, deren Richtigkeit durch die Versuche 15 (I.-S.-Schalter) sowie auch durch sämtliche früheren Versuche bestätigt wird.

Ein Vergleich der Versuchsreihen 13 und 14 läßt den Einfluß, den die Netzspannung bei gleichbleibendem Widerstand des Kurzschlußstromkreises auf den Kurzschlußvorgang ausübt, erkennen. In dem vom VDE vorgeschriebenen Kurzschlußstromkreis treten bei der vorgeschriebenen

Prüfspannung bedeutend höhere Kurzschlußströme auf als in normalen Hausanlagen bei den üblichen Netzspannungen. Die Prüfung stellt somit höhere Anforderungen an die Kurzschlußsicherheit der Schmelzsicherungen als die Anwendung. Trotz der kurzen Schaltzeit treten während der Stromunterbrechung zufolge der geringen Induktivität des Stromkreises verhältnismäßig kleine Überspannungen auf.

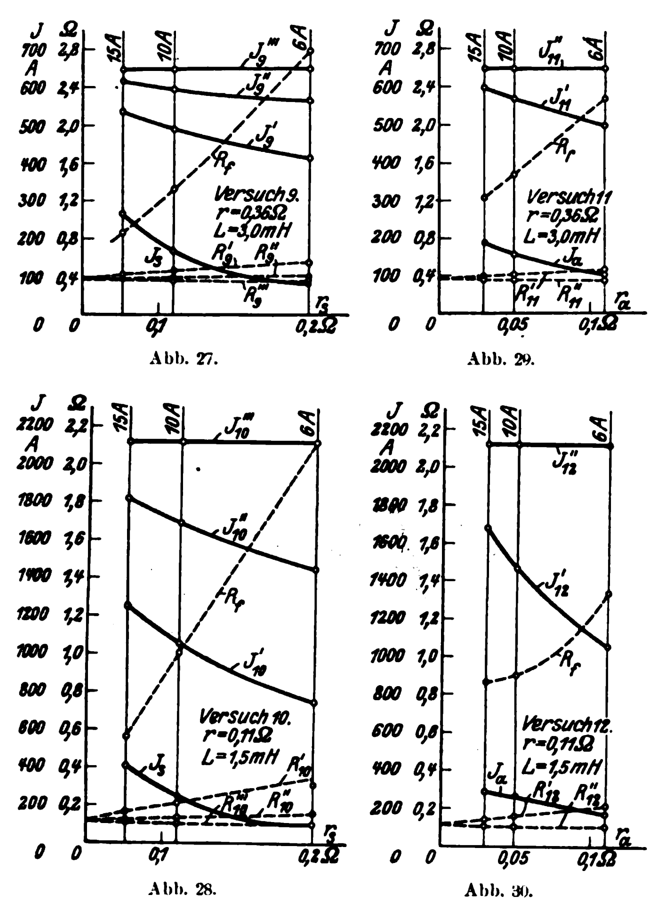


Abb. 27. Abb. 29.

Abb. 28. Abb. 30.

Abb. 27 ... 30. Versuchsergebnisse zu Tafel B.

Bei der Versuchsreihe 15 waren Elfa-Druckknopf-I.-S.-Schalter als Stromunterbrecher in die Kurzschlußstromkreise eingebaut. Die kleineren Widerstände der I.-S.-Schalter und ihre etwas größeren Stromanstiegzeiten lassen höhere Kurzschlußströme zustande kommen als Sicherungen gleicher Nennstromstärke. Während der Schaltzeit treten Überspannungen nicht auf. Auch die Selbstschalter werden bei dieser Prüfung bedeutend höher beansprucht als bei ihrer Verwendung in Verteilungsanlagen. Die Kurzschlußversuche 16, 17 und 18 wurden im Laboratorium der AEG mit normalen zweiteiligen E 2-Sicherungen 6 ... 25 A, 500 V, Bauart AEG bei einer Prüfspannung von 550 V und einem Kurzschlußstromkreis-Widerstand ausschließlich des Sicherungswiderstandes von 0,47 Ω und mit Elfa-Druckknopf-I.-S.-Schaltern 6 ... 15 A bei 275 V Prüfspannung und einem Maschinen- und Leitungswiderstand von 0,7 bzw. 0,47 Ω durchgeführt. Der als Stromquelle dienende fremd erregte Gleichstrom-Schwungradgenerator stand über einen einstellbaren Metallwiderstand mit der Kurzschlußstelle in Verbindung. Auch diese Prüfungen stellen verschärfte Anforderungen an die Kurzschlußsicherheit der Abschaltglieder und unterscheiden sich hauptsächlich dadurch von den entsprechenden Versuchen des Prüfamtes 3 München, daß der Maschinen-Kurzschlußstromkreis höhere Induktivität besitzt als der Batterie-Kurzschlußstromkreis. Die ermittelten Versuchswerte sind in Tafel D zusammengestellt.

Die auftretenden Kurzschlußströme bleiben in allen Fällen unterhalb der rechnerisch ermittelten dauernden Höchstwerte. Die Stromunterbrechung setzt stets vor Eintritt des Beharrungszustandes ein und erzeugt in dem induktiven Kurzschlußstromkreis (L = 1,02 mH) hohe Überspannungen. Mit kleiner werdender Nennstromstärke wird sowohl bei Sicherungen als auch bei Selbstschaltern die Kurzschlußschnelligkeit größer. Ein Vergleich der Versuche 17 und 18 zeigt wieder, daß die

Tafel D. Kurzschlußversuche mit Sicherungen und I.-S.-Schaltern bei 550 bezw. 275 V Prüfspannung (Schwungradgenerator).

Nennstromstärke der Abschaltvorrichtung	Widerstand des Kurzschlußstromkreises ausschl. Widerstand der Abschaltvorricht.	Widerstand des Kurzschlußstromkreises einschl. Widerstand der Abschaltvorricht.	Errechneter Kurzschlußstrom Amp.	Oszillograph. gemessener Kurzschlußstrom Amp.	Stromanstiegszeit t_e in 1/1000 Sek.	Schaltzeit t_s in 1/1000 Sek.	Größte Überspannung in Volt
Versuch 16. E_2-Sicherungen, 2teilig, 500 V.							
6	0,47	0,67	820	380	0,88	0,37	550
10	0,47	0,58	950	480	1,2	0,46	673
15	0,47	0,546	1007	630	1,52	0,51	1040
20	0,47	0,53	1035	690	1,85	0,74	1465
25	0,47	0,515	1068	810	2,56	0,77	1190
Versuch 17. Elfa-I.-S.-Schalter 250 V Gl., 380 V W.							
6	0,70	0,81	340	240	2,5	2,6	280
10	0,70	0,75	367	258	3,08	5,0	180
15	0,70	0,73	377	302	3,35	9,70	55
Versuch 18.							
6	0,47	0,58	475	285	2,60	4,75	90
10	0,47	0,52	530	330	2,98	5,60	110
15	0,47	0,50	550	360	3,30	10,4	96

Stromanstiegzeiten bei Selbstschaltern fast unabhängig von den elektrischen Konstanten des Stromkreises sind. Die Oszillogramme der Selbstschalter zeigen in der Stromkurve drei kennzeichnende Knickungen. Der erste Knick tritt auf, wenn die Eisenteile des Selbstschalters magnetisch gesättigt sind, der zweite, wenn die Verklinkung des Schalters gelöst wird, und der dritte, wenn die Schalterkontakte sich trennen und der Ausschaltlichtbogen zu entstehen beginnt. Jeder Stromänderung entspricht eine plötzliche Spannungsänderung.

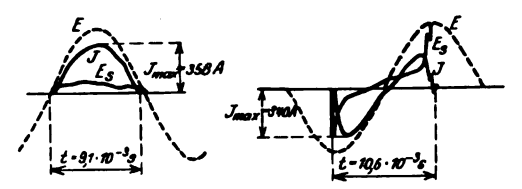


Abb. 31. Strom und Spannung eines 6 A-Kleinselbstschalters bei Kurzschluß auf 0,5 Ω bei 190 V, 50 Hz.

Nach den bisherigen Versuchsergebnissen läßt sich über das Verhalten der betrachteten Abschaltglieder bei Kurzschlüssen in Verteilungsanlagen allgemein folgendes sagen:

In Anlagen, in denen der Kurzschlußstrom rasch auf hohe Werte ansteigen kann, sprechen Schmelzsicherungen schneller an als I.-S.-Schalter. Treten in einer Anlage nur geringe Kurzschlußströme auf oder erfolgt der Stromanstieg langsam auf nicht zu hohe Werte (kleinere Hausanlagen), so setzt die Stromunterbrechung bei beiden Abschaltvorrichtungen ungefähr gleich schnell ein, der Selbstschalter kann sogar im Vorteil sein. Schmelzsicherungen gleicher Nennstromstärke erfordern bis zum Ansprechen ungefähr gleichgroße Abschmelz-Wärmemengen. Selbstschalter wirken mit annähernd gleichbleibenden mechanischen Schaltzeiten. Die Abschaltzeiten fallen bei Schmelzsicherungen stets kleiner aus als bei I.-S.-Schaltern. Schmelzsicherungen verursachen aus diesem Grunde höhere Abschaltüberspannungen. Die Kurzschlußströme sind bei Selbstschaltern (ausgenommen solche für 6 A) meist kleiner als bei Sicherungen gleicher Nennstromstärke.

Zum Schluß sollen noch die Kurzschlußverhältnisse in Wechselstromanlagen einer Betrachtung unterzogen werden. Die hierüber vorliegenden Messungen sind zwar nicht mit den gleichen Abschaltvorrichtungen und auch nicht unter ebenso planmäßiger Änderung der Versuchsbedingungen vorgenommen worden wie die Gleichstromversuche; trotzdem geben sie gewisse Anhaltspunkte und einen Überblick. Allgemein ist über die Abschaltung von Kurzschlüssen in Wechselstromanlagen durch Installations-Selbstschalter folgendes zu sagen:

Je nach dem Zeitpunkt, in dem der Kurzschluß einsetzt, gestaltet sich der Stromverlauf verschieden, u. zw. ist zwischen zwei Grenzfällen zu unterscheiden, innerhalb deren alle überhaupt möglichen Fälle liegen:

1. Der Kurzschluß setzt beim Nulldurchgang der Spannung ein.
2. der Kurzschluß setzt bei dem Höchstbetrage der Spannung ein.

Von den beiden Oszillogrammen der Abb. 31 stellt das linke den Fall 1., das rechte den Fall 2. dar. Im Falle 1.

ist der Strom J, sofern nur Ohmscher Widerstand im Kreise liegt, mit der Betriebspannung E phasengleich, wenigstens so lange, bis der Lichtbogen einsetzt. In dem vorliegenden Falle hat der Lichtbogen nur sehr kurze Zeit gedauert, weil der Strom beim Nulldurchgang unterbrochen worden ist. Enthält der Kurzschlußstromkreis auch Selbstinduktion, so erfolgt der Stromanstieg um so flacher, je größer die Zeitkonstante L/R des Kurzschlußstromkreises ist; Stromhöchstbetrag und Nulldurchgang bleiben nach Erreichung des ersten Stromhöchstbetrages entsprechend hinter demjenigen der Spannung zurück. Im Falle 2. steigt der Strom ähnlich an, wie oben für Gleichstrom beschrieben, nur mit dem Unterschied, daß während des Stromanstieges sich bereits die Spannung gemäß dem abfallenden Aste der Sinuslinie senkt und daher der Stromhöchstbetrag den Wert, der dem Spannungshöchstbetrag entspricht, nicht erreicht. Zu beachten ist selbstverständlich, daß als Spannung in beiden Fällen die Augenblickswerte einzusetzen sind, für die Kurzschlußstromspitze also der Höchstwert, d. h. das $\sqrt{2}$fache des Effektivwertes.

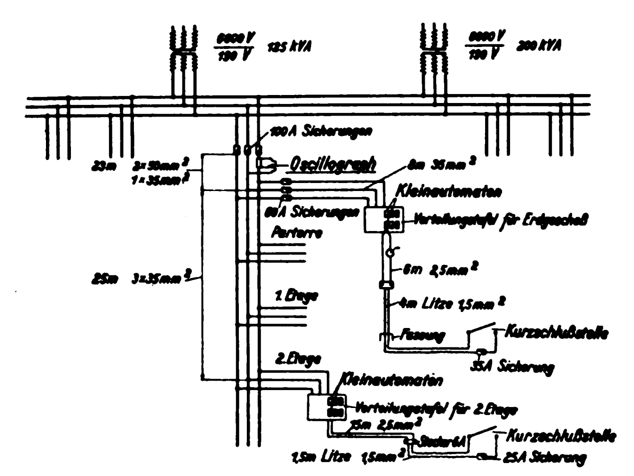
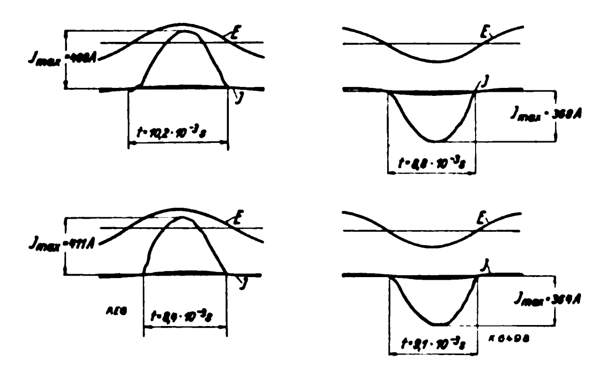


Abb. 32. Anordnung der Kurzschlußversuche in der Lichtanlage eines Bürohauses mit Kleinselbstschaltern.

Was die Höhe der Stromspitze anbelangt, so würde diese, wenn tatsächlich nur Ohmscher Widerstand im Kreise wäre, in den Fällen 1. und 2. gleich sein, weil dann im Falle 2. der Stromanstieg senkrecht verlaufen würde. Da jedoch der Kurzschlußstromkreis immer Selbstinduktion enthält, so ist der Stromanstieg zwar sehr steil, aber nicht senkrecht und die Spitze daher, wie erwähnt, nicht ganz so hoch wie im Falle 1. In den Oszillogrammen betragen die Stromspitzen 358 A gegenüber 340 A. Außer dem Kurzschlußstrom J ist in diesen Oszillogrammen die Betriebspannung E (gestrichelt) sowie der Spannungsabfall E_s über den I.-S.-Schalter aufgezeichnet.



Im Kurzschlußstromkreis 1 Sicherung 35 A
und
1 Kleinselbstschalter 6 A 2 Kleinselbstschalter 6 A

Abb. 33. Kurzschluß im Erdgeschoß eines Bürohauses nach Abb. 32.

Die Kurzschlußversuche der Abb. 31 ... 34 fanden in der Lichtanlage eines Bürohauses bei einer Betriebspannung von 190 V bei 50 Hz statt. Der Leitungsplan und die Versuchsanordnung gehen aus Abb. 32 hervor. Im Erdgeschoß wurden bei Kurzschlüssen (ohne Dämpfungswiderstand) höchste Stromstärken von 408 und 411 A erreicht, wenn e i n I.-S.-Schalter im Kreise lag. Waren z w e i I.-S.-Schalter vorhanden wie in einer regelrechten zweipolig gesicherten Anlage, so erreichte der Strom infolge der zusätzlichen Impedanz der Spule des zweiten Selbstschalters nur 364 bzw. 368 A. Bei Kurzschlüssen im 2. Stock hat die Stromspitze 384 bzw. 400 A bei e i n e m I.-S.-Schalter, 318 bzw. 338 A bei z w e i I.-S.-Schaltern betragen. Die in den O s z i l l o g r a m m e n Abb. 33 und 34 als flache Sinuslinie sichtbare Grundbelastung des Stromkreises hat im allgemeinen eine andere Phasenverschiebung gegenüber der Betriebspannung als der Kurzschlußstrom.

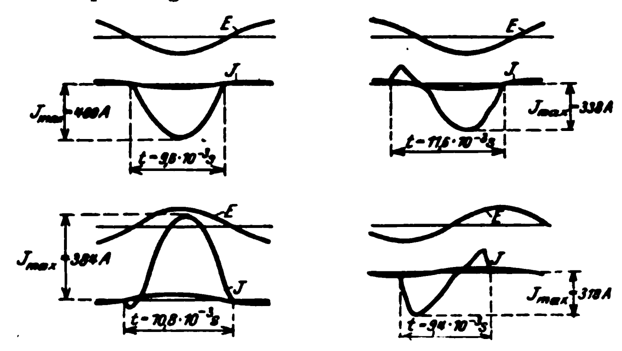


Abb. 34. Kurzschluß im 2. Stockwerk eines Bürohauses nach Abb. 32.

Obwohl der berechenbare Widerstand der Kurzschlußstromkreise von dem in Abb. 21 angenommenen Wert von etwa 0,45 Ω nicht allzu verschieden ist, sind die Stromwerte im allgemeinen größer als die in den Gleichstromanlagen. Der Hauptgrund hierfür liegt, wie schon erwähnt, darin, daß eben als wirksame Spannung bei diesen rasch verlaufenden Vorgängen nicht die effektive, sondern die Scheitelspannung (also das $\sqrt{2}$fache der effektiven) einzusetzen ist. Diesem Umstand ist in den Vorschriften dadurch Rechnung getragen, daß nicht ein bestimmter Kurzschlußprüfstrom, sondern ein bestimmter Begrenzungswiderstand vorgeschrieben ist.

Vorliegende Ausführungen lassen erkennen, daß im allgemeinen die Gefahren eines Kurzschlusses bedeutend überschätzt werden, weil die strombegrenzend wirkenden Einflüsse einer Anlage und der dazugehörigen Abschaltglieder meist nicht in nähere Betrachtung gezogen werden. Diese Einflüsse sind, wie noch einmal wiederholt werden soll, folgende:

1. Abschmelzwiderstand der Sicherungen bzw. Widerstand der I.-S.-Schalter.
2. Unbekannte und rechnerisch nicht erfaßbare Kontaktübergangswiderstände.
3. Leitungswiderstand von der Anschlußstelle bis zum Kraftwerk.
4. Eigenwiderstand und Verhalten der Stromquelle bei Kurzschluß.
5. Unbekannte Speisekabel-Vorbelastungen.
6. Widerstandszunahme des Kurzschlußstromkreises, namentlich der verhältnismäßig schwach bemessenen Vorsicherungen infolge der Temperaturerhöhung.
7. Kurzschlußschnelligkeit der Sicherungen und Selbstschalter (Stromunterbrechung erfolgt vor Eintritt des Beharrungszustandes).

Die Kurzschlußleistungen, die laut Prüfvorschriften des VDE von Sicherungen[2] und I.-S.-Schaltern[3] einwandfrei geschaltet werden müssen (s. Bemerkungen Tafel C), übertreffen in ihren Größen bei weitem diejenigen, die bei der praktischen Verwendung der Abschaltvorrichtungen in Verteilungstromkreisen in der Regel tatsächlich auftreten. Das bestehende Prüfverfahren bietet somit weitgehende Gewähr dafür, daß die nach den VDE-Leitsätzen hergestellten Sicherungen und I.-S.-Schalter die vom Elektrischen Prüfamt 3 geprüft und als einwandfrei befunden wurden, in allen Fällen den Anforderungen des Gebrauchs genügen.

Über das Verhalten der Schmelzsicherungen und I.-S.-Schalter bei kleineren Überströmen, die nicht mehr als Kurzschlußströme bezeichnet werden, soll eine besondere Abhandlung berichten. Außerdem ist als Fortsetzung die Untersuchung der Kurzschlußverhältnisse in großen Industrieanlagen geplant. Das behandelte Gebiet (Verteilungsanlagen bis zu 6 mm²) wurde mit Rücksicht auf die I.-S.-Schalter herausgegriffen, um einige Unklarheiten in Kommissionsfragen zu beseitigen.

[2] ETZ 1928, S. 840.
[3] ETZ 1929, S. 733.

RUNDSCHAU.

Apparate.

Stromteiler bei Gleichrichtern. — In der ETZ 1929, S. 1257, bespricht Dr. J u n g m i c h l die Anwendung und Wirkungsweise von sogenannten Stromteilern an Gleichrichtern. Es wird manchen Leser interessieren, wie die Erfindung der Stromteiler zustande kam.

Der sekundäre Teil eines Transformators, der in Stern geschaltet sechsphasig auf einen Gleichrichter arbeitet, liefert einen Anodenstrom, der im allgemeinen nicht länger als $^1/_6$ Periode dauert, nur bei ganz niedrigen Spannungen dauert die Stromlieferung für jede Anode längere Zeit, was an den zur Spannung verhältnismäßig hohen Spannungsabfällen in den Transformatorphasen und im Lichtbogen liegt. Abb. 1 zeigt den Anodenstrom als Funktion der Zeit, gemessen in Sechsteln der Periode, reduziert auf die erste und dritte Harmonische. Diese unvollkommene Darstellung zeigt schon den großen Einfluß der dritten Harmonischen auf Begrenzung der Stromabgabe zu $^1/_6$ der ganzen Periode. Bei dieser Form des Anodenstromes sind der Transformator und der Gleichrichter relativ ungünstig belastet. Günstiger werden die Verhältnisse, wenn die Stromform sich mehr der Sinuskurve nähert.

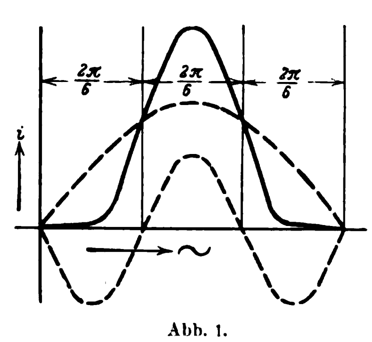
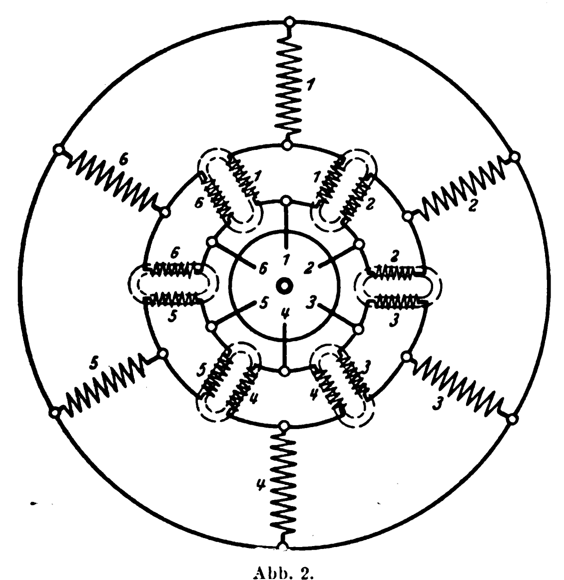
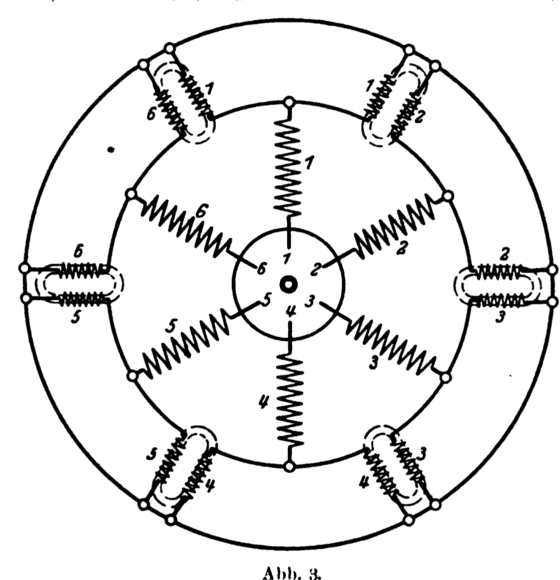


Abb. 1.

Die Aufgabe bestand also darin, eine Vorrichtung zu schaffen, die die dritte Harmonische unterdrückt, ohne die erste wesentlich zu beeinflussen. Dieses Ziel wurde erreicht durch magnetische Verkettung der einzelnen Phasen in Verbindung mit Kurzschlußverbindungen, die die erste, fünfte usw. Harmonische über Eisenkerne der magnetischen Verkettungen ohne induktive Drosselung hindurchlassen, während die dritte und deren ganze Vielfache darin abgedrosselt werden. Abb. 2 zeigt eine solche


Abb. 2.

Schaltung; in derselben bedeutet der mittlere Kreis das Gleichrichtergefäß mit 6 Anoden, der dicke Punkt in der Mitte ist die Kathode. Von den Anoden geht es nach außen über die Stromteilerdrosseln zu den sechs sekundären Phasen des Haupttransformators. Der äußerste Kreis bildet den Nullpunkt des Transformators, gleichzeitig den negativen Pol des Gleichstromnetzes. Die sechs Eisenkerne der Stromteiler sind durch gestrichelte Linien innerhalb der Stromteilerspulen angedeutet. Wie aus Abb. 2 ersichtlich, ist jede Phase in den Stromteilern so gespalten, daß ihre Teilwicklungen auf verschiedenen und mit der benachbarten Phase auf demselben Eisenkern liegen, u. zw. so, daß sich die beiden auf einem Kern liegenden Spulen für gleichsinnig zu den Anoden fließende Ströme in ihrer Magnetisierung entgegenwirken, während Ströme, die in entgegengesetzten Richtungen fließen, d. h.


Abb. 3.

in Richtung zur Anode und von ihr fort, das Eisen in gleichem Sinne magnetisieren, also gedrosselt werden. In Abb. 1 gibt die ausgezogene Linie annähernd den Strom einer Anode ohne Stromteiler wieder. Benachbarte Anoden führen um zeitlich 60° verschobene Ströme. Da die

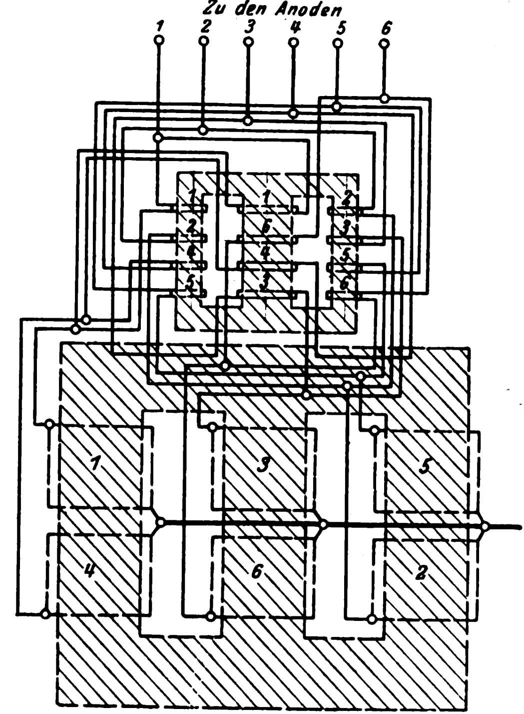


Abb. 4. Schaltbild des Transformators mit darüberliegendem Stromteiler.

erste Harmonische innerhalb 180° in gleicher Richtung Strom geben könnte, kann man schließen, daß diese Harmonische durch die Eisenkerne keine Drosselung erfahren wird, während die dritte, die alle 60° ihre Richtung wechselt, in den zwei Spulen auf gemeinschaftlichem Kern in gleicher Richtung magnetisiert, gedrosselt wird. Bei richtiger Bemessung der Windungszahlen auf den Stromteilerkernen, entsprechend der Spannung der dritten Harmoni-

schen, kann dieselbe im Anodenstrom und in der Transformatorwicklung ganz zum Verschwinden gebracht werden; Oszillogramme in oben erwähntem Aufsatz zeigen dies auch deutlich.

In Abb. 3 sind Stromteiler vor den Nullpunkt des Transformators geschaltet. Theoretisch unterscheidet sich diese Schaltung nicht wesentlich von der nach Abb. 2, wohl aber praktisch hauptsächlich dadurch, daß die Wicklung nur für die kleine Spannung der dritten Harmonischen isoliert zu werden braucht. In Abb. 3 sind die 6 Eisenkerne der Stromteiler auch gestrichelt angedeutet. Da man sicher ist, daß nie zwei um 180° verschobene Phasen gleichzeitig Strom geben, so kann man je zwei gegenüberliegende Eisenkerne zu einem vereinigen; dabei ist darauf zu achten, daß jede Spule einer benachbarten und der gegenüberliegenden Phase auf ein und demselben Kern sich magnetisch entgegenarbeiten. Eine weitere Vereinfachung der Stromteiler kann man erreichen, wenn man sich vergegenwärtigt, daß in den Kernen der Stromteiler lediglich ein Feld der dreifachen Periodenzahl mit seinen ganzen Vielfachen auftritt, da die erste Harmonische im Felde durch vorhandene Kurzschlüsse unmöglich gemacht worden ist. Die sechs Felder dreifacher Periodenzahl haben alle gleiche Phase, man kann sie demnach leicht auf einen dreisäuligen Kern zusammenlegen, wie in Abb. 4 und 5 schematisch angedeutet ist.

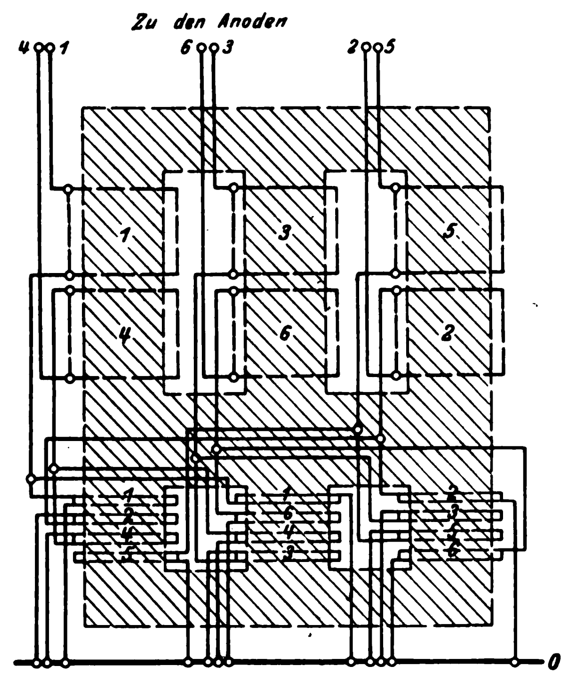


Abb. 5. Schaltbild des mit dem Stromteiler vereinigten Transformators.

Diese Anordnung erlaubt, bei Erhöhung des Transformatorkessels mit Leichtigkeit die Stromteiler mit dem Haupttransformator zusammenzubauen. In Abb. 4 ist der Stromteilerkern, gesondert bewickelt, auf das Transformatorjoch gesetzt und dort befestigt gedacht. In Abb. 5 ist der Stromteiler mit dem Haupttransformator aus einem Stück hergestellt. Beide Bauarten haben den Vorteil, die zahlreichen Verbindungsleitungen möglichst kurz gestalten und den Transformatorkessel mit der normalen Klemmenzahl ausführen zu können. Da die dreisäulige Anordnung der Stromteiler bei gleichem Kupferaufwand gegenüber der dreikernigen Bauart kürzere Eisenwege besitzt, wird der Magnetisierungstrom kleiner, was eine Verkleinerung des sogen. kritischen Stromes in der Spannungscharakteristik und kleinere Eisenverluste bedeutet. Zweckmäßig ist es, dem mittleren Schaft den doppelten Querschnitt zu geben, da in diesem Fall die Symmetrie am größten ist, natürlich ist die Windungszahl auf dem mittleren Schaft nur halb so groß wie auf den beiden seitlichen Schäften zu wählen.

Man könnte in der Vereinfachung noch weiter gehen und die sechs bzw. drei Eisenkerne der Stromteiler in einem vereinigen. Ich halte aber die Verkettung der Einzelphasen für besser, weil man sicher ist, daß zwei benachbarte Phasen gleiche Ströme gleichzeitig führen, was beim Arbeiten von Mehrphasensystemen auf einem Kern nicht in dem Maße der Fall zu sein braucht, z. B. im Falle von Verschiedenheiten in den Phasen des Transformators oder des Lichtbogens. F. Baron Kleist.

Elektrische Ausrüstung von Röntgenapparaten. — Nach der nunmehr fast vollständigen Verdrängung der alten gasgefüllten Röntgenröhre mit kalter Kathode durch die Hochvakuumröhre mit Glühkathode sind die elektrischen Ansprüche hauptsächlich durch deren Eigenart gegeben. Als Spannungsquellen kommen lediglich der früher ausschließlich benutzte Funkeninduktor und der Hochspannungstransformator mit geschlossenem Eisenkern in Frage, dessen Einführung anfänglich verschiedene Schwierigkeiten bot. Heute werden Funkeninduktoren nur noch bei etwa 5 % der im Betrieb befindlichen Anlagen und außerdem in besonderer Ausführung lediglich für Spezialzwecke, z. B. zum Erreichen besonders hoher Scheitelspannungen verwendet. Einen Fortschritt bedeutet die Wilsonsche Konstruktion eines leicht transportablen Funkeninduktors (100 kV bei 15 mA), der einen mit der Primärspule in Reihe geschalteten zusätzlichen Schwingungskreis zur Unterdrückung des Unterbrechungsfunkens besitzt. Der Spannungstoß in der unerwünschten Richtung ist so klein, daß sich die Verwendung einer Ventilröhre erübrigt. Bei einem neuerdings auf dem Markt erschienenen deutschen Funkeninduktorium betragen die Außenabmessungen nur 47 × 35 × 22 cm bei 28 kg Gewicht (100 kV bei 1 mA). Bezüglich der Normung der Transformatoren lassen sich noch keine endgültigen Entscheidungen treffen, da die Entwicklung des Gebietes noch nicht abgeschlossen ist. Es handelt sich meist um Einphasentransformatoren mit sehr hohem Übersetzungsverhältnis. Die günstigste Form des Eisenkerns ist je nach den vorliegenden Erdungsverhältnissen verschieden, ebenso die beste Anordnung der Sekundärwicklung, welche von der primären durch eine geerdete Metallwand getrennt sein soll. Die Spannungsregelung erfolgt am besten mittels an der Primärwicklung liegenden Spartransformators. Für die Sekundärwicklung empfehlen sich, insbesondere für hohe Spannungen, die aus dem Funkeninduktorbau übernommenen Wachsspulen nach Miller, welche bei Einhaltung gewisser Vorsichtsmaßregeln (u. a. Vakuumtrocknung bei 105°, sorgfältige Lackierung) entgegen vielfach verbreiteten andersartigen Meinungen ausgezeichnete Resultate ergeben. Ein im Rad. Res. Dep. Woolwich gebauter Röntgentransformator für 200 kV bei 10 mA hat folgende Abmessungen: Höhe einschl. Isolatoren 110 cm, Grundfläche 110 × 58 cm. Da sich die Durchschlagspannung zwischen zwei Windungslagen einer Sekundärspule nicht genau errechnen läßt, kann sie durch eigens für diesen Zweck gewickelte Versuchspulen, bei denen je eine Windungslage mit einem Pol des Prüftransformators verbunden wird, in Abhängigkeit von der Beanspruchungszeit experimentell ermittelt werden. Für Beanspruchungszeiten über 100 s ergeben sich je nach Dicke und vorheriger Austrocknung der Zwischenlage Durchschlagspannungen bis zu 30 kV (Doppelschicht 0,73 mm getrocknetes wachsgetränktes Papier). Die Isolation der auf dem höchsten Potential befindlichen Windungen ist etwa auf das Zehnfache gegenüber der normalen verstärkt. Der Temperaturanstieg in den wachsgetränkten Spulen erfolgt langsam; der Endwert, welcher selbst bei starker Belastung nicht mehr als 10 ... 15° Übertemperatur beträgt, wird erst nach rd. 3 h erreicht. Die fertigen Spulen werden mit Röntgenstrahlen durchleuchtet, da es ab und zu vorkommt, daß noch während des Imprägnierens einzelne Drahtwindungen aus der Spule heraustreten und später Durchschläge verursachen. Als Transformator-Durchführung hat sich besonders eine einfache Type bewährt, welche aus einem zylindrischen Metallstück als Leiter und übereinandergeschobenen, nach der Mitte zu immer kürzer werdenden konzentrischen Hartgummirohren besteht. Die Gesamtlänge einer solchen Durchführung für 140 kV beträgt 90 cm. Die Hartgummioberfläche zeigt trotz Verfärbung auch nach Jahren keine merkliche Isolationsabnahme. Die Leistung der Heiztransformatoren für die Glühfäden beträgt meist etwa 100 VA; das Hauptaugenmerk muß auch hier auf gute Isolation und auf die Vermeidung von dünnen Luft-, Öl- oder Feuchtigkeitsschichten zwischen Primär- und Sekundärwicklung gelegt werden. Solche Transformatoren lassen sich mit offenem oder mit geschlossenem Eisenkern herstellen. Die ersteren sind meist luftisoliert, die letzteren, in England und Amerika fast ausschließlich gebaut, werden fast nur mit Ölisolation verwendet. Die Isolation der Sekundärspule eines in Woolwich für 100 kV Betriebspannung entwickelten Heiztransformators besteht aus konzentrisch eng anliegend ineinandergeschobenen Hartgummirohren, deren Länge mit zunehmendem Durchmesser abnimmt, so daß ein Zylinder mit von beiden Enden her zunehmender Wandstärke entsteht. Auf die Mitte des Zylinders ist ein Hartgummiring mit einer mit Metallfolie belegten Nut aufgepreßt, welche die Sekundärwicklung enthält. Das Ganze sitzt nebst Eisenkern in einem Ölkessel, auf dessen Durchführung die

Ventilröhre direkt aufgeschraubt werden kann (ähnliche Ausführungen sind auch in Deutschland bereits im Handel).

Die zur Gleichrichtung meist verwendeten Glühventile stellen sich zwar wegen des hohen Anschaffungspreises und beschränkter Lebensdauer teuer, werden aber infolge des ruhigen und funkenfreien Betriebs (Fortfall beweglicher Teile) in den meisten Fällen dem mechanischen Gleichrichter vorgezogen. Eine Ausführung des letzteren mit Drehscheibe wurde in Woolwich bis 320 kV entwickelt; höhere Spannungen lassen sich durch in Öl umlaufende Konstruktionen beherrschen, die sich aber bis jetzt noch im Versuchstadium befinden. Wichtig ist die Messung von Strom und Spannung an der Röntgenröhre. Erstere erfolgt gewöhnlich durch Drehspuleninstrument mit parallel geschaltetem Kondensator in der Hochspannungsleitung, letztere mittels Funkenstrecke, welche wegen ihrer Einfachheit durch die bisher gebauten direkt zeigenden Voltmeter noch nicht verdrängt werden konnte.

Der die Röntgenröhre durchfließende Strom wird geregelt durch Änderung der Glühkathodenheizung (primär über Drossel und Widerstand); außerdem ist auf möglichste Konstanz der Netzspannung zu achten (Tirill-Regler). Sehr bewährt hat sich in England ein Regler nach Kearsley, bei welchem die Regelung des Heizstromkreises durch den Gesamtröhrenstrom erfolgt. Als Stromzuführungen bewähren sich am besten leichte Metallröhren oder Hochspannungskabel. Um bei ortsbeweglichen Apparaturen Gewichts- und Raumersparnis zu erzielen, wurde bereits 1925 von Coolidge die Röntgenröhre mit dem Hochspannungstransformator in einem gemeinsamen Ölgefäß vereinigt. Neuerdings ist im R. R. D. Woolwich ein ähnlicher Apparat gebaut worden, dessen Ölgefäß bei 110 kV und 10 mA (mit eingebauten Gleichrichterröhren) nur 80 cm hoch ist (bei einer Grundfläche von 90×70 cm²). Eine größere, ebenfalls dort gebaute ortsbewegliche Apparatur mit mechanischem Gleichrichter und weitgehender Regelungsmöglichkeit, elektrisch und gegen Strahlung vollständig abgeschirmt, leistet 200 kV bei 10 mA und hat eine Grundfläche von $2{,}70 \times 1{,}50$ m bei 1 m Höhe. (L. G. H. Sarsfield, J. Inst. El. Engs., London, Bd. 67, S. 437.) *Kn.*

Leitungen.

Die elektrischen Eigenschaften von galvanisierten Stahlleitern für Freileitungen. — Die genaue rechnerische Ermittlung des „Verlustwiderstandes" von Stahlleitungen ist wegen der Stromabhängigkeit der Permeabilität unmöglich. Ebensowenig läßt sich die „innere Selbstinduktivität" solcher Leiter hinreichend genau berechnen, da auch dieser vom im Leiterinnern verlaufenden Teil des Feldes herrührende Selbstinduktionsanteil von der längs des Leiterradius verschiedenen Permeabilität abhängt. Bei paramagnetischen Leitern kann die innere Selbstinduktivität die äußere weit übertreffen. Für die Praxis sind somit experimentell ermittelte Verlustwiderstände und Induktivitäten von Stahl- bzw. Eisenleitern von großem Wert. E. C. Walton untersucht in einer Arbeit:

1. hartgezogenen, galvanisierten Stahl,
2. wie 1, jedoch beim Galvanisieren geglüht,
3. hochwertig leitenden Qualitätsstahl, hartgezogen und galvanisiert,
4. wie 3., jedoch beim Galvanisieren geglüht.

Es wurden von jeder Probe stets ein massiver Leiter und je ein Seil verschiedener größerer Querschnitte untersucht. Zur magnetischen Messung wurden die Proben in Solenoidform gebracht und eine kleine Prüfspule, die mit einem ballistischen Galvanometer verbunden war, auf dem Solenoid verschoben. Der Galvanometerausschlag im Zusammenhang mit den bekannten Abmessungen der Prüfspule gab zusammengehörige Werte von B und H. Die umfangreichen Ergebnisse der Messungen sind in Gestalt von B/H- und μ/H-Kurven sowie durch Hystereseschleifen wiedergegeben. Die Messungen umfaßten den effektiven Wechselstromwiderstand, die innere Reaktanz bei 50 Hz, den Gleichstromwiderstand bei denselben Stromwerten und den Temperaturanstieg über Raumtemperatur beim höchsten Stromwert und 50 Hz. Außerdem sind in Zahlentafeln sämtliche mechanischen und chemischen Größen, die im Zusammenhang von Interesse sind, angegeben. Bei der Fülle der Messungsergebnisse ist ein Eingehen auf Einzelheiten hier nicht möglich. Beim Messen des Wechselstromwiderstandes und der Induktivität lagen die Prüfstücke in einer langen U-förmigen Schleife. Es wurde besonders Wert darauf gelegt, den Einfluß des gegenseitigen Abstandes der beiden Seiten der Schleife festzustellen. Bei verhältnismäßig enger Nachbarschaft beider Leiter erzeugt das äußere Magnetfeld des einen Leiters in dem andern Wirbelströme, welche die Stromverteilung in diesem Leiter beeinflussen. Mit abnehmendem Abstand stiegen aber der effektive Wechselstromwiderstand und die innere induktive Reaktanz nur wenig, selbst dann, wenn beide Leiter nur durch eine Papierlage voneinander getrennt waren; es kam somit auf die Wahl eines bestimmten Abstandes bei den Messungen nicht an. Die weiten Bereiche, in denen die gemessenen Größen bei den verschiedenen Materialien schwanken, erweisen die Notwendigkeit derartiger ausgedehnter experimenteller Untersuchungen. In Übereinstimmung mit der Erfahrung an nicht magnetischen Leitern wächst das Verhältnis des effektiven Wechselstromwiderstandes zum Gleichstromwiderstand bei konstanter Stromstärke proportional mit der Frequenz. Im Anhang wird eine Methode zur Messung des Leistungsfaktors angegeben, wenn dieser nahe bei 1 liegt. Der Vorteil der beschriebenen Methode ist der, daß nur zwei Wattmeterablesungen statt der Ablesung dreier Instrumente nötig sind. (E. C. Walton, J. Inst. El. Engs., London, Bd. 66, S. 1065.) *Eg.*

Koronaverluste vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit. — Während sich die sonstigen Leitungsverluste hinreichend genau vorausberechnen lassen, ist das bei den Koronaverlusten noch nicht der Fall. Die bekannte Formel von Peek mit quadratischem Verlauf der Verluste in Abhängigkeit von der Spannung gilt nur für die sogenannte „volle Korona", nicht dagegen für den darunter liegenden Bereich nahe der normalen Betriebspannung. Hier hängt die Ausbildung der Korona von verschiedenen Faktoren ab, von der Witterung, vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft und nach Untersuchungen von Wilkins an den 220 kV-Leitungen des Pit River[1] auch von chemischen Einflüssen (Leitermaterial). Auch Ablagerungen auf der Leiteroberfläche und das Lebensalter der Anlage spielen eine Rolle. Befriedigende Abschätzungen der tatsächlich zu erwartenden Verluste sind also bisher nicht möglich. Bei der genannten Pit-River-Leitung handelt es sich z. B. um Verluste im Werte von etwa 100 000 $ im Normalbetrieb; bei Sturm muß man nach Peek etwa 20 % zuschlagen. Während J. P. Jollyman fordert, daß die Koronaverluste ein Viertel der Ohmschen Verluste nicht überschreiten sollen und danach der Leiterdurchmesser zu wählen ist, meinen Ryan und Peek, der Leiter sei so zu bemessen, daß bei gutem Wetter die Koronaverluste vernachlässigbar klein ausfallen. Durch Summierung beider Verlustarten auf graphischem Wege erhält man die Spannung, bei der die Gesamtverluste ein Minimum ausmachen, u. zw. für eine bestimmte Übertragungsleistung; nach Wilkins erweist sich der Bereich des Minimums als ziemlich ausgeprägt.

In Anbetracht der wirtschaftlichen Tragweite einer genaueren Kenntnis der Zusammenhänge zwischen den Koronaverlusten und sämtlichen dabei mitsprechenden Faktoren plant das neue Harris J. Ryan-Laboratorium in Stanford großzügige Untersuchungen des ganzen hier in Betracht kommenden Fragenkomplexes. Dabei soll das in letzter Zeit weiterentwickelte Hochspannungswattmeter verwendet werden, womit man die durch Transformatorenverluste hineinkommenden Fehler vermeiden will. Die geplanten Messungen haben auch für die weitere Klärung der Beeinflussungsvorgänge an Fernmeldestromkreisen große Bedeutung, da mit zunehmender Korona Oberschwingungen verstärkt in die Erscheinung treten; auch die Nachrichtenübermittlung durch Rundfunk und Trägerfrequenzen wird dadurch beeinträchtigt. (J. T. Lusignan, El. World Bd. 92, S. 405.) *Eg.*

Elektromaschinenbau.

Eigenschaften und Merkmale von Kohlebürsten. — Es ist eine bekannte Tatsache, daß Bürsten, die auf einer Maschine zufriedenstellend laufen, auf einer anderen Maschine mit gleicher Betriebscharakteristik vollständig versagen. Dies zwingt den Konstrukteur, die zur Verwendung gelangenden Bürsten eingehend zu prüfen. Die gebräuchlichen Prüfmethoden beschränken sich auf die Kontrolle von Härte, Reibungskoeffizient, Übergangsspannung und elektrischem Widerstand. Außer diesen Daten sind jedoch noch eine ganze Reihe charakteristischer Merkmale von Bedeutung, die die Stromabnahme- und Kommutierfähigkeit einer Bürste beeinflussen. Wesentlich ist vor allem die Überwachung und Kontrolle des Herstellungsprozesses, und man sagt nicht mit Unrecht, daß das Wissen und Können des Bürstenfabrikanten von der Art seiner für die Bürstenherstellung erforderlichen Prüfeinrichtung abhängt.

Verschiedene physikalische Eigenschaften der Bürsten lassen sich auf einfache Art und Weise prüfen.

[1] ETZ 1925, S. 967.



Für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit empfiehlt sich zu messen, in welcher Zeiteinheit eine Bürste Wärme von einem kleinen Stück heißen Kupfers abführt, das mit ihm in Kontakt gebracht wird. Allgemein schwanken die von verschiedenen Bürstensorten erhaltenen Werte mit dem elektrischen Widerstand derselben. Die Porosität kann man feststellen, indem man ein bestimmtes Luftvolumen unter gleichem Druck oder Saugen durch die Poren der Bürste treibt. Dieser Versuch gibt allerdings nur Angaben, wie die Poren miteinander verbunden sind, und nicht über den Rauminhalt derselben. Bürsten mit großem Porenraum haben oft einen sehr geringen Luftdurchlaß, andere sind wieder wie ein Sieb. Dieser Versuch ist wichtig, denn die Bürste soll in der Lage sein, sich von der Luftschicht, die sich oft zwischen Kommutatoroberfläche und Bürste befindet, zu befreien, weil diese einen guten Kontakt verhindert.

Festigkeitsbestimmung. Die am meisten angewandte Methode ist die Bruchprobe von Probestücken durch Gewichtsbelastung. Diese Messung ist zwar hinreichend genau, zeigt jedoch nicht die hinzukommende Einwirkung von Schlägen. Viel genauere Resultate gibt ein Stoßprüfer, bei dem ein Kugelgewicht mit Spitze auf einen Probewürfel fällt. Die Zahl der Kugelschläge, die notwendig ist, um das Probestück zu brechen, dient als Maßstab der Festigkeit. Die Genauigkeit dieser Methode wurde vielfach bestätigt. Die Untersuchung der Kälte-, Wärme- und Feuchtigkeitseinwirkung auf die Festigkeit der Bürste zeigte nur geringe Unterschiede, während der Einfluß von Seeluft (Bürsten von Schiffsmaschinen) erhebliche Festigkeitsschwankungen brachte.

Die Untersuchung der chemischen Eigenschaften des Materials ist von Bedeutung, da alle Bürsten außer der Kohle auch Beimengungen enthalten, die z. T. erwünscht und auch unerwünscht sind, je nachdem, ob sie den Kommutator säubern oder angreifen. Die Menge und Art dieser Zusätze kann man durch Glühen einer Musterbürste und Prüfung der Asche, die durch ihre Farbe den Ursprungstoff kennzeichnet, bestimmen. Sehr wichtig ist die Ermittlung von Verunreinigungen, denn es wurde festgestellt, daß oft schon $^1/_{10}$ % einer gewissen Unreinheit genügt, die Eigenschaften einer Bürste zu verändern. Viele Beimengungen werden erst durch die Einwirkung des elektrischen Stromes wirksam, andere sind wieder die Ursache elektrolytischer Vorgänge. Viele Bürsten enthalten etwas Eisen (hartes Gußeisen oder hoch kohlehaltigen Stahl). Da dieses wahrscheinlich das Hauptschleifmittel einer Bürste ist, wird eine Untersuchung derselben auf Eisengehalt durch die Magnetprobe sehr erwünscht sein.

Die Lebensdauer einer Bürste hängt nicht allein von der elektrischen Beanspruchung der Maschine ab sondern auch von den Betriebsverhältnissen und der Behandlung der Bürsten und des Kommutators.

Außer den bereits beschriebenen Meßmethoden und Apparaten wurden verschiedene Spezialmaschinen zur Untersuchung der Bürsten entwickelt:

1. ein Apparat zur Untersuchung des Stromlaufes (Segment — Bürste — Segment),
2. eine Maschine zum Studium des Verhaltens der Lichtbogenbildung bei verschiedenen Bürstensorten,
3. eine Spezial-Bürstenversuchsmaschine, welche Unterschiede in der Kommutierung angibt,
4. eine Maschine, die die Neigung einer Bürste zum Bröckeln angibt,
5. eine Maschine zur Messung der Festigkeit einer Bürste, dem Seitenverschleiß zu widerstehen, und
6. eine Schleifringversuchsvorrichtung.

Verschiedene Arbeiten mit den erwähnten Apparaten haben bereits viel Licht in das verwickelte Problem der Bürstenfrage gebracht. (G. M. Little, The Electr. Journ. Bd. 26, S. 194.) *Ftg.*

Bürstenanfleckungen auf den Ringen von Synchronmaschinen. — Es ist eine bekannte Erscheinung, daß an den mit Wechselstrom gespeisten Schleifringen von Synchronmaschinen, insbesondere Einankerumformern, häufig unangenehme Fleckenbildungen auftreten, die die Stromabnahme sehr stören und zur Funkenbildung Veranlassung geben. Abb. 6 zeigt das Aussehen derartiger Anfleckungen. Praktisch glatte Flächen der Ringoberfläche werden durch trübe, nach einer Richtung ganz scharf abgegrenzte Flecke unterbrochen.

M. Perrier befaßt sich mit den elektrischen Ursachen dieser Erscheinung. Er nimmt an, daß sie nur dann auftritt, wenn stets dieselbe Ringstelle Anode bzw. Kathode wird. Unter dieser Voraussetzung stellt er einfache rechnerische Untersuchungen darüber an, welche Bedingungen bezüglich der Bürstenzahl bzw. des Bürstenabstandes vorhanden sein müssen, um die Erscheinung einzuleiten. Die Fleckenbildung ist danach im wesentlichen von der Polpaarzahl der Maschine und von der Bürstenteilung abhängig. Durch richtige Wahl der Bürstenzahl bzw. des Bürstenabstandes läßt sich diese Erscheinung in jedem Falle restlos beseitigen, was an Hand einiger charakteristischer Fälle mit 1, 2 und n Bürsten klargelegt

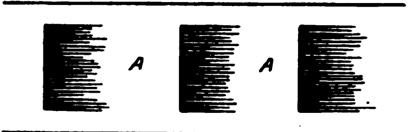


Abb. 6. Fleckenbildung auf einem Synchronmaschinen-Schleifring.

wird. Aus den mitgeteilten Formeln folgt, daß die Fleckenbildung bei Maschinen mit großer Polpaarzahl bei weitem seltener in die Erscheinung tritt als bei solchen mit geringer. Die Fleckenbildung zeigt naturgemäß ein Maximum, wenn das Strommaximum ständig dieselbe Ringstelle trifft, was bei Synchronmaschinen leichter auftreten kann als bei Maschinen mit geringer Schlüpfung. (M. Perrier, Rev. Gén. de l'El. Bd. 25, S. 1009.) *Pg.*

Meßgeräte und Meßverfahren.

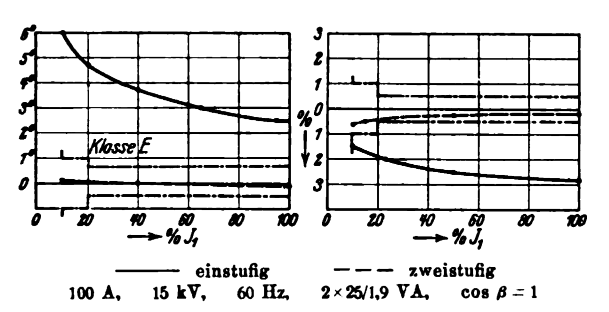
Zweistufen-Stromwandler. — Bei der Verrechnung elektrischer Arbeit ist die Erreichung hoher Genauigkeit sehr wichtig. Ein Fehler von 0,1 % in der Leistungsmessung hätte während des Jahres 1927 in den V. S. Amerika 75 Mill kWh entsprochen. Eine erhebliche Fehlerquelle bringt der Stromwandler insbesondere dann, wenn man aus Sicherheitsgründen auf den Stabwandler zurückgreifen will. Die Genauigkeit eines Stromwandlers üblicher Bauweise ist ungefähr proportional dem Quadrat der Amperewindungen. Es ist deshalb klar, daß der Fehler eines 150 A-Stabwandlers bei einer gegebenen Belastung ungefähr 100mal so groß sein wird als der eines Topfwandlers üblicher Bauweise mit 1500 AW. Wo also Zählung mit hoher Genauigkeit erwünscht ist, kann man die gewöhnlichen Stabwandler erst bei Stromstärken von etwa 1000 A verwenden. Es sind schon verschiedene Vorschläge gemacht worden, die Genauigkeit zu erhöhen; der beste ist wohl die Verwendung des Zweistufen-Stromwandlers[1]. Die letzte Entwicklung dieser Transformatoren hat es möglich gemacht, den Strom so genau zu messen, wie man es bisher für vollkommen unmöglich gehalten hatte. Der Zweistufen-Stromwandler besteht aus zwei Kernen, jeder mit einem Primär- und Sekundärleiter, aber mit einer Zusatz- oder Tertiärwicklung auf dem zweiten Kern, die ähnlich ist wie die Sekundärwicklung. Diese Tertiärwicklung hat den Zweck, den Zähler mit einem Strom zu speisen, der sehr nahe gleich und in Phase mit dem ist, der zur Erregung des Kernes der ersten Stufe notwendig ist. Seine Funktion kann also deshalb wie eine reine korrektive Kapazität aufgefaßt werden, sie macht den Stromfehler und den Fehlwinkel nahezu zu Null. Der Zweistufenwandler korrigiert zufolge der eigenartigen Schaltung gewissermaßen seine eigenen Fehler bei allen Bedingungen der Bürde, der Frequenz und der Strombelastung. Wenn es möglich wäre, die zweite Stufe ohne Verluste herzustellen, so könnte der gesamte AW-Verlust bei der ersten Stufe wieder zurückgewonnen werden, und man würde einen vollkommenen Transformator erhalten. Das ist selbstverständlich unmöglich; um aber die Fehler so klein wie möglich zu halten, ist es wünschenswert, die Bürde auf dieser zweiten Stufe gering zu halten und einen Nickeleisenkern zu verwenden. Diese Legierung hat besonders kleine Verluste und sehr hohe Anfangspermeabilität, sie ist deshalb besonders für diesen Zweck geeignet.

Bei der Verwendung des Zweistufenprinzips bei Schienen- und Stabwandlern kann ein Transformator geschaffen werden, der bei mäßigen Kosten sehr genau ist, selbst bei niedrigem Primärstrom. Die Kurven Abb. 7 ... 9 zeigen die Verbesserung von Stabwandlern durch Verwendung des Zweistufenprinzips. Für niedrige Spannungen kann der Transformatorkern über ein isoliertes Kabel geschoben werden, oder der Primärleiter kann in den Transformator eingebaut werden.

Der zu verwendende Zähler ist eine Sonderausführung insofern, als er zwei Stromwicklungen hat. Die

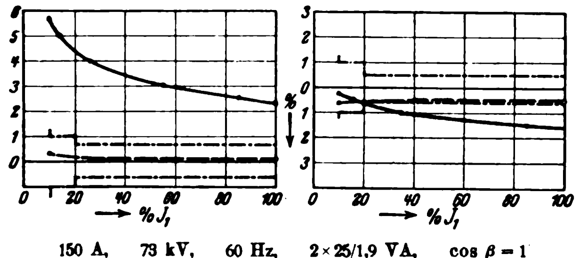

[1] Keinath. Meßgeräte 3. Aufl., Bd. I S. 497.

eine Wicklung ist vorgesehen für die Hauptsekundärwicklung, die andere Wicklung für die Tertiärwicklung des Stromwandlers. Man könnte auf den ersten Blick glauben, daß der Zweistufenwandler in Verbindung mit einem Spezialzähler zu kompliziert sei, um unter normalen Verhältnissen berücksichtigt zu werden. Das ist aber keineswegs der Fall; denn die Möglichkeit, einen Stabwandler zu verwenden, rechtfertigt ohne weiteres die Sonderkosten für den Wandler und den Zähler sowie die anormale Prüfung. Selbstverständlich müssen gewisse Regeln beim Einbau beachtet werden, die abweichend sind von denen, die üblicherweise gelten, z. B. ist es notwendig, den Zähler auf Drehsinn zu prüfen sowohl mit der Sekundär- als mit der Tertiärwicklung. In einigen besonderen Fällen kann man auch einen normalen



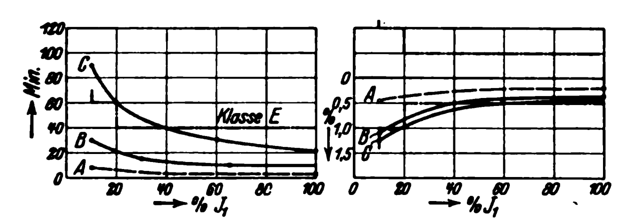
100 A, 15 kV, 60 Hz, 2 × 25/1,9 VA, cos β = 1

Abb. 7. Stabwandler als Ein- und Zweistufenwandler.



150 A, 73 kV, 60 Hz, 2 × 25/1,9 VA, cos β = 1

Abb. 8. Stabwandler als Ein- und Zweistufenwandler.



150 A, 110 kV, 60 Hz, *A* 2 × 25/1,9 VA, *B* 6/6 VA, *C* 19,3/6 VA

Abb. 9. Zweistufen-Stabwandler bei verschieden hoher Sekundärbürde.

Zähler an Stelle einer Sonderausführung verwenden, u. zw. ist dies möglich bei einer neuen Anordnung, die von Brooks vom Bureau of Standards entwickelt worden ist; es wird dabei aber etwas an Genauigkeit geopfert. Es hat den Anschein, daß es möglich sein wird, späterhin normale Zähler zum Anschluß des Zweistufen-Stromwandlers zu verwenden.

Die Eigenschaften des Zweistufen-Stromwandlers können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Man erhält bei gleicher Stromstärke wesentlich höhere Genauigkeit als mit irgendeiner anderen bisher bekannten Type. Das bezieht sich besonders auf die Stabtype.
2. Um den vollen Vorteil des Zweistufen-Stromwandlers zu erreichen, muß man einen Spezialzähler verwenden, obgleich auch mit einem normalen Zähler befriedigende Resultate erhalten werden können.
3. Der Einbau und die Prüfung des Zweistufen-Stromwandlers und des Zählers erfordern etwas mehr Sorgfalt.
4. Man kann bis herab zu Stromstärken von 100 A Verrechnungszähler anschließen.
5. Um die besten Resultate zu erhalten, muß bei jeder Installation besonders darauf geachtet werden, daß die Zweistufenanordnung in der günstigsten Weise benutzt wird. (W. K. Dickinson u. M. S. Wilson, Gen. El. Rev. Bd. 31, S. 656.) *Kth.*

Beleuchtung.

Das „elektrische Auge" bei der selbsttätigen Verkehrsregelung. — Die Regelung des Verkehrs an Straßenkreuzungen durch Lichtsignale geschieht gewöhnlich in der Weise, daß die Lichtsignale in einem gewissen Zyklus selbsttätig gegeben werden. Um nun bei Straßenkreuzungen einer Hauptverkehrstraße unnötige Verzögerungen zu vermeiden, ist in Pittsburgh, V. S. Amerika, eine neuartige selbsttätige Anlage versuchsweise in Betrieb genommen worden. Bei dieser Anlage ist die Hauptverkehrstraße ununterbrochen für den Verkehr freigegeben und eine Umschaltung der Signale für die freie Fahrt der Querstraße erfolgt nur dann für kurze Zeit, wenn sich auf dieser Querstraße ein Fahrzeug der Straßenkreuzung nähert. Diese Umschaltungen erfolgen selbsttätig bei Annäherung eines Fahrzeuges auf folgende Weise. Eine an geeigneter Stelle angebrachte Lichtquelle wirft ihr Licht auf eine Photozelle. Gelangt ein Fahrzeug in den Strahlengang und wirft somit einen Schatten auf die Photozelle, so wird die Umschaltung ausgelöst. Nähere Angaben werden nicht gegeben. (Westinghouse Techn. Press Service A-8733.) *Schb.*

Theorie der Brechung von Lichtstrahlenbüscheln. — Eine Arbeit von Dargenton stellt eine theoretische Betrachtung dar über die Brechung von Lichtstrahlen beim Übergang von einem Medium zum andern und über die relative Leuchtdichte in den verschiedenen Medien. Die Anwendung der allgemeinen Gesetze über die Brechung eines Lichtstrahles führt zu einer einfachen Beziehung zwischen dem Raumwinkel eines konischen Lichtbündels im ersten Medium und dem Querschnitt dieses Bündels nach der Brechung einerseits und den entsprechenden Elementen eines Lichtbündels, das aus dem zweiten Medium kommt, anderseits. Die Anwendung der Ergebnisse liefert eine allgemeine Darstellung des Zusammenhanges zwischen den Leuchtdichten eines Lichtstrahles in den verschiedenen Medien eines optischen Systems. (A. Dargenton, Rev. d'Optique théor. et instrum. Bd. 8. S. 1.) *F. Bn.*

Fernmeldetechnik.

Neutro - Netzanschlußempfänger. — Das neue Vierröhren - Schirmgitter - Neutrogerät der Siemens & Halske A.-G. für Netzanschluß, das auf der Funkausstellung dieses Jahres[1] erstmalig gezeigt wurde, arbeitet mit einer Schirmgitterröhre in der Hochfrequenzstufe, einer Audionröhre und zwei Niederfrequenzstufen (Abb. 10). Die Schirmgitterröhre (1204),



Abb. 10. Vierröhren-Schirmgitter-Neutrogerät geöffnet. Links eine Schirmgitterröhre und eine gepanzerte Hochfrequenzabstimmung, rechts der Netzanschlußteil.

deren Durchgriff von 0,2 % eine sehr hohe Verstärkung erzielen läßt, ist durch einen Kupfermantel gegen das übrige Gerät abgeschirmt, so daß keine störenden Kopplungen auftreten können. Als besonderes Kennzeichen des Gerätes ist hervorzuheben, daß der gesamte Wellenbereich von 200 bis 2000 m ohne Spulenwechsel oder Umschaltung erfaßt wird und daß der Grad der Verstärkung sowie die Selektivität über den ganzen Wellenbereich konstant bleiben. Erreicht ist das dadurch, daß die

[1] ETZ 1929, S. 1519

Abstimmung der Hochfrequenzstufe durch ein Kugelvariometer und einen mit diesem gekuppelten Drehkondensator erfolgt; Selbstinduktion und Kapazität der Schwingungskreise werden also gleichzeitig geändert. Der Audionkreis wird in gleicher Weise abgestimmt. Das Gerät wird mit nur geringen Änderungen entweder für eine Endröhre RE 134 oder 604 geliefert, von denen sich die zweitgenannte Ausführung für den Anschluß mehrerer Lautsprecher eignet. Die Netzanschluß-Einrichtung enthält eine Zweiwege-Gleichrichterschaltung. Bemerkenswert ist die Bauart des Transformators. Dieser hat nämlich eine Anzahl Anzapfungen, die durch Aufschrauben verschiedener Schaltplättchen so verbunden werden, daß der gleiche Transformator für die gebräuchlichsten Netzspannungen zwischen 100 und 250 V zu benutzen ist. Diese Ausführung bedeutet vor allem für die Fabrikation und Lagerhaltung eine bedeutende Erleichterung, wirkt sich jedoch auch für den Benutzer bei Wohnungswechsel u. dgl. günstig aus. Eine in den Primärkreis eingebaute Thermosicherung verhütet Beschädigungen in den Sekundärkreisen, die etwa durch Spannungsschwankungen im Netz entstehen können. Die Sicherung hat eine große Wärmeträgheit, spricht also z. B. bei unschädlichen kurzen Spannungsspitzen noch nicht an und kann mehrmals benutzt werden. Die Anpassung für die Antenne ist stetig veränderlich ausgeführt, so daß also der Antennenstecker nicht umgesteckt zu werden braucht. Bemerkt sei noch, daß der Netzstrom beim Anheben des Deckels ausgeschaltet wird.

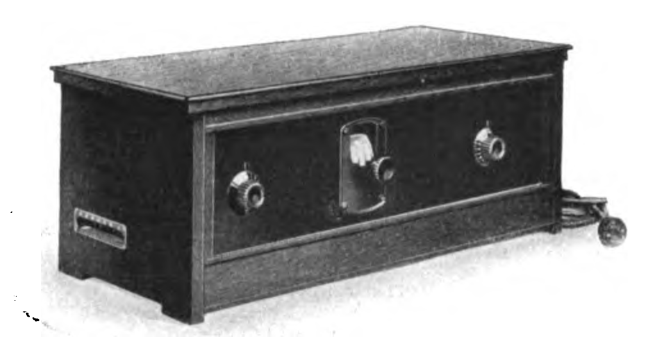


Abb. 11. Fünfröhren-Neutrogerät für Netzanschluß (Siemens & Halske).

Ähnliche Konstruktionsgrundsätze wie bei diesem Vierröhren-Schirmgittergerät wurden bei einem Fünfröhren-Neutrogerät für Netzanschluß befolgt (Abb. 8), das mit zwei Hochfrequenzstufen in Neutrodynschaltung, einem Audion mit Rückkopplung und zwei Niederfrequenzstufen arbeitet. Auch bei diesem Gerät sind die einzelnen Spulensätze zur Vermeidung von Kopplungen gepanzert sowie Audion, Niederfrequenz- und Hochfrequenzstufen in besonders abgeschirmten Teilen des Gehäuses untergebracht. Für die Benutzung des Gerätes erweist es sich als besonders angenehm, daß die einmal ermittelte Einstellung auf eine bestimmte Welle dauernd Gültigkeit hat; man kann also den einmal erfaßten Sender auf der mit einem Papierstreifen versehenen Abstimmtrommel vermerken und findet ihn immer wieder an der gleichen Stelle. Der Übergang von 200 ... 600 m auf 600 ... 1000 m erfolgt durch Betätigen eines im Innern angebrachten Schalters; der Kasten kann nur nach richtig erfolgter Umschaltung geschlossen werden. Auch bei diesem Gerät wird die Anodenspannung durch Öffnen des Deckels abgeschaltet. Das Gerät wird sowohl mit Widerstands- als auch mit Transformatorenverstärkung geliefert. Der Netzanschlußteil ist genau wie beim Vierröhren-Schirmgittergerät ausgeführt. Zu erwähnen wäre noch, daß — wie übrigens bei allen Siemens-Rundfunkempfängern — der Niederfrequenzteil mittels entsprechender Anzapfungen (Steckbuchsen) auch für sich benutzt werden kann, um z. B. mittels eines Tonabnehmers Schallplatten wiedergeben zu können. *Jkl.*

Verschiedenes.

25 Jahre EV Hamburg. — Der „Elektrotechnische Verein in Hamburg" beging Sonnabend, den 7. November 1929, unter dem Vorsitz von Herrn Oberingenieur Jena und unter zahlreicher Beteiligung seiner Mitglieder sowie einer großen Zahl von Ehrengästen, Behörden, Instituten, Körperschaften und berufsverwandten Vereinen im „Lübschen Baum" sein 25. Stiftungsfest durch einen Herrenabend. Namens der Gründer hielt Herr Direktor Kurt Mertens die Festrede, in der er in launiger Weise die Elektrotechnik zur Zeit der Gründung des Elektrotechnischen Vereins und daran anschließend die Entwicklung der Elektrotechnik in den letzten 50 Jahren schilderte. Als Vertreter des „Verbandes Deutscher Elektrotechniker" gedachte Herr Generalsekretär Schirp der bisherigen erfolgreichen Tätigkeit des EV in Hamburg nach innen und außen und übermittelte auch im Namen sämtlicher Ehrengäste dem Geburtstagskinde die wohlgemeintesten Wünsche. Nach dem gemeinsamen Essen folgte die gelungene Aufführung eines zweiaktigen eigens zu dieser Feier von einem Mitgliede des EV in Hamburg verfaßten Festspieles zu Ehren des deutschen Erfinders der Glühlampe, Heinrich Goebel, dargestellt von Angehörigen der „Technischen Staatslehranstalten". In ungezwungener Tafelrunde blieb man noch lange zusammen. Der erfolgreiche Verlauf des 25. Jubiläums läßt eine weitere, gedeihliche Entwicklung des EV in Hamburg erhoffen. Eine von Herrn Zivil-Ingenieur M. Volckmar verfaßte Festschrift des EV in Hamburg fand wegen ihres Inhaltes und ihrer Ausführung allseitigen Beifall. *Schp.*

Aus dem Reichswirtschaftsmuseum in Düsseldorf. — Das Reichswirtschaftsmuseum ist auf Anregung des Schöpfers des Deutschen Museums in München O. v. Miller gegründet worden, der wertvolles und wichtiges Material der „Ausstellung Gesolei von 1926" erhalten wissen wollte. Es wurde 1928 von der Stadt Düsseldorf der Öffentlichkeit übergeben, will die Erkenntnisse der Gesellschafts- und Wirtschaftskunde veranschaulichen und vertiefen und hat neben der Unterstützung des Reiches auch das lebhafte Interesse der rheinisch-westfälischen Industrie gefunden. Das Museum weist z. Z. folgende Abteilungen auf: Bevölkerungswesen, Bilder aus der Geschichte der menschlichen Arbeit, die Stellung der Ehe- und Hausfrau im Wandel der Zeiten, Internationale Arbeitsfürsorge, Stahl und Eisen, Verkehr, die deutsche Rationalisierungsbewegung, Verwaltungsreform, die Nahrungsmittelversorgung Deutschlands (Landwirtschaft). Die Methoden der Darstellung sind vorzüglich. Bild, Licht, Farbe und Bewegung die charakteristischen Elemente dieser modernen Ausstellungstechnik.

Das Fernmeldewesen finden wir in der Abteilung Verkehr. Hier gibt eine farbige, sehr interessante Bildtafel die Zahl der einzelnen Nachrichtenmittel nach Prozenten an. Von je 100 Nachrichten entfallen auf die einzelnen Nachrichtenmittel in:

	Telegramme	Ferngespräche	Briefe, Postkarten
	%	%	%
England . . .	2	20	78
Schweiz . . .	1	29	70
Frankreich . . .	2	30	68
Deutschland . .	1	39	60
Rußland . . .	2	63	35
Schweden . . .	1	70	29

Nach einer weiteren Bildtafel kommen auf 100 Einwohner in San Franzisko 31 Fernsprechstellen, in Stockholm 28, in New York 24, in Kopenhagen 16, in Zürich 13, in Frankfurt a. M. 12, in Hamburg-Altona 11, in Berlin 10, in München, Köln und Paris 8, in London 7, in Brüssel, Rotterdam und Tokio 6, in Düsseldorf 5, in Warschau, Moskau und Rom 3. In einer Übersicht über die Zahl der Fernsprechanschlüsse in den einzelnen Ländern je 100 Einwohner steht Deutschland an sechster Stelle. Wertvoll ist das Modell des europäischen Fernkabelnetzes, das durch den Druck auf einen Schaltknopf lebendig wird. Zuerst blitzen die Hauptstädte der verschiedenen Länder auf, dann leuchten Neonröhrchen (4500 V), die zunächst das deutsche Fernkabelnetz, dann die Auslandsverbindungen und zuletzt die Verbindungen des gesamten europäischen Fernkabelnetzes zeigen.

Die Abteilung „Elektrizität" des Museums befindet sich z. Z. in der Umgestaltung. Fr. Schlüter.

Normenstelle der Deutschen Röntgen-Gesellschaft. — Der in der ETZ 1929, S. 722, veröffentlichte Vorschlag 2 der „Vorschriften für den Strahlenschutz in medizinischen Röntgenanlagen", dessen Einspruchsfrist am 1. VIII. 1929 abgelaufen war, wurde von der Arbeitsgruppe II „Strahlenschutz" der vorgenannten Normenstelle in ihrer am 12. XI. 1929 stattgefundenen 6. Sitzung auf Grund der eingegangenen Einsprüche noch teilweise abgeändert.



Der endgültige und von dem Ausschuß der Deutschen Röntgen-Gesellschaft gebilligte Wortlaut wird im Beuth-Verlag als Normblatt DIN RÖNT 2 herausgegeben.

Berlin-Siemensstadt, den 12. XII. 1929.

H. v. Buol.

Jahresversammlungen, Kongresse, Ausstellungen.

Brüsseler Konferenz über internationale Normung im Bahnwesen. — Im November 1929 hat in Brüssel eine Konferenz stattgefunden mit dem Zweck, eine Vereinheitlichung der im Gange befindlichen Normungsarbeiten der großen Verbände auf dem Gebiete des Bahnwesens anzustreben. An der Konferenz waren beteiligt: Die Internationale Elektrotechnische Kommission, die Union Internationale de Tramways und die Union Internationale de Chemins de Fer. Den Vorsitz führte Prof. C. Feldmann; Deutschland war durch Reichsbahndir. Dr. W. Wechmann vertreten. Es wurde eine vorläufige Übereinkunft getroffen dahingehend, daß aus Vertretern der genannten Verbände und der Industrie ein „Committee Mixte on Electric Traction Equipment" gebildet wird, welches gemeinsam mit der IEC Normungsvorschläge entwerfen und zur Stellungnahme an die Verbände weiterleiten soll. *nkl*

VEREINSNACHRICHTEN.

VDE

Verband Deutscher Elektrotechniker.

(Eingetragener Verein.)

Geschäftstelle: Berlin W 57, Potsdamer Str. 68.
Fernspr.: Amt B 1 Kurfürst Nr. 5862—64
Zahlungen an Postscheckkonto Nr. 213 12.

Bekanntmachung.

Auf Veranlassung des Deutschen Verbandes technisch-
J. Davies vom King's College, London, am Dienstag,
J. Davies vom King's College in London am Dienstag, dem 14. Januar 1930, über:

The most important English Power Stations

und am Donnerstag, dem 16. Januar 1930, über:

The Consumption of Energy in England.

Die Vorträge sind mit Lichtbildern und beginnen um 18 Uhr in der Aula der Technischen Hochschule Berlin. Eintrittskarten à 1 RM durch die Geschäftstelle des Deutschen Verbandes technisch-wissenschaftlicher Vereine (Ingenieurhaus).

VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929.

Das VDE-Fachbericht-Sonderheft 1929 der XXXIV. Jahresversammlung des VDE in Aachen ist soeben erschienen. Der Inhalt des Heftes gibt die auf der XXXIV. Jahresversammlung des VDE am 8. und 9. Juli 1929 in der Technischen Hochschule Aachen gehaltenen Fachberichte nebst den anschließenden Besprechungen wieder. Die Preise sind:

Für Mitglieder geheftet	5,— RM,
„ „ gebunden	6,— „
für Nichtmitglieder geheftet	9,— „
„ „ gebunden	10,— „
Versandkosten	0,50 „

Bestellungen bitten wir umgehend an die Geschäftstelle des VDE, Berlin W 57, Potsdamer Straße 68, zu richten. Der Versand erfolgt sofort.

Kommission für Koch- und Heizgeräte.

Es wird nachstehend ein Entwurf zu

Vorschriften für Heizgeräte für feuergefährdete Räume

bekanntgegeben, der zunächst als Anhang 3 zu den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V. E. Hz./1925" erscheinen soll und später in dem neuen Entwurf der Vorschriften für Elektrowärmegeräte, der zur Zeit von der Kommission für Koch- und Heizgeräte beraten wird, aufgenommen werden soll.

Einsprüche sind in zweifacher Ausfertigung bis zum 1. März 1930 an die Geschäftstelle des VDE zu richten.

Anhang 3

zu den „Vorschriften für elektrische Heizgeräte und elektrische Heizeinrichtungen, V.E.Hz./1925" Heizgeräte für feuergefährdete Räume.

„Elektrisch beheizte Geräte für feuergefährdete Betriebstätten und Lagerräume müssen so ausgeführt sein, daß kein Geräteteil, der mit brennbaren Stoffen in Berührung kommen kann (bei 20° Lufttemperatur), eine höhere Temperatur als 200° annimmt."

Kommission für Handgeräte.

Die Kommission für Handgeräte hat beschlossen, die

„Vorschriften für elektrisches Spielzeug",

„Vorschriften für elektrische Gas- und Feueranzünder"

sowie die

„Vorschriften für elektrische Fanggeräte"

aufzuheben, da der neue Wortlaut des § 15 der „Vorschriften nebst Ausführungsregeln für die Errichtung von Starkstromanlagen mit Betriebspannungen unter 1000 V. V.E.S.1/1930" Sonderbestimmungen für derartige Gerätearten überflüssig macht.

Der Jahresversammlung 1930 wird ein Antrag auf Außerkraftsetzung der vorgenannten drei Arbeiten vorgelegt werden.

Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik an der Technischen Hochschule zu Hannover.

Als zweite Mitteilung des Forschungsinstituts für Elektrowärmetechnik ist das Heft 2

„Über die Einzelverluste und den Wirkungsgrad elektrischer Heißwasserspeicher"

(von Dipl.-Ing. Karl Backhaus) erschienen.

Das Heft ist zum Preise von 3,50 RM (Auslandsendung per Einschreiben gegen Gebührenberechnung) vom „Forschungsinstitut für Elektrowärmetechnik an der Technischen Hochschule Hannover" zu beziehen (Postscheck konto Hannover 34 946).

Verband Deutscher Elektrotechniker.
Der Generalsekretär:
P. Schirp.

EV

Elektrotechnischer Verein.

(Eingetragener Verein. Gegründet 1879.)

Zuschriften an den Elektrotechnischen Verein sind an seine Geschäftstelle, Berlin W 35, Potsdamer Str. 118 a II, Fernspr. Amt Kurfürst Nr. 9697, zu richten. Zahlungen an Postscheckkonto Berlin Nr. 133 02.

Mitgliedsbeitrag für 1930.

Nach der Satzung ist der Mitgliedsbeitrag bis 15. November für das darauffolgende Vereinsjahr zu bezahlen. Ungeachtet dieser Bestimmung und ungeachtet der wiederholten Ersuchen um Entrichtung des Mitgliedsbeitrags für 1930 haben viele Mitglieder den Beitrag noch nicht bezahlt. Im eigenen Interesse werden die Mitglieder nochmals ersucht, den Mitgliedsbeitrag für 1930 tunlichst umgehend einzusenden. Er beträgt für persönliche Mitglieder 30,00 RM, für Jungmitglieder 15,00 RM. Die körperschaftlichen Mitglieder sind über die Höhe des Beitrags mittels besonderen Schreibens unterrichtet worden.

(Postscheckkonto: Elektrotechnischer Verein, Berlin Nr. 13 302).



Nachtrag

zum Bericht über die Fachsitzung[1] für Elektromaschinenbau (EVM) am 12. Februar 1929 in der Technischen Hochschule zu Charlottenburg.

Besprechung des Vortrags

des Herrn Obering. Schiemann:

„Elektromagnetische Schlagwerkzeuge, insbesondere für Wechselstrom."

Vorsitz: Herr Obering. Schüler.

Nachträglich schriftlich eingegangene Äußerungen.

Herr **M. Bernhardt,** Stuttgart: In Heft 29 der ETZ 1929 ist im Anschluß an einen sehr beachtenswerten Vortrag des Herrn PAUL SCHIEMANN, Berlin hinsichtlich einer allgemeinen Besprechung über verschiedene elektromagnetische Schlagwerkzeuge berichtet worden, was mich veranlaßt, als Konstrukteur des abgebildeten elektropneumatischen „MB"-Kleinaggregats (Abb. 1) ebenfalls Stellung zur Sache zu nehmen. Von einzelnen Diskussionsrednern wird auf den schlechten Wirkungsgrad von Preßluftwerkzeugen hingewiesen, gleichzeitig aber deren hohe Leistungsfähigkeit durchaus nicht bestritten. Für den wirtschaftlichen Erfolg ist nun — vom Standpunkt des Benutzers aus gesehen — jedenfalls der Wert der geleisteten positiven Arbeit, gemessen am Gesamtaufwand, den irgendein Betriebsmittel erfordert, ausschlaggebend. Gerade aber hier haben manche elektromagnetischen Schlagwerkzeuge versagen müssen, weil zum Aufwand, den derartige Apparate erfordern, nicht nur die Kosten der Energieumwandlung gehören, sondern auch keineswegs zu vernachlässigende Reparaturen sowie Zeitverluste, z. B. durch Kühlung oder zu langsames Herunterbringen eines Meißelspans oder dergleichen, ganz abgesehen davon, daß eine moderne Preßluftpistole bestimmter Schlagleistung in mkg hinsichtlich des Gewichts jeden Rein-Elektrohammer schlagen dürfte. In den letzten Jahren aber sind bezüglich Rückgangs im Preßluftverbrauch, bezogen auf die Schlagenergie, erhebliche Fortschritte erzielt worden, so daß auch der technische Wirkungsgrad im Gegensatz zur Ansicht des Herrn SCHÜLER Berlin, heute sicher wesentlich höher als 10 %, selbst bei Kleinaggregaten, liegt, bei welchen sich raschlaufende Motoren von etwa 3000 U/min bei bestmöglichem Wirkungsgrad verwenden lassen. Im übrigen bleiben hierbei Schlauch und Hammer kalt. Die Erwärmung konzentriert sich vielmehr hauptsächlich auf die Zylinderwandung des Kompressors und kann bei gut gebauten Kleinkompressoren durch geeignete Kühlungsmethoden gut abgeführt werden, ohne daß es dabei der sogenannten Durchflußkühlung, wie solche bei stationären Anlagen üblich ist, bedarf. Der technische Wirkungsgrad läßt sich beim „MB"-Preßluft-Einwerkzeugsystem weiter heben, wenn man den Luftdruck der jeweils auszuführenden Arbeit anpaßt, z. B. genügen beim Kaltnieten bei Benutzung der Standardpistole zwischen 5 ... 8 mm vollkommen 4 ... 5 atü.

Neben gewissenhafter Herstellung der einzelnen Teile und Betriebsicherheit ist beim „MB"-Aggregat Hauptwert auf ruhigen Gang, geringsten Platzbedarf sowie handliche Bedienung gelegt worden, so daß nur 1 ... 2 Mann für jeweils anfallende größere Arbeiten nötig sind. Außer Nieten, Meißeln, Stemmen, Stampfen kann man die im Druck beliebig regulierbare Preßluft ohne weiteres für Farbspritzzwecke, Sandstrahlgebläse, Löt- und Reinigungszwecke, für Steinbearbeitung, für Nagelapparate und selbst für Feuerlöschzwecke nutzbar machen, ferner kann der Motor nach Abschaltung des Luftverdichters für Schleif-, Polier-, Bürst- und vor allem Bohrarbeiten mittels biegsamer Welle herangezogen werden, so daß er speziell den Bedürfnissen der Reparaturwerkstätten, wie solche bei großen Werken allgemein heute üblich sind, entspricht. Neben gedrungener, übersichtlicher Bauart ist in erster Linie der Gesamtschwerpunkt der fahrbaren Anlage möglichst tief gelegt und daher der Stand der Maschine bei vorhandener solider Bremsvorrichtung auch bei länger andauernder Arbeit ein absolut sicherer. Gute Auswuchtung der Schwungmassen unter Ausgleich der im Luftverdichter auftretenden Kräfte gewährleistet dabei ruhigen Gang. Sowohl der reichlich bemessene Spezial-Kugellagermotor, als auch der mit Original-Wasser-Luft-Zylinderkühlung und Patentsaugluftfiltern versehene Ventilverdichter, welcher ebenfalls in allen beweglichen Teilen Wälzlagerung aufweist, sind staubsicher geschlossen und mit elastischem Original-„MB"-Antrieb, sowie mit eingebautem Schaltwalzenanlasser versehen, so daß der durchschnittliche Gesamtwirkungsgrad unter Berücksichtigung eines automatisch wirkenden, sofort beliebig einstellbaren Schnell-Luftdruckregulators, ferner kurzer, reichlich bemessener drosselfreier Luftwege bei solidester Werkstättenarbeit einen Höchstwert der Wirtschaftlichkeit ergibt.

Die sonst als sehr störend empfundenen vorstehenden Schenkel des Transportkarrens sind umlegbar angeordnet, und es wird auf diese Weise, ganz abgesehen von größerer Zugänglichkeit, ganz wesentlich an Platz gespart. Sämtliche Konstruktionsteile und Werkzeuge sind übersichtlich sowie aus bestgeeigneten Materialien hergestellt und leicht auswechselbar; die Schlauchkupplungen sind zuverlässig dichtend.

Die auf Grund langjähriger Erfahrung konstruierten handlichen leichten Pistolen besitzen geringen Rückschlag, keinerlei Erwärmung, arbeiten hingegen mit sanften Anfangschlägen und außergewöhnlich geringem Luftverbrauch.

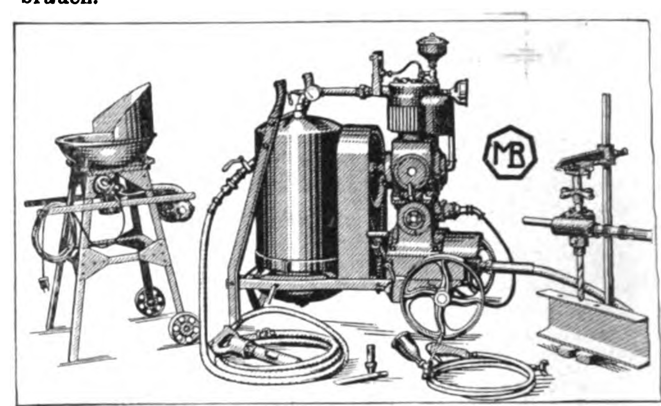


Abb. 1. **Elektropneumatisches „MB"-Kleinaggregat.**

Im Gegensatz zu langsam schlagenden Wechselluft-hämmern treten beim schnellschlagenden „MB"-Hammer keine kraftverzehrende Erhitzung und vorzeitige Zerstörung der Schläuche, deren Länge auch nicht wie bei ersterem System eng begrenzt ist, ein, vielmehr können Schläuche von 10 m Länge und mehr unbedenklich Verwendung finden. Auch der Stromverbrauch entspricht der jeweiligen Luftdruckhöhe und ist in der Arbeitspause verhältnismäßig gering, so daß auch der durchschnittliche Kraftaufwand gering ausfällt und ohne Abstellung infolgedessen durchgearbeitet werden kann. Der Regulierbereich beträgt 2 ... 6 atü. Mit 1 Standard-Pistole können die gangbarsten Konstruktionsnietenstärken von 10 bis 22 mm ohne Wechsel geschlagen bzw. die verschiedenartigsten Preßluftapparate dem jeweils erforderlichen Luftdruck angepaßt werden.

Maximal, d. h. bei voller Leistung von 0,5 m³ angesaugter Luft bei 6 atü, werden 3,5 kW verbraucht, bei Leerlauf, aber im Betrieb befindlicher Pumpe, 1,5 kW, somit durchschnittlich 2,5 kW, so daß die Stunde Niet- oder Meißelarbeit bei einem Preis von 0,25 RM für die Kilowattstunde rd. 0,63 RM an elektrischer Energie erfordert, ein Aufwand, den heute jeder Unternehmer gern zahlen dürfte, wenn damit z. B. 75 ... 100 Warmnieten von 13 bis 22 mm Dmr. in der Stunde geschlagen werden können.

Herr **H. Fein,** Stuttgart (brieflich): In der Diskussion über den Vortrag des Herrn PAUL SCHIEMANN, „Elektromagnetische Schlagwerkzeuge, insbesondere für Wechselstrom" gibt der Herr Vorsitzende auf eine Anfrage des Herrn WIBEL über Wechsellufthämmer eine Erklärung ab, die den Anschein erweckt, als ob der Fein-Hammer im Prinzip mit dem Ingersoll-Hammer identisch sei. Dies ist durchaus nicht der Fall, denn die von dem Vorsitzenden erwähnte Ausführung eines Ingersoll-Zweischlauchhammers arbeitete mit etwa 3 atü, wobei der Druck abwechselnd durch die beiden Schläuche auf die vordere und hintere Seite des Schlagkolbens einwirkte, ohne daß Unterdruck zur Bewegung des Schlagkolbens herangezogen wurde. Beim Fein-Hammer wird dagegen der Schlagkolben durch etwa 1,2 atü vorgeschleudert und durch etwa 0,4 atü wieder vom Pumpenkolben zurückgezogen.

Die Ansicht, daß der Fein-Hammer nach demselben Prinzip wie die Drucklufthämmer arbeite, ist sehr verbreitet; es scheint daher im Anschluß an diesen interessanten Vortrag auch zweckmäßig, einige Ausführungen über Entwicklung, Prinzip, Leistung und Wirkungsgrad der Wechsellufthämmer, insbesondere des Fein-Hammers zu geben, zumal auch in der Diskussion der Wirkungs-

[1] ETZ 1929, S. 1065.
[2] ETZ 1929, S. 1087.



grad der elektropneumatischen Hämmer als nicht hoch bezeichnet wurde.

Einen kleinen Einschlauch-Hammer (Abb. 2), der durch eine schwingende Luftsäule betrieben wurde, ließ sich im Jahre 1882 ein Berliner Zahnarzt namens TELSCHOW für Zahnplombierarbeiten patentieren, dem derselbe bis 1892 noch drei Patente folgen ließ, worunter auch ein

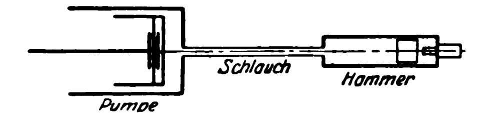


Abb. 2. Einschlauch-Hammer.

Zweischlauch-Hammer enthalten war. Dann folgten weitere Patente auf Ein- und Zweischlauch-Wechsellufthämmer (Abb. 3) durch die Zahnärzte A. PELHAM und R. ROOT

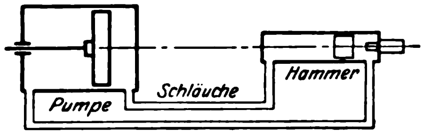


Abb. 3. Zweischlauch-Hammer.

in Plymouth (1896) und Gg. ASMUSSEN, Hamburg (1904), ferner durch Siegmund SCHUCKERT (1900) und in Frankreich durch den Franzosen TURPIN im Jahre 1906. Im Jahre 1911 griff BERNER, Nürnberg, der aus dem Großlufthammerbau hervorgegangen war, diese Konstruktion wieder auf und schuf mit Emil FEIN, Stuttgart, einen neuen patentierten elektropneumatischen Hammer, der unter dem Namen „Fein-Hammer" die größte Verbreitung und beste Bewährung gefunden hat.

pistole, die den Überdruck hinter dem Schlagkolben im Schlagpunkt entweichen lassen (Abb. 4), wird ein rascher Wechsel von Überdruck zu Unterdruck herbeigeführt. Diese Anordnung ergibt einen ausgezeichneten Wirkungsgrad, der dadurch erhöht wird, daß der Pumpenhub beim Hin- und Rückgang für die Schlagkolbenbewegung ausgenutzt ist.

Abb. 5. Erstausführung des Fein-Hammers vom Jahre 1913.

Die Erstausführung der Maschine aus dem Jahre 1913 war noch am Kollektorlager des Motors mit vertikaler Welle aufgehängt (Abb. 5). Heute wird eine solche elektropneumatische Anlage auf einem zweirädrigen, leicht beweglichen Karren aufgebaut, doch kann die Beförderung der Anlage infolge des geringen Gewichts von 100 bis 160 kg auch an einem Kranhaken oder durch ein Traggestell erfolgen. Durch Drehen des Anlaßhebels wird die Maschine in Betrieb gesetzt und ebenso wieder ausgeschaltet (Abb. 6).

Die Unterhaltung und Wartung beschränkt sich auf Schmieren mit der Ölkanne und zeitweise Reinigung.

Abb. 6. Fein-Hammer-Anlage im Schnitt.

Die schwingende Luftsäule dieses Hammers wird in einer durch Elektro- oder Verbrennungsmotor angetriebenen Luftpumpe erzeugt, die ihre einzelnen Schwingun-

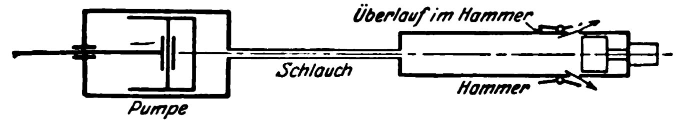


Abb. 4. Wechsellufthammer (Patent Berner).

gen durch einen Schlauch in das Schlagwerkzeug übergeleitet und dort den Schlagkolben auf- und abbewegt. Durch Anbringen von Überlaufklappen an der Schlag-

Bei den Einschlauchhämmern treten in der Pumpe Drücke von 0,5 at Unterdruck bis 1,4 atü auf, in der Pistole Drücke von 0,4 at Unterdruck bis 1,7 atü.

Das Schaubild des Hammers und der Pumpe (Abb. 7 und 8) zeigt Weg- und Druckverlauf dieser Anordnung mit Überlaufklappen. Kurz vor dem Schlagpunkt tritt, wie im Schaubild deutlich sichtbar, die größte Beschleunigung auf, während sich der Überdruck rasch in Unterdruck verwandelt, so daß nirgends schlaghemmende Verzögerungen und Auswirkungen auftreten. Das allmähliche Umkehren in der hinteren Kolbenstellung (im Schaubild als deutliche Rundung sichtbar) gibt die Erklärung dafür, daß der Arbeiter beim Bedienen der Pistole fast keinen Rückschlag empfindet. Erzeugt wird dieses allmähliche Umkehren durch ein im hinteren Hammerteil wirkendes Luftpolster.

Die Endgeschwindigkeiten der Schlagkolben bewegen sich je nach der Größe des Hubes zwischen 7,5 und 13 m/s, die Schlagkraft je nach der Größe des Hammers zwischen 1,0 und 7,0 mkg/Schlag oder 600 und 4000 mkg/min, bei den kleinen Pistolen für Bildhauerzwecke zwischen 0,005 und 0,75 mkg/Schlag oder zwischen 3 und 450 mkg/min. Die Bestimmung der Endgeschwindigkeit V_e geschieht aus der Tangente an den Schlagweg im Schlagpunkt. Die Wucht des Schlages (Schlagstärke) N_e in mkg errechnet sich aus der Beziehung $S_e = \frac{1}{2}\, m\, V_e^2$, wobei V_e die Endgeschwindigkeit in m/s und m die Masse der bewegten Teile $\frac{G}{g} = \frac{G}{9{,}81}$ darstellen. Die Schlagzahl der Pistolen liegt zwischen 560 und 600 Schlägen/min und wird zwangsläufig durch die Motordrehzahl bestimmt.

Der Wirkungsgrad der Anlage läßt sich durch Vergleich der vom Motor aufgenommenen Energie mit der Schlagstärke des Hammers bestimmen, und man erhält je nach Anschluß verschieden großer Pistolen an den Pumpen Wirkungsgrade von 23 ... 28 %, wogegen bei Preßluftanlagen Gesamtwirkungsgrade von nur 7 ... 11 % errechnet werden. (Vgl. Werkstattstechn. 1925 Heft 5 und 1926 Heft 8/18.) Es lassen sich mit dem Fein-Hammer alle Schlagarbeiten in der Metall- und Gesteinsbearbeitung von den feinsten Bildhauerarbeiten bis zu den schwersten Konstruktionsnieten (mit 28 mm Schaftdurchmesser) ausführen (Abb. 9). Auch können noch Arbeiten der Drehbewegung durch Anschluß einer biegsamen Welle durchgeführt werden. In der „Werkstattstechnik“[1] macht LUDWIG in einer Abhandlung über „Beitrag zur wirtschaftlichen Spanabhebung“ interessante Angaben über Spanleistungen von Preßluft- und elektrischen Hämmern. Im folgenden sind diese Angaben mit Leistungen des Bewi-Hammers nach Angaben in der ETZ 1929 H. 29 und mit denen des Fein-Hammers zusammengestellt, so daß sich ein Überblick über Leistung und Wirkungsgradverhältnisse von Preßluft-, elektrischen und elektropneumatischen Hämmern bilden läßt.

Vergleichstafel über Meißelleistungen.

Art und Größe des Schlagwerkzeuges	Hammergewicht in kg	mittl. aufgen. Watt	mittl. Spanquerschnitt in mm²	mittl. Spangewicht in g/min	Spanleistung in kg/kWh
Angaben nach Ludwig, Werkstattstechn. 1925, S. 756.					
Preßlufthammer 2,2 at	6,6	1500	30	22	0,88
Preßlufthammer 5,5 at	6,6	4925	70	53,3	0,65
Wechselstromhammer mit Elektromotor	4,3	270	9	4	0,885
Gleichstromhammer mit Elektromotor	4,3	300	16	8,7	1,75
Wechselstrom-Magnethammer	5,3	300	14	5,5	1,1
Gleichstrom-Magnethammer	8,6	336	18	15,6	2,8
kleiner Hammer mit Universalmotor	9,6	720	35	33	2,75
großer Hammer mit Universalmotor	20	1200	43	49	2,45
Angaben nach Schiemann, ETZ 1929, Seite 1041. Bewi-elektromagnetische Handhämmer.					
Bewi A	1,6	50	keine	4	4,8
„ B	3,5	100	An-	7	4,2
„ C	5,2	200	gaben	11	3,3
„ D	6,1	250	„	14	3,4
Angaben nach H. Fein mit dem Fein-Hammer. (Anschliff der Meißelschneide 30 ... 60°, Neigung beim Meißeln 8 ... 12°, Schmierung Staufferfett, Material Eisen von 35 ... 45 kg/mm² Druckfestigkeit. Die Zahlenangaben sind Mittelwerte aus 3 ... 5 Einzelversuchen.)					
Kleine Fein-Hammer-Anlage:					
Kleinpistole, sehr leicht	0,7	325	9	6	1,11
leicht	1,0	365	16	17	2,8
mittelgroß	1,4	395	23	46,5	7,18
Große Fein-Hammer-Anlage.					
Meißelpistolen, leicht	4,5	1530	58	73	2,85
mittel	6,4	1535	60	63	2,46
schwer	8,8	1610	100	108	4,05
sehr schwer	11,2	2005	126	166	5,0

Man sieht aus der Wirkungsgrad-Kennziffer kg/kWh, daß die Wirkungsgradverhältnisse der elektropneumatischen Hämmer nicht ungünstiger als die der elektrischen Hämmer sind. Je nach Anschluß einer größeren oder kleineren Pistole an die Fein-Hammer-Pumpe liegen die Werte sogar wesentlich günstiger.

Für große Leistungen, insbesondere zur Erzielung eines kräftigen Schlages, sind bei Wechselluftbämmern auch Anordnungen mit zwei Schläuchen üblich, wobei entsprechend den zweistufigen Kompressoren auf beiden Pumpenkolbenseiten gedrückt wird. Der Kolbenrückhub wird hierbei zum Zurücksaugen des Schlagkolbens im Gegensatz zu der erwähnten Ingersoll-Ausführung mit herangezogen.

Die Zweischlauch-Hämmer werden als schwere Gestein-Stoßbohrmaschinen für Bohrtiefen bis zu 6 m gebaut, wobei die Dreh- bzw. Bohrerumsetzung durch Drallnuten im Schlagkolben erfolgt. Die Ausführung erfolgt dabei entweder im engen Verfolg der schwingenden Luftsäule mit Drücken bis max. 2,5 atü ohne Ventile und Kühlung oder in Anlehnung an Preßluft mit Drücken bis 3,5 atü unter Anordnung von Windkessel und Überdruckventil. Im äußeren Auf- und Zusammenbau bestehen dagegen wenig Unterschiede. Der Motor ist durch ein Vorgelege mit dem Zweizylinderkompressor verbunden und die ganze Anlage in einem vierrädrigen auf Schienen fahrbaren Karren befestigt. Die Bohrmaschine selbst ist auf einem Säulenfuß in Schienen gelagert und mit Vorschub versehen.

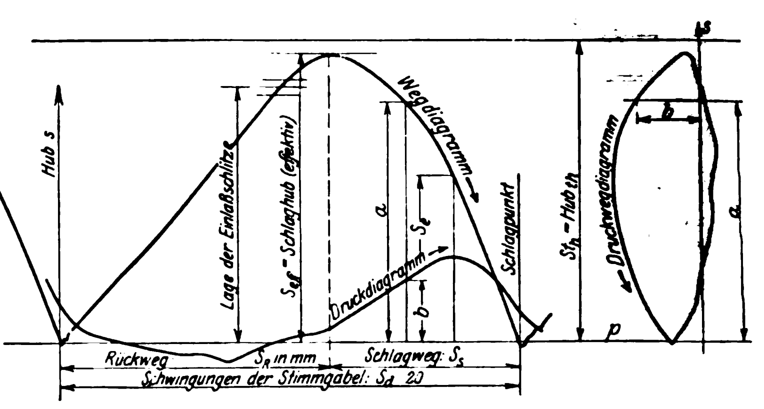


Abb. 7. Weg- und Druckwegdiagramm einer Fein-Hammer-Pistole.

Auch Gleisstopfmaschinen zum Unterstopfen des Stopfgutes bei Eisenbahnschwellen werden mit schwingenden Luftsäulen, gewöhnlich nach dem Zweischlauchhammerprinzip gebaut. Der Antrieb der Luftpumpe erfolgt durch kleine Verbrennungsmotoren, die so gebaut sein müssen, daß sie bei ihrer Benutzung neben oder zwischen den Gleisen nicht über das Profil emporragen. Die Kolben des Verbrennungsmotors und des Luftverdichters werden dabei von derselben Kurbelstange gleichzeitig betätigt, so daß die Hubzahl des Verbrennungsmotors gleich der Hubzahl des Verdichters ist. Die ganzen Stopfmaschinen sind gewöhnlich auf Kufen angeordnet, so daß sie beim Stopfen leicht von Schwelle zu Schwelle nachgezogen werden können.

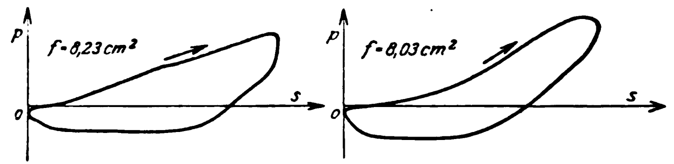


Abb. 8. Pumpendiagramm.

Zum Schluß sei noch auf einen Punkt hingewiesen, der ebenfalls bei der Besprechung in der ETZ von Herrn BISCHOP und dem Vortragenden beleuchtet wurde. Es ist dies das große Gewicht und die rasche Abnutzung rein elektrischer Schlagwerkzeuge bei größeren Leistungen. Es ist anzunehmen, daß diese deshalb auf leichtere Leistungen der Steinbearbeitung beschränkt bleiben werden, denn es wird schwer möglich sein, einen genügend leichten Elektroniethammer über 10 mm Nietleistung zu bauen, da ein solcher den hierbei auftretenden Beanspruchungen an das Material nie lange standhalten kann.

Zum Beweis sei angeführt, daß selbst die gehärteten Schlagkolben, Döpper und Meißel aus bestem Stahl und bei einfachster Form den ermüdenden Schlagbeanspruchungen nicht immer standhalten können und oft nach kurzer Zeit zerspringen, und es ist nicht zu erwarten, daß empfindliche elektrische Teile, wie Wicklungen, Kontakte u. dgl., die in die elektrischen Hämmer eingebaut werden müssen, ähnliche Beanspruchungen auszuhalten in der Lage sind. Dies bestätigt auch der Umstand, daß bisher nur elektrische Hämmer für kleinere Schlagleistungen in den Handel kamen.

[1] 1925, S. 753.

Herr **Schüler**: Es ist sehr erfreulich, daß die Aussprache im Elektrotechnischen Verein Herrn FEIN veranlaßt hat, der Öffentlichkeit nähere Angaben über die Wirkungsweise des Fein-Hammers zu machen, was bisher meines Wissens nicht geschehen ist. Was nun meine von Herrn FEIN zitierte Bemerkung in der EV-Sitzung betrifft, so habe ich selbstverständlich nicht gesagt, daß der Fein-Hammer mit dem Ingersoll-Hammer identisch sei, sondern nur, daß er auf demselben Grundprinzip beruhe, was doch auch zweifellos richtig ist. Beide Hämmer arbeiten mit schwingender Luftsäule, im Gegensatz zu den sonst gebräuchlichen Luftdruckhämmern, bei denen sich der zugeführte Luftstrom stets in gleicher Richtung bewegt.

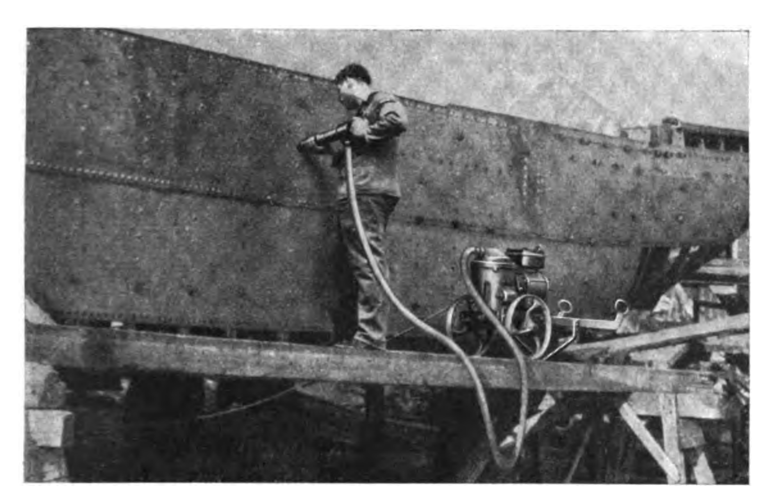


Abb. 9. Fein-Hammer beim Nieten im Schiffbau.

Herr FEIN sagt nun, der Unterschied seines Hammers gegenüber dem Ingersoll-Hammer bestehe darin, daß letzterer mit zwei Schläuchen arbeitet (also doppeltwirkend ist), während der Fein-Hammer nur einen Schlauch besitzt und dementsprechend abwechselnd Druck- oder Saugluft erhält. Dies wäre ja nun an sich noch kein sehr wesentlicher Unterschied, und anderseits sagt Herr FEIN auch am Schlusse seiner Ausführungen, daß seine Firma für große Leistungen ebenfalls zwei Schläuche benutze. Es geht also aus den Ausführungen des Herrn FEIN eigentlich nicht mit voller Klarheit hervor, worin der grundsätzliche Unterschied des Fein-Hammers gegenüber dem Ingersoll-Hammer besteht.

Herr **Schiemann** als Vortragender: Ich begrüße es, daß durch Herrn BERNHARDT und besonders durch Herrn FEIN Leistungen von Preßlufthämmern und von Wechsellufthämmern angegeben und mit denjenigen von elektromagnetischen sowie von Elektromotorhämmern verglichen sind. Infolge der Anwendung des transportablen Elektromotors kann man obige Hämmer ja auch als elektrische Hämmer bezeichnen. In der sehr übersichtlichen Tabelle Herrn FEINs muß es wohl statt Gleichstrom-Magnethammer „größerer Wechselstrom-Magnethammer" heißen, da Herr LUDWIG in Werkstattstechn. 1925 keinen Gleichstrom-Magnethammer anführt. Wie mir scheint, wird durch die Überlaufklappen am Fein-Hammer in Verbindung mit Einlaßschlitzen an der Luftpumpe die unzulässige Erwärmung des Wechselluftsystems beseitigt, da nicht immer dieselbe Luft komprimiert wird. Energie wird hierdurch zwar nicht direkt gespart, aber die Arbeitsweise wird durch die Überlaufklappen auch verbessert, da der Kolben ohne Gegenkraft auf das Werkzeug schlägt und durch Abprallen den Rückhub beginnt. Wie man früher auch die Haltbarkeit kleiner elektrischer Schlagwerkzeuge für unmöglich hielt, während diese jetzt in vielen Ländern gebraucht werden, so wird man später auch in Deutschland wohl große rein elektrische Schlagwerkzeuge verwenden. Die Motor-Stoßbohrmaschine, welche seit bald 40 Jahren in Deutschland fabriziert wird, kann man schon zu den großen rein elektrischen Schlagwerkzeugen rechnen, wenn sie auch an Spannsäule oder Freigestell arbeitet.

Elektrotechnischer Verein.
Der Generalsekretär:
Dr. Schmidt.

SITZUNGSKALENDER.

Deutscher Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine, Berlin. 14. u. 16. I. 1930, abds. 6 h, Aula der T. H. Berlin: Vortrag Prof. Sidney J. Davies (King's College, London) „The most important english power stations". Eintrittskarten zu 1 RM sind bei der Geschäftstelle: Ingenieurhaus, Friedrich-Ebertstr. 27, zu haben.

PERSÖNLICHES.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis erbeten.)

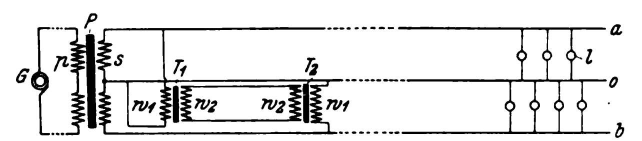
R. Kratochwil †. — Am 13. XII. d. J. starb unerwartet Herr Ingenieur Robert Kratochwil, Direktor der Elektrizitäts- und Straßenbahn-Gesellschaft, Linz. Der Verstorbene war mit unermüdlichem Fleiß und glänzenden organisatorischen Fähigkeiten, gepaart mit reichstem Wissen auf allen Gebieten, hervorragend an der Entwicklung seiner Gesellschaft tätig. Alle, denen es vergönnt war, dem Verstorbenen nahe zu treten und seinen liebenswürdigen Charakter sowie seine Herzensgüte kennen zu lernen, werden aufrichtig um ihn trauern. Die ETZ verliert in dem Verstorbenen einen fleißigen und erfahrenen Mitarbeiter.

BRIEFE AN DIE SCHRIFTLEITUNG.

(Der Abdruck eingehender Briefe erfolgt nach dem Ermessen der Schriftleitung und ohne deren Verbindlichkeit.)

Amerikanische Elektrizitätswirtschaft.

Mit Bezug auf den Hinweis von Dr.-Ing. J. ADOLPH in seinem interessanten Vortrag (ETZ 1929, S. 1429) hinsichtlich der Verbreitung der Wechselstrom-Dreileiter-Edisonschaltung „drüben" und auf die daran knüpfende Bemerkung von Obering. SCHÜLER wird es hier vielleicht interessieren, daß mir ein schon vom 23. V. 1897 datiertes DRP. Nr. 96 824 betreffend eine Wechselstrom-Mehrleiteranlage mit Ausgleichtransformatoren verliehen wurde. Das Prinzip des Ausgleiches von Spannungsungleichheiten in den beiden Netzhälften bei diesem Wechselstrom-Mehrleitersystem ist unschwer aus der Wiedergabe von Abb. 1 dieser Patentschrift zu erkennen, welche ein entsprechendes Dreileitersystem darstellt. Zu damaliger Zeit konnte ich in Deutschland, da man dort vor 30 Jahren in intensivster Weise mit der Errichtung von Drehstromwerken bzw. mit dem Umbau der bestehenden Werke auf reinen Drehstrom beschäftigt war, mit dieser Erfindung keine besonderen Erfolge erzielen. Um so mehr war ich bei meiner später erfolgten Übersiedlung nach den V. S. Amerika überrascht, dort eine große Zahl von Wechselstromnetzen vorzufinden, bei deren sekundären Verteilungsanlagen fast ausschließlich solche Mehrleiteranlagen benutzt wurden. Die große Verbreitung derartiger Verteilungsnetze daselbst ist übrigens auch darauf zurückzuführen, daß man dort der Einführung des aus Europa herüber gekommenen Drehstromsystems vor 30 Jahren zunächst noch abwartend und zögernd gegen-



G Hochspannungs-Wechselstromquelle
P Abtransformator mit Primärwicklung *p* und Sekundärwicklung *s*
a und *b* Außenleiter des Dreileitersystems
o Mittelleiter des Dreileitersystems, der von der Mitte der Sekundärwicklung des Abtransformators abzweigt
l ungleiche Belastung der beiden Netzhälften
T_1 und T_2 Ausgleichtransformatoren mit Wicklungen w_1 und w_2.

Abb. 1. Wechselstrom-Dreileiter-Anlage mit Ausgleichtransformatoren nach DRP. 96 824.

überstand. Leider hatte ich es damals unterlassen, auch in den V. S. Amerika ein Patent auf meine Erfindung zu nehmen.

Ich möchte durch diese Ausführungen die Feststellung von SCHÜLER in der Wechselrede zum Vortrage ADOLPH — daß die Wechselstrom-Dreileiterschaltung bzw. die sog. „Edison"-Schaltung bei Transformatoren auch in Europa schon seit geraumer Zeit bekannt war — hiermit unterstreichen.

Bodenbach a. d. Elbe, 8. X. 1929.

Gustav W. Meyer.

Deïon-Schalter für Motoren.

Das Prinzip der Lichtbogenlöschung des Deïon-Schalters für Motoren der Westinghouse Co., über das in dieser Zeitschrift berichtet worden ist[1], ist nicht neu, wie es den Anschein haben könnte, sondern bereits im Jahre 1912 auf Grund der Angaben von DOLIVO-DOBROWOLSKI der AEG geschützt worden. Das inzwischen abgelaufene Patent trägt die Nr. 266 745. In diesem Patent ist nicht nur unter Schutz gestellt, daß der Lichtbogen durch eine Reihe von senkrecht zu ihm stehenden Querwänden aus elektrisch leitendem Material unterteilt wird, sondern es ist auch schon das Prinzip angegeben — welches die Westinghouse Co. vor allen Dingen bei dem Deïon-Schalter für Hochspannung benutzt — die Zahl der Querwände so zu bemessen, daß das Spannungsgefälle für die einzelnen Teillichtbogen unterhalb der Lichtbogen-Minimalspannung liegt. Anspruch 1 der Patentschrift lautet folgendermaßen:

„Einrichtung zur Beschränkung des bei Unterbrechung eines elektrischen Stromkreises entstehenden Lichtbogens, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Unterbrechung an einer beschränkten Anzahl Elektroden stattfindet und der dabei entstehende Lichtbogen in eine größere Anzahl feststehender leitender Querwände hineingeleitet wird, deren Zahl so bemessen ist, daß der Lichtbogen in so viele Teile zerlegt wird, daß das Gefälle für den einzelnen Teil derjenigen Minimalspannung entspricht, bei welcher ein Lichtbogen nicht mehr bestehen kann."

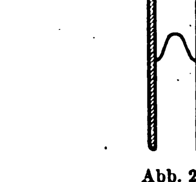


Abb. 1. Abb. 2
aus dem DRP. 266 745.

Ein Vergleich der Abb. 6 und 7 auf S. 1416 des ETZ-Berichtes mit den hier beigegebenen Abb. 1 und 2 dieser Patentschrift läßt noch deutlicher erkennen, daß die Anordnungen sich nur in unwesentlichen Einzelheiten unterscheiden.

In Abb. 1 sind die metallischen Querwände oberhalb der Unterbrechungstelle zu sehen. Abb. 2 zeigt die gleiche Form der Wände wie beim Deïon-Schalter mit Einkerbungen, die gemäß der Patentschrift den Zweck haben, den Lichtbogen in der Mitte zu halten.

AEG Fabrik für Schaltgeräte.

Berlin, 1. X. 1929. Dr. Alfred Cohn.

Neue Anwendungen des Lichtes in der Heilkunde.

Die Äußerungen von Prof. Dr. F. HOLTZMANN Karlsruhe, und der Diskussionsredner (vgl. ETZ 1929, S. 927) sind m. E. in einigen Punkten richtigzustellen. Es wird gesagt, daß bei Überdosierung bestrahlten Ergosterins und bestrahlter Milch — mit der Hanauer Quarzlampe bestrahlt — Giftwirkungen eintraten. Das trifft nur für das bestrahlte Ergosterinpräparat Vigantol zu, wenn die Tagesdosis von 1 ... 2 mg überschritten wird, niemals aber für bestrahlte Milch, weil Milch an sich nicht überbestrahlt werden kann, denn die Vitaminwirkung haftet nur an deren bescheidenem Fettgehalt, auch bewirkt Überbestrahlung ein Wiederzurückgehen der Vitaminanreicherung. Außerdem ist der Mensch oder Säugling nicht imstande, über ein gewisses Quantum hinausgehende Mengen Milch zu sich zu nehmen.

Ferner wurde in der Diskussion wieder der Kohlenbogenlampe und auch der neuen Vitalux-Glühlampe das Wort geredet, weil deren Spektrum dem der Sonne näher steht. Ein Vergleich dieser Lampen mit der Natursonne ist schon deshalb abwegig, weil Heilungen mit der Natursonne nur durch wochen- und monatelange Kuren bei täglich stundenlangem Aufenthalt in der Sonne möglich sind, was bei Bestrahlungen mit diesen künstlichen Lichtquellen nicht durchführbar ist. Soweit die Wirkung der ultravioletten Strahlen in Frage kommt, sind diese beiden Lampen unbrauchbar, weil sie viel zu wenig Ultraviolett liefern. Es eignet sich dazu nur eine an diesen Strahlen reiche Lampe, die ein Lichterythem als Beweis guter Ultraviolettwirkung erzeugt. Von allen bis jetzt bekannten Lampen ist das in einer für Behandlung angemessenen Zeit nur mit der Hanauer Quarzlampe zu erzielen. Sie bewirkt ein Lichterythem in 3 ... 5 min, die Vitaluxlampe dagegen erst nach stundenlanger Bestrahlung, während die Höchstdauer der Bestrahlung mit der Quarzlampe bei einer Bestrahlungskur nur 20 ... 30 min beträgt. Da der nackte Körper bestrahlt werden muß, sind stundenlange Bestrahlungen ambulant an sich nicht durchführbar.

Von einer Gefährlichkeit der Quarzlampe kann nicht die Rede sein. Dauerschädigungen wie durch Röntgenstrahlen sind selbst bei größter Fahrlässigkeit vollkommen ausgeschlossen, da die ultravioletten Strahlen höchstens ½ mm in die Haut eindringen. Schlimmstenfalls kann nur eine oberflächliche Hautverbrennung, die in wenigen Tagen ohne Narbenbildung abheilt, ähnlich wie beim Gletscherbrand eintreten. Sogenannte Schälkuren durch intensive Ultraviolettbestrahlungen bewirken sogar erfahrungsgemäß eine bedeutende Verbesserung der Haut.

Selbstverständlich muß die Quarzlampenbestrahlung bei Kranken dem Arzt anvertraut bleiben, aber als Kräftigungs- und Erfrischungsmittel bei Gesunden kann sie unter Beobachtung der vorgeschriebenen Bestrahlungsabstände und -zeiten ohne Bedenken zur Selbstbestrahlung verwendet werden und ist zu den hygienischen Maßnahmen zu rechnen wie Luft-, Sonnenbäder und Wasseranwendungen der verschiedensten Art. Bekannte Lichtforscher wie THEDNING, HILL, EIDINOW, DONNELLY fordern deshalb regelmäßige Ultraviolettdusche für jeden berufstätigen Stadtmenschen, und die Zeit wird nicht mehr fern sein, wo sie wie eine Badeeinrichtung in jedes bessere Haus, jede Schule und jede Fabrik gehört. Aber dazu eignet sich nur eine an ultravioletten Strahlen reiche Lampe wie die Hanauer Quarzlampe.

Dresden—Weißer Hirsch, 21. X. 1929.

Geh. San.-Rat Dr. Hugo Bach.

Erwiderung.

Auf vorliegende Bemerkungen erwidere ich: Mein kurzer Hinweis auf die Möglichkeit der Giftwirkung bestrahlter Milch gründet sich auf einen Aufsatz von REYHER und WALKHOFF in der Münchener Med. Wochenschr. 1928. 1928, S. 1071. Genannte Autoren prüften die Wirkung ultraviolett bestrahlter Milch auf den tierischen Organismus und fanden Blutzerfall und toxische Nephrose. Für eine Behandlung durch Ultraviolettstrahlen halte auch ich die Quarzlampe in erster Linie geeignet.

Karlsruhe, 25. XI. 1929.

Prof. Dr. Holtzmann.

LITERATUR.

Besprechungen.

Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus. Von Prof. Dr. M. Planck. (Einführung in die theoretische Physik, Bd. 3.) 2. Ausg. Mit 12 Fig., VII u. 206 S. in 8°. Verlag von S. Hirzel, Leipzig 1928. Preis geh. 6 RM, geb. 8 RM.

Die 1. Auflage ist von F. Emde in umfassender Weise ensprechend der Bedeutung Plancks besprochen worden[1]. Es bleibt dem Referenten der 2. Auflage nur festzustellen, daß die Anlage des Buches dieselbe geblieben ist. Interessant ist, wie ein führender Physiker die Grundbegriffe und die Hauptgleichungen der Maxwellschen Theorie entwickelt: an die Spitze des Buches sind die Ausdrücke für

[1] ETZ 1929, S. 1416.

[1] ETZ 1923, S. 324.

die elektrische und die magnetische Energiedichte sowie für die Energieströmung gestellt, u. zw. ohne jede Ableitung; es wird nur gesagt, daß alle Folgerungen mit der Erfahrung übereinstimmen. Aus jenen Ausdrücken folgen dann die Maxwellschen Gleichungen rein mathematisch. Es muß bezweifelt werden, daß dieses — allerdings schnell zum Ziele führende — Verfahren imstande ist, ein anschauliches Bild von den beiden Feldstärken und vom Inhalt der beiden Maxwellschen Gesetze zu vermitteln. Aus diesem Grunde glaubt der Referent nicht, daß das Buch zur Einführung für Ingenieure geeignet ist. Wem aber die Anfangsgründe bekannt sind, der wird aus dem nicht umfangreichen Buche manche Anregung schöpfen.

In § 21 fällt auf, daß zwar die von Maxwell stammenden Kapazitätsgleichungen, in denen die Kapazitätskoeffizienten und die negativen Teilkapazitäten[1] (die Induktionskoeffizienten) auftreten, angegeben sind, aber nicht die in erster Linie brauchbare Gleichungsform, in der nur die positiven Teilkapazitäten vorkommen.

Die Gleichungen des Buches sind im Gaußschen Maßsystem angeschrieben. Es wird wohl ein Wunsch bleiben, daß eine neue Auflage sich dem vom AEF empfohlenen elektrotechnischen Maßsystem anschließen möge, in dem die überwiegende Mehrzahl der Meßinstrumente geeicht ist, mit denen ja auch die Physiker arbeiten.

O. Löbl.

La fabbricazione dei conduttori elettrici isolati in gomma ed il macchinario relativo. Von Ing. P. Mastandrea. Mit 130 Abb., 14 Tab., XI u. 423 S. in kl. 8°. Verlag Ulrico Hoepli, Mailand 1929. Preis geb. 18 Lire.

Das Buch stellt eine volkstümlich gehaltene Beschreibung der Fabrikation der mit Kautschuk isolierten elektrischen Leitungen dar. Das Material ist der fortschreitenden Herstellung entsprechend übersichtlich gegliedert, der Vortrag klar und das Verständnis wird durch gute Abbildungen von Maschinen, darunter zahlreiche deutsche Erzeugnisse, erleichtert. Nur bei der Bleipresse erfährt die deutsche Industrie eine ungerechte Behandlung: neben drei Abbildungen stehender Pressen amerikanischen Ursprungs (darunter zwei Aufnahmen derselben Presse) ist im Buch nur eine deutsche Presse, u. zw. die liegende Huber-Presse der Fried. Krupp-Grusonwerk AG. abgebildet; dabei wird auf die Überlegenheit der stehenden Presse hingewiesen, aber die hochwertige stehende Presse der genannten Firma nicht einmal erwähnt.

Da, wie der Verfasser im Vorwort angibt, ein ähnliches Buch in der italienischen Literatur bis jetzt gefehlt hat, ist die fleißige Arbeit gewiß verdienstvoll; es muß aber gesagt werden, daß das Buch sich weniger zum Gebrauch in der Werkstatt eignet als zur Information von Lesern, die sich für diesen Zweig der Industrie interessieren, ohne darin selbst technisch tätig zu sein. Die das Buch füllenden zahlreichen technischen Einzelheiten sind größtenteils anschauliche Schilderungen, aber weder theoretische Erklärungen noch praktische Anleitungen. Für den deutschen Leser bietet das Buch gegenüber dem ausgezeichneten Buch von M. Wachter („Die Fabrikation der Gummidrähte und Kabel", Berlin 1911), dem der Verfasser 33 Abbildungen ohne Quellenangabe entlehnt hat, bis auf die Beschreibung und Abbildung einiger neuer Maschinen, wenig Besonderes. M. Klein.

Introduction to theoretical Physics. Von Prof. Leigh Page. Mit 201 Fig., X u. 587 S. in 8°. Verlag D. van Nostrand Company, Inc., New York 1928. Preis geb. 6,50 Dollar.

Bei dem heutigen Stand der physikalischen Forschung ist die Abfassung einer allen Ansprüchen gerecht werdenden Einführung in die theoretische Physik eine ungewöhnlich schwierige Aufgabe. Die Gedankengänge sowohl der klassischen Physik als auch der älteren Quantentheorie sind einerseits für den Lernenden und den Forscher unentbehrlich, anderseits ist man sich darüber klar, daß die Begriffsbildungen dieser Disziplinen nur mit starken Einschränkungen brauchbar sind und gerade in ihren Grundlagen einer tiefgehenden Revision in derjenigen Richtung bedürfen, welche durch die Quantenmechanik vorgezeichnet ist.

Die vorliegende, für Studierende bestimmte Einführung in die theoretische Physik führt den Leser gerade bis zu den Anfängen der Bohrschen Quantentheorie und der speziellen Relativitätstheorie. Naturgemäß bildet die klassische Physik den Hauptgegenstand des Buches, welches dementsprechend eingeteilt ist in Dynamik, Hydrodynamik, Thermodynamik, Elektromagnetismus und Optik. Zu Anfang findet sich noch eine kurze Einleitung in die ganze Vektorrechnung. Die Darstellung ist von einer erfreulichen Anschaulichkeit und immer so gehalten, daß der Kontakt mit dem Experiment und den Anwendungen niemals verloren wird. Zahlreiche instruktive Abbildungen und Übungsaufgaben tragen wesentlich dazu bei, daß große Teile des Buches in pädagogischer Hinsicht als vorbildlich bezeichnet werden dürften. In besonderem Maße gilt das von dem Abschnitt über Elektromagnetismus. Eine Einschränkung dieses Lobes ist allerdings erforderlich im Hinblick auf die Thermodynamik, deren Darstellung leider nicht das Niveau und die Anschaulichkeit der übrigen Abschnitte besitzt. Der Begriff „adiabatische Veränderungen" wird auf S. 250 definiert durch „keine Wärmezufuhr" und auf S. 258 durch „keine Entropie-Änderung". Die Darstellung der Kelvinschen Temperaturskala auf S. 253/54 ist schlechthin unverständlich. Die thermodynamischen Eigenschaften der Hohlraumstrahlung werden fast ganz ignoriert. Zu S. 461 sei bemerkt, daß die experimentelle Bestätigung der Formeln für die longitudinale und transversale Masse der Elektronen keinen Beweis für die elektromagnetische Natur der Masse liefert, da diese Formeln für jeden Massenpunkt gelten müssen.

Trotz dieser Ausstellungen im einzelnen kann das Buch als Ganzes dem Studierenden als Einführung wärmstens empfohlen werden. Der Dozent und der Lehrer werden sowohl in der ganzen Darstellung des Stoffes als auch aus den beigegebenen Aufgaben viele Anregungen für die Ausgestaltung des eigenen Unterrichts finden.

R. Becker.

Gewindeschneiden. Von Obering. O. M. Müller. (Werkstattbücher, herausg. v. E. Simon, H. 1) 2. verm. u. verb. Aufl. Mit 167 Fig. im Text u. 49 S. in gr. 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1928. Preis kart. 2 RM.

Das Heft erscheint bereits in zweiter Auflage, der beste Beweis dafür, daß die erste Anklang gefunden hat. Einige Stellen sind gekürzt, andere dafür auf den neuesten Stand der Gewindeschneidtechnik gebracht worden. Der Verfasser erläutert zunächst die Grundlagen, Entstehung der Schraubenlinie, die verschiedenen Gewindeformen usw. und sodann die Schneidstähle für Außen- und Innengewinde. Nach dieser Einleitung wird das Gewindeschneiden auf der Drehbank ausführlich besprochen, soweit es der Raum des Heftes gestattet, beginnend mit dem Ausrichten des Stahles unter Zugrundelegung der hierfür gebrauchten neuesten Lehren. Bei den Supporten zum Schneiden kegeliger Gewinde hätte vielleicht auch auf die Gewindeschneidvorrichtungen für Bohrrohre hingewiesen werden können, die in neuerer Zeit größere Bedeutung gewonnen haben und teilweise so eingerichtet sind, daß mit ihnen Gewinde geschnitten werden können, deren Steigung entweder parallel der Achse oder parallel der Kegelseite gemessen werden kann. Neu hinzugekommen ist das Gewindeschneiden nach dem Abwälzverfahren mit einem sich drehenden und gleichzeitig in der Längsachse des Werkstückes fortschreitenden zahnradartigen Werkzeuge. Die Schraubenschneidmaschinen oder Schraubenautomaten sind, sicherlich wegen des zu geringen zur Verfügung gestellten Raumes, nicht behandelt worden. Dafür sind aber neu hinzugenommen die selbstöffnenden Gewindeschneidköpfe und vor allen Dingen ein neuer Abschnitt über das Gewindefräsen. Das Heft bringt auf geringem Raume einen sehr guten Überblick über dieses wichtige und umfangreiche Gebiet und müßte eigentlich jeden Techniker interessieren, auf welchem Sonderfachgebiete er auch arbeiten mag. Witt, Berlin.

Heinrich Büssing und sein Werk. Herausg. anläßlich des 25jähr. Bestehens v. d. Firma Automobilwerke H. Büssing AG, Braunschweig 1928. Mit 262 Textabb. u. 92 S. in 4°.

In einem stattlichen Bande gediegenster Bild- und Buchdruckkunst wird hier der Öffentlichkeit ein Abschnitt aus der Geschichte der deutschen Automobilindustrie geboten. Als der bereits 60jährige Eisenbahningenieur Heinrich Büssing sich im Jahre 1903 dem Kraftwagen zuwandte, waren dessen Bauformen noch in jeder Beziehung im Fluß. Aber kaum eingelebt in den neuen Aufgabenkreis wurde er bald zum Führer. Die vorliegende Denkschrift enthält die Neuschöpfungen Büssings in zahlreichen Bildern, Konstruktionszeichnungen und Beschreibungen. W. A. Th. Müller-Neuhaus.

[1] S. 42 Zeile 17 muß es wohl statt „positiv genommen" entweder „absolut genommen" oder „negativ genommen" heißen.

Millenets Patent-Tabelle (Wandkarte). 14. Aufl. Carl Heymanns Verlag, Berlin 1929. Preis 6 RM.

Die Tabelle enthält für 23 Länder Angaben über Art der Patente, Anmelder, Vorprüfung, Prioritätsbeanspruchung, Anmeldeerfordernisse, amtliche Anmeldegebühren, Erteilungsgebühren, Höchstdauer, Fälligkeit und Höhe der Jahresgebühren bzw. Nachfristen hierfür und über Ausübungspflicht in sehr knappen Stichworten. Der Wert der Arbeit liegt hauptsächlich darin, daß diese Angaben durch Neuauflage in kurzen Zeiträumen immer auf dem Laufenden gehalten werden können. Auf Grund dieses letzten Standes ermöglicht die Tabelle eine erste, allerdings nur sehr knappe Information. Sie wird deshalb wohl nur für Sachkundige in Frage kommen und zweckmäßig in Verbindung mit ausführlicherem Material zu benutzen sein.

H. Herzfeld I.

Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente. Von O. Graf. Mit 166 Abb. i. Text, VIII u. 131 S. in 8°. Verlag Julius Springer, Berlin 1929. Preis geh. 14 RM, geb. 15,50 RM.

Die Vielheit der heute dem Konstrukteur zur Verfügung stehenden Werkstoffe erfordert die Entwicklung von Prüfverfahren, die das Verhalten der Werkstoffe im Betriebe zeigen, um bei der Schätzung der zulässigen Beanspruchungen bei voller Ausnutzung des Werkstoffes der Betriebsicherheit Genüge leisten zu können. Unter diesen Prüfverfahren kann die Ermittlung der Dauerfestigkeit als das wichtigste angesehen werden. O. Graf gibt in seinem Buch einen Überblick über den heutigen Stand unserer Kenntnis der Dauerfestigkeit. An dem wichtigsten Baustoff des Maschinenbaus, dem Stahl, werden die Grundbegriffe der verschiedenen Arten der Dauerfestigkeit (Zug, Druck, Biegung und Verdrehung) und ihre Beziehungen zu den anderen Werkstoffeigenschaften erläutert; des weiteren werden die Eigenschaften von Stahlguß, Gußeisen, den wichtigsten Nichteisenmetallen sowie von Beton, Holz und Glas bei Dauerbeanspruchung gezeigt. Gestützt auf eigene Versuche und langjährige Erfahrungen hat der Verfasser das Werk, das durch zahlreiche Hinweise auf das Schrifttum ergänzt ist, in erster Linie für den Werkstoffverbraucher geschrieben und gibt dem Konstrukteur und dem Studierenden eine Fülle von Belehrung und Anregung. Auch der Werkstoffachmann wird diese klar geschriebene Einführung in das Gebiet der Prüfung auf Dauerfestigkeit dankbar begrüßen und mit Vorteil benutzen können. Fr. Schwerdtfeger.

Chemische Valenz- und Bindungslehre (Handbuch der allgemeinen Chemie Bd. 6). Von Prof. F. Ephraim. Mit 108 Abb., VIII u. 366 S. in 8°. Akademische Verlagsges. m. b. H., Leipzig 1928. Preis kart. 31 RM, geb. 33 RM.

Nachdem in dieser Zeitschrift bereits mehrfach auf Werke hingewiesen wurde, die die Gegenstände der Atomchemie behandeln, d. h. die Ableitung der chemischen Eigenschaften der Stoffe aus der Konstitution ihrer Atome, begrüßen wir es ganz besonders, nunmehr das vorliegende Werk anzeigen zu können. Es unterscheidet sich von allen anderen dadurch, daß es dieses Gebiet nicht systematisch, sondern historisch darstellt. Ausgehend von der ersten Erkenntnis des Valenzbegriffes, führt es über die Anfänge der Elektronentheorie der Valenz bis zu den letzten Ergebnissen der Wissenschaft. Der Elektrovalenz, der unpolaren Bindung, dem Wertigkeitswechsel, den Molekülverbindungen u. a. sind ausführliche Kapitel gewidmet. Besonders reizvoll wird die Darstellung bei der Besprechung der Gegenstände, um deren Erforschung sich der Autor selbst wesentliche Verdienste erworben hat. Der historische Gang, den die Wissenschaft genommen hat, war von Umwegen nicht frei, aber, wie man schon häufig beobachtet hat, ist doch die historische Darstellung gleichzeitig auch eine in pädagogischer Hinsicht besonders wertvolle; denn der Gang der Entwicklung war nicht völlig willkürlich, sondern führt automatisch von den leichteren zu den schwereren Problemen. Anderseits ist das Werk nicht nur als Lehrbuch zu empfehlen, sondern es stellt auch in überaus erfreulicher Weise den Zusammenhang zwischen der gerade jetzt in eine Periode des stürmischen Fortschreitens eingetretenen Forschung mit den früheren Entwicklungstufen der Wissenschaft wieder her. Und das ist in mannigfacher Beziehung ein besonderes Verdienst. R. Samuel.

GESCHÄFTLICHE MITTEILUNGEN.

Ungarns elektrotechnischer Außenhandel[1]. — Nach dem von Geh. Rat Dr. G. Gratz herausgegebenen Ungarischen Wirtschafts-Jahrbuch 1929[2] betrug der Wert der Einfuhr elektrischer Maschinen und Apparate 1928 20,640 Mill Pengö, hat also gegen das Vorjahr (12,623 Mill Pengö) um rd. 8 Mill Pengö oder 63,5 % zugenommen. An diesem Import waren Deutschland mit 11,909 Mill Pengö (5,809 i. V.) bzw. fast 58 %, Österreich mit 3,886 Mill Pengö, d. h. rd. 19 %, und außerdem besonders die Niederlande (rd. 10 %) und die Schweiz (3,7 %) beteiligt. Die Ausfuhr stellte sich dem Wert nach auf 18,510 Mill Pengö (15,660 i. V.), ist mithin gegen die des Jahres 1927 um rd. 3 Mill Pengö bzw. 18 % gewachsen und verteilte sich mit 2,685 Mill Pengö (14,5 %) auf Deutschland und mit etwas geringeren Werten auf Südslawien und Rumänien, während Waren im Wert von durchschnittlich je etwa 1,3 Mill Pengö nach Italien, Brasilien, Österreich und Polen gingen. Im einzelnen sind die Mengen (dz) des ungarischen Elektroaußenhandels aus der unten folgenden, nach Angaben der El. Review[3] zusammengestellten Übersicht zu ersehen. Der Import weist gegen das Vorjahr mit Ausnahme von Meß- und Signalapparaten, Glühlampen, Isolierrohren und Leitungschutz durchweg eine Steigerung auf, u. zw. bei Dynamos, Motoren usw. um 1183 dz, bei Telegraphen- und Fernsprechapparaten um 858 dz sowie bei Widerständen um 1054 dz. Hauptlieferanten waren Deutschland und Österreich, mit kleineren Mengen haben sich u. a. Italien, die Schweiz, Schweden und Holland beteiligt. Die Ausfuhr ist, von Akkumulatoren und Batterien sowie von Telegraphen- und Fernsprechapparaten abgesehen, wie schon bemerkt, ebenfalls gewachsen, u. zw. bei Dynamos, Motoren usw. um 2081 dz, bei Glühlampen um 2574 dz. Von diesen ging ein großer Teli nach Deutschland, Brasilien und Rumänien; Dynamos, Motoren usw. hat Ungarn besonders an Italien, Südslawien, Österreich und ebenfalls nach Rumänien exportiert.

Erzeugnisse	Einfuhr dz		Ausfuhr dz	
	1928	1927	1928	1927
Dynamos, Motoren, Transformatoren	8 451	7 268	15 420	13 339
Akkumulatoren, Batterien und Teile solcher	790	524	275	562
Anlasser, Regulierwiderstände usw.	4 950	3 896	1 730	1 557
Meß- und Signalapparate	85	120	[4]	20
Elektrizitätszähler	320	248	1 440	1 125
Glühlampen	400	475	12 130	9 556
Bogenlampen	228	162	—	—
Heiz- und Kochvorrichtungen	170	163	—	—
Isolierrohre, Leitungschutz	430	655	335	277
Telegraphen- u. Fernsprechapparate	1 740	882	1 800	2 139

Aus der Geschäftswelt. — In das Handelsregister wurden eingetragen: Werke der Stadt Halle AG., Halle a. S. (12 Mill RM): Betrieb der städtischen Werke, darunter des Elektrizitätswerks, und Versorgung des Stadtgebiets Halle und anderer Gebiete mit Elektrizität usw., Betrieb einer elektrischen Straßenbahn in Halle; Eltax-Batterie G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb der als „Eltax-Batterie" bekannten Trockenbatterien aller Art und verwandter Artikel; „Mefas", Fabrikation elektrotechnischer Erzeugnisse G. m. b. H., Berlin (20 000 RM): Herstellung und Vertrieb elektrotechnischer Gegenstände im In- und Ausland, insbesondere die Ausnutzung der von O. Lentz zum Patentschutz angemeldeten Mehrfachschmelzsicherung.

[1] Vgl. ETZ 1928, S. 1460.
[2] Carl Heymanns Verlag, Berlin 1930.
[3] Bd. 105, 1929, S. 412.
[4] Nicht spezifiziert.

Berichtigung.

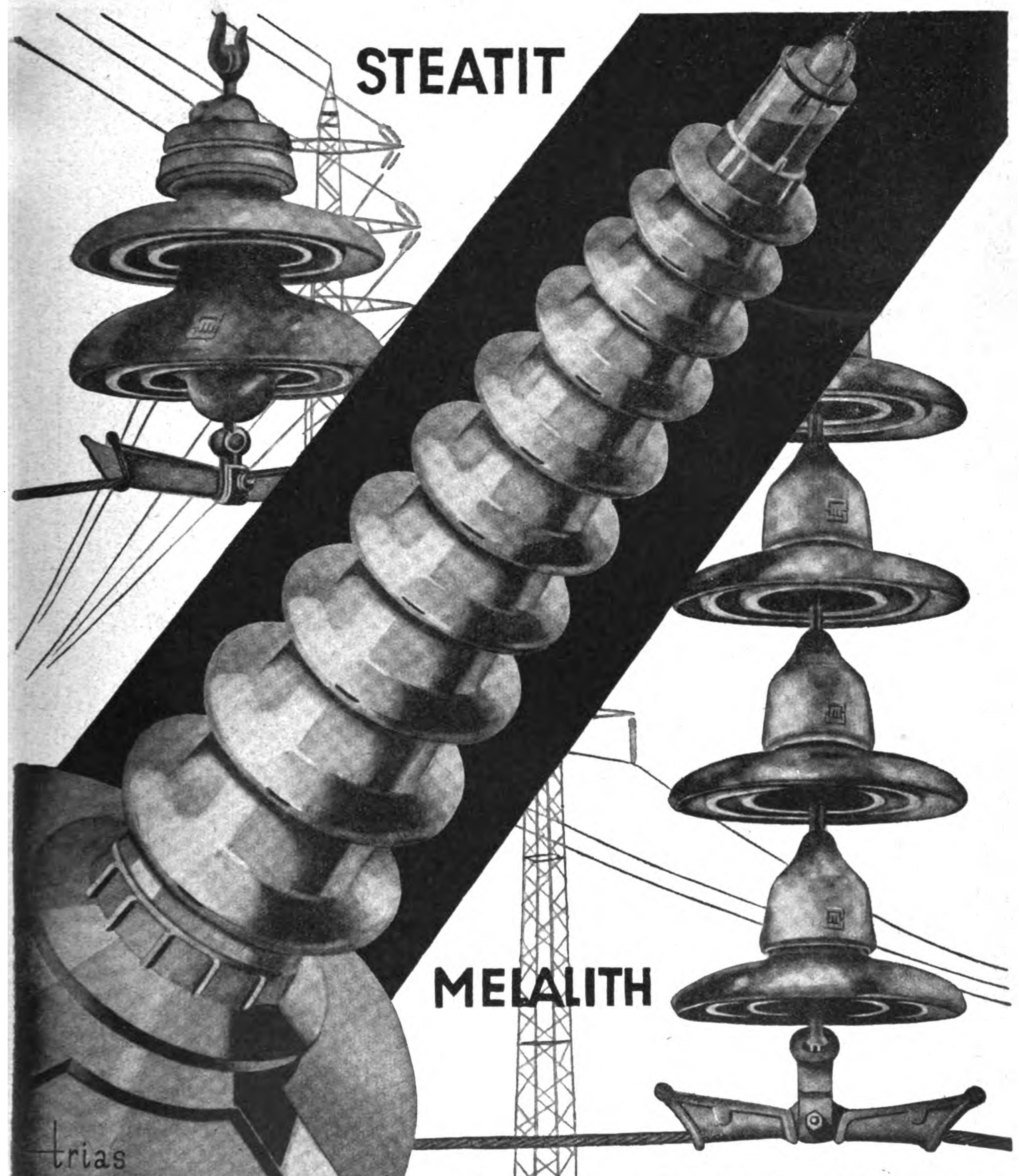
In der Rundschau-Mitteilung „Teiltagungen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Berlin", ETZ 1929, S. 1742, ist nicht angegeben worden, daß auch die Tschechoslowakei an den Beratungen teilnahm. Die vier tschechoslowakischen Delegierten waren die Herren: Ing. A. Seifert, Ing. F. Jáchym, Ing. G. Slavík und Ing. Nippel. Der Leiter der Delegation war Herr Ing. A. Seifert.

Abschluß des Heftes: 19. Dezember 1929.

Rechtsverbindliche Auflage dieses Heftes 19 000 Expl.

Für die Schriftleitung verantwortlich: E. C. Zehme in Berlin. — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W 9.

Anzeigenpreise, Bezugsbedingungen usw. auf Seite 19


STEATIT
MELALITH
trias



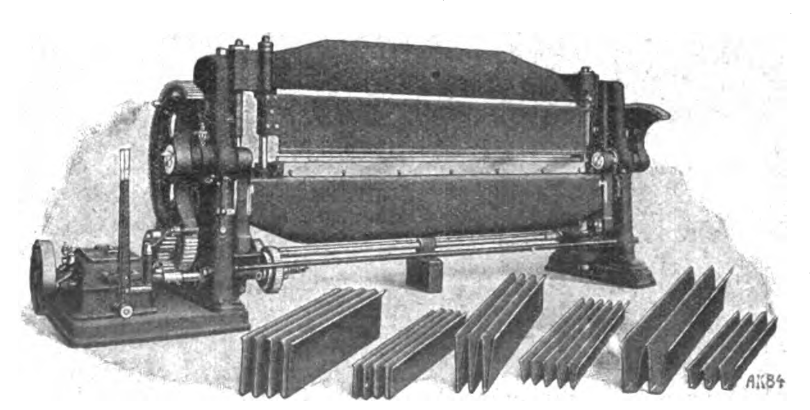
SÜDKABEL

KABEL
UND
VERLEGUNGEN

Seiner

MANNHEIM





Spezial-Abkantmaschine für Transformatorenwellbleche

Elektrotechnische Zeitschrift

Für die Schriftleitung bestimmte Sendungen sind nicht an eine persönliche Adresse zu richten, sondern nur an die **Schriftleitung der Elektrotechnischen Zeitschrift,** Berlin W 9, Linkstr. 23/24. Fernsprecher: Sammelnummer: Kurfürst 6050 und 6326 (Julius Springer). Drahtanschrift: Springerbuch Berlin.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und bei Originalartikeln nur mit Genehmigung der Schriftleitung und des Verlages gestattet.

SONDERDRUCKE werden nur auf rechtzeitige Bestellung und gegen Erstattung der durch den besonderen Druck entstandenen Selbstkosten geliefert. Den Verfassern von Originalbeiträgen stehen bis zu 5 Expl. des betr. vollständigen Heftes kostenfrei zur Verfügung, wenn uns ein dahingehender Wunsch bei Einsendung der Handschrift mitgeteilt wird. Nach Druck des Aufsatzes erfolgte Bestellungen von Sonderabdrucken oder Heften können in der Regel nicht berücksichtigt werden.

Die Elektrotechnische Zeitschrift

erscheint in wöchentlichen Heften und kann im **In-** und **Ausland** durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder durch die Versandstelle des Verlages, die Hirschwald'sche Buchhandlung, Berlin NW 7, Unter den Linden 68, bezogen werden. Bezugspreise für In- und Ausland: jährlich RM 40,—; vierteljährlich RM 10,—; monatlich RM 3,50. Hierzu tritt bei direkter Zustellung unter Streifband das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft 1,— RM zuzüglich Porto.

Anzeigenpreise und -bedingungen.

Preise: Die gewöhnliche Seite 320 RM $\frac{1}{2}$-, $\frac{1}{4}$-, $\frac{1}{8}$-seitige Anzeigen anteilig, für Gelegenheitsanzeigen, von Strich zu Strich gemessen, die einspaltige Millimeterzeile oder deren Raum 0,35 RM.

Rabatt: bei jährlich	13	26	52maliger Aufnahme
	10	20	30 %

Gelegenheitsanzeigen sind sogleich bei Bestellung ebenfalls auf Postscheckkonto 118 935 Berlin, Julius Springer, zahlbar unter gleichzeitiger entsprechender Benachrichtigung an die Anzeigenabteilung des Verlages.

[Für die gewöhnliche Schriftzeile von 5 Silben sind 3 mm, für eine fettere Überschrift 6 mm vorzusehen, für einen Rand 4 mm bei nur 4 Silben pro Zeile.]

Stellengesuche werden bei direkter Aufgabe mit 0,20 RM pro Millimeterzeile berechnet; Aufnahme nach Eingang der Zahlung.

Ziffernanzeigen. Für Annahme und freie Beförderung einlaufender Angebote wird eine Gebühr von mindestens 1 RM berechnet.

Beilagen werden nach Vereinbarung beigefügt.
Erfüllungsort für beide Teile Berlin-Mitte.

Schluss der Anzeigenannahme: Montag vormittag 8 Uhr

Anfragen und Sendungen für die Elektrotechnische Zeitschrift sind zu richten:

a. **für Anzeigen oder sonstige geschäftliche Fragen** an die Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24.

Drahtanschrift: Springerbuch Berlin. Fernsprecher: Sammelnummer: Kurfürst 6050 und 6326. Bei telephonischen Gesprächen ist stets anzugeben, ob die Schriftleitung oder die Anzeigenabteilung gewünscht wird.

b) **für Abonnements und sonstige Bücherbezüge** an die Hirschwald'sche Buchhandlung, Berlin NW 7, Unter den Linden 68.

Drahtanschrift: Hirschwaldbuch, Berlin. Fernsprecher: Zentrum 2825, 2826, 2835, 2836.

Bank- und Postscheckkonten

für Anzeigen, Beilagen, Sonderdrucke:
Reichsbank-Girokonto, Deutsche Bank, Depositenkasse C, Berlin W 9,
Postscheckkonto Berlin Nr. 118 935. Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W. 9.

für Bezug von Büchern, Zeitschriften und einzelnen Heften:
Postscheckkonto Berlin Nr. 33 700, Hirschwald'sche Buchhandlung, Berlin NW 7. Bankkonto: Disconto-Gesellschaft, Depositenkasse Berlin W 8, Unter den Linden 11.

An die Vereinsmitglieder, Verbandsmitglieder und Postbezieher der E. T. Z.

Beim Ausbleiben von Heften sind Beschwerden nicht an den Verlag, Verein oder Verband, sondern sofort an das zuständige Postamt zu richten.

Bei Wohnungswechsel ist an das Postamt der alten Wohnung rechtzeitig ein Antrag auf Überweisung nach der neuen Wohnung zu stellen. Für die Überweisung ist eine Gebühr von 0,50 RM zu entrichten, wenn ein anderes Postamt in Frage kommt.

Die Mitglieder des VDE, EV und aller zum VDE gehörigen Vereine haben ihren Wohnungswechsel außerdem der entsprechenden Geschäftsstelle mitzuteilen, und zwar die alte und neue Anschrift.

Die Erneuerung der Abonnements muß, um Störungen in der Zustellung zu vermeiden, stets rechtzeitig seitens der Bezieher erfolgen.

DEUTSCHE KABELWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN O 112
GEGR. 1890

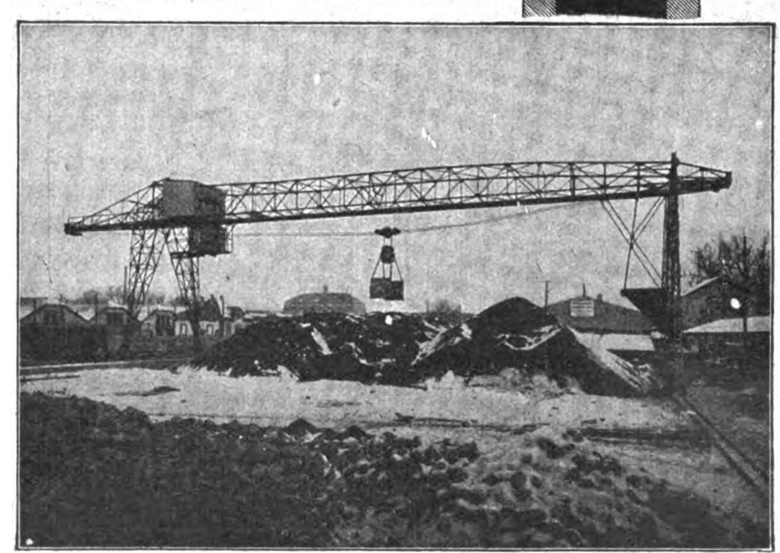
DKW

BLEIKABEL UND ISOLIERTE LEITUNGEN ALLER ART

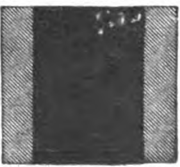
BLEICHERT TRANSPORTANLAGEN



Kabelkrane sind den Verladebrücken bei großen Spannweiten stets und bei geringeren Spannweiten in unserer Ausführung als Brückenkabelkrane wirtschaftlich überlegen. Das Tragkabel wird an Stelle der schweren Spanngewichte durch einen Brückenträger gespannt gehalten, der durch die geschickte Art der Befestigung des Kabels frei von Biegungsbeanspruchungen ist. Der Brückenkabelkran ist deshalb leichter als Kabelkrane oder Verladebrücken gleicher Spannweite und Leistung. Seine Verwendung und Arbeitsweise sind die gleichen wie beim Kabelkran.

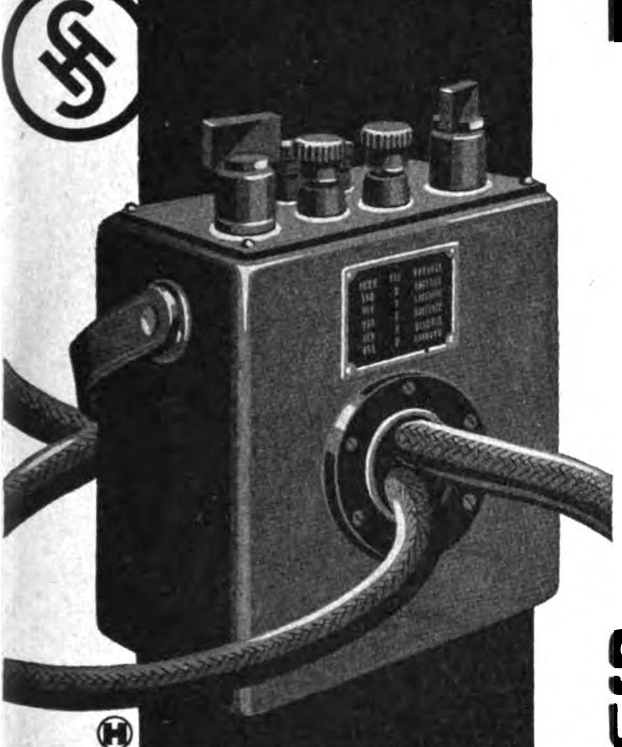


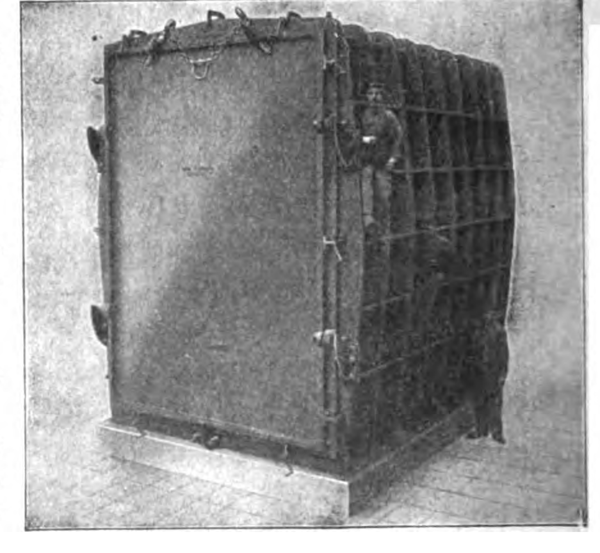
Brückenkabelkran von 4,3 t Tragfähigkeit für das Städt. Elektrizitätswerk München



ADOLF BLEICHERT & CO. A. G. LEIPZIG
DRAHTSEILBAHNEN · KABELKRANE · NAHFÖRDERMITTEL


OSRAM
Es lohnt sich,
alle alten geschwärz=
ten Glühbirnen aus
den Fassungen zu
schrauben und durch
innenmattierte
Osram-Lampen
zu ersetzen.
40
25
16
OSRAM
OSRAM






Digitized by Google


KASKADEN-
SPANNUNGSWANDLER
110 kV Freiluft im Vergleich zur normalen
Bauart
A2-531
KOCH & STERZEL
AKTIENGESELLSCHAFT
DRESDEN,

AEG-Doppel-Kranmotor für Drehstrom-Hubwerke.

Mitteilung der AEG.

Seit Beginn des elektrischen Kranbaues hat man mit Recht den Vorteil des Gleichstrom-Reihenschluß-motors gerühmt, leichtere Lasten schneller und den leeren Haken doppelt so schnell zu heben wie die Vollast. Heute ist Drehstrom viel stärker verbreitet als Gleichstrom und der Wunsch, auch bei Drehstrom die Geschwindigkeit zu steigern, wurde dringender. Dem Versuch, dies durch Einphasen- und Drehstrom-Kommutatormotoren mit Reihenschluß-Charakteristik zu erreichen, war ein dauernder Erfolg nicht beschieden, weil diese Motoren sehr viel teurer als Drehstrom-Asynchronmotoren sind. Dabei wirkt sich die Geschwindigkeitssteigerung nicht einmal genügend aus, weil das Ankerschwungmoment sehr groß ausfällt. Außerdem ist die Bauart dieser Motoren nicht einfach und der Kommutator mit seinen zahlreichen Bürsten erfordert sorgfältigste Wartung bei hohen Unterhaltungskosten. Die AEG hat es deshalb vorgezogen, den einfachen, betriebssicheren Drehstrom-Asynchronmotor weiter auszubilden und schuf im „Doppel-Kranmotor" einen polumschaltbaren Motor, der in bezug auf Geschwindigkeitssteigerung sogar noch den Gleichstrom-Reihenschlußmotor übertrifft. Denn mit dem Doppel-Kranmotor kann die Halblast doppelt so schnell, mit dem Gleichstrom-Reihenschlußmotor dagegen nur um etwa 30 bis 40% schneller gehoben werden als die Vollast. Die Mehrkosten des Doppel-Kranmotors fallen gegenüber seinen Vorteilen nicht in die Wagschale. Die AEG hat auf den neuen Motor und seine Steuerung Patente angemeldet.

Abb. 1 zeigt den Doppel-Kranmotor DNKV in offener Bauart. Er hat, wie der normale Asynchronmotor, nur drei Schleifringe, weist jedoch zwei getrennte Wicklungen im Ständer und Läufer auf. Die beiden Wicklungen erzeugen die gleiche Leistung bei verschiedenen Drehzahlen. Die Ständerwicklung mit hoher Polzahl für langsamen Gang arbeitet zusammen mit einer Schleifringwicklung im Läufer, die zweite Ständerwicklung mit geringer Polzahl für schnellen Gang mit einer Läufer-Kurzschlußwicklung. Für kleinere Leistungen wird der Doppel-Kranmotor für 750 und 1500 U/min, für größere Leistungen von etwa 50 PS ab für 600 und 1000 synchrone U/min ausgeführt.

Fast jedes Hubwerk hat nicht nur Transportarbeit bei frei beweglicher Last, sondern auch Manövrierarbeit bei kleiner Geschwindigkeit zu leisten, und die Vollastgeschwindigkeit kann nicht beliebig gesteigert werden, weil sie eine Funktion der von dem Kran verlangten Manövrierfähigkeit ist. Wird z. B.

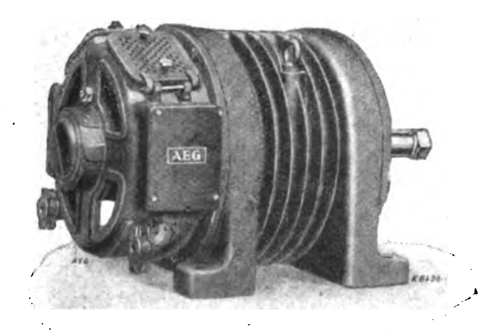


Abb. 1. Doppel-Kranmotor DNKV.

bei einem Gießereikran eine Vollasthubgeschwindigkeit von 3 m/min wesentlich überschritten, so läßt sich ein ganz langsames Anheben durch das Steuergerät nicht mehr herbeiführen. Bei Hafen-Stückgutkranen sollte die Vollast-Hubgeschwindigkeit in der Regel nicht größer als 36 bis 44 m gewählt werden, um ein genügend langsames Anheben vorsichtig zu behandelnder Güter und innerhalb der Schiffsluke zu erreichen.

Bei Benutzung eines Doppel-Kranmotors wird die Vollastgeschwindigkeit, wie bisher, entsprechend dem Verwendungszweck und der erforderlichen Manövrierfähigkeit gewählt. Das Steuergerät (Abb. 2) schaltet zuerst die Wicklung mit hoher Polzahl ein und steigert die Motordrehzahl durch allmähliches Kurzschließen der Widerstände von Null bis zur Vollastgeschwindigkeit, die auf dem vorletzten Kontakt erreicht wird. Bei Lasten bis zur Halblast wird durch Überschalten auf den letzten Kontakt die Schleifringwicklung abgeschaltet und die Kurzschlußwicklung angeschlossen, wodurch sich die Geschwindigkeit in kürzester Zeit (etwa 1½ s.) auf das Doppelte bzw. bei der Drehzahl Kombination 600/1000 auf das 1,66fache steigert. Der Vorteil des Doppel-Kranmotors besteht also darin, die Manövrierarbeit langsam, die Transportarbeit der frei beweglichen Last jedoch schnell ausführen zu können, ohne daß gegenüber dem Normalmotor die Anschlußleistung des Motors erhöht und die Steuerwalze mit größerer Leistung beansprucht werden. Da bei der größten Zahl der Hebezeuge leichtere Lasten viel häufiger sind als die schwere Last und selbst beim Arbeiten mit der Vollast auf dem halben Wege mit dem leeren Geschirr gearbeitet wird, so ist die Steigerung der Förderleistung durch den Doppel-Kranmotor beträchtlich.



Abb. 2. Steuerwalze mit Untersteuerung in Sonderausführung für Doppel-Kranmotoren.

Der Doppel-Kranmotor weist ferner den Vorteil eines geringeren Stromverbrauchs auf: Weil der Führer schnell die doppelte Geschwindigkeit erreichen kann, gewöhnt er sich, die mit der Schleifringwicklung erreichbare normale Drehzahl möglichst voll auszunutzen, d. h. weniger mit vorgeschalteten Anlaßwiderständen zu arbeiten. Außerdem ist die zum Beschleunigen von der normalen auf die doppelte Geschwindigkeit aufzuwendende Energie verhältnismäßig gering. Beim Senken durchziehender Lasten tritt eine doppelt, bzw. 1,66mal so große Energie-Rückgewinnung wie beim normalen Motor ein. Auch der Leistungsfaktor cos φ ist im Bereich der hohen Geschwindigkeiten wesentlich günstiger als bei dem normalen Schleifringmotor.

Doppel-Kranmotoren finden vorteilhaft Verwendung bei den Hubwerken von Hafen-Stückgutkranen, Greiferkranen (in der Drehzahl-Kombination 600/1000), Werftkranen, Kübelkranen in Gaswerken, Fallwerkskranen in Hüttenwerken, Kabelkranen, überhaupt bei Kranen, bei denen eine möglichst große Förderleistung erzielt werden soll. Bei gegebener Förderleistung wird sich mitunter auch eine Herabsetzung der Vollastgeschwindigkeit und des Anschlußwertes als zweckmäßig erweisen. Ein weiteres Anwendungsgebiet bilden Hubwerke von Gießereikranen. Hier lassen sich durch Benutznug des Doppel-Kranmotors ohne Beeinträchtigung der Feinregelung sehr beträchtliche Mehrleistungen durch das schnellere Arbeiten nach Beendigung der Formereiarbeit erzielen. Dies gilt auch für Montage- und Werkstättenkrane.

Mit dem Doppel-Kranmotor wurde also ein Motor einfachster Bauart für Drehstrom geschaffen, der gegenüber dem normalen Motor die Vorteile einer beträchtlichen Steigerung des Arbeitstempos, ohne Beeinträchtigung der Manövrierfähigkeit und ohne Erhöhung des Anschlußwertes, und eines geringeren Stromverbrauches aufweist. Ältere Krananlagen können durch den Einbau des Doppel-Kranmotors in ihrer Leistungsfähigkeit gesteigert werden.

Fortsetzung auf Seite 40.



Fortsetzung auf Seite 42.





Grieche

Elektrotechniker (Dipl.-Ing.), deutsch sprechend, zunächst für Berlin gesucht von Groß-Firma zur Bearbeitung griechischer Geschäfte. Bewerbungen mit Bild und Zeugnisabschriften sind zu richten unter **B. N. M. 9874** an **Ala-Haasenstein & Vogler, Berlin W 35.**

[9563]

Montage-Ingenieur

(junger Dipl.-Ing. bevorzugt)

zur Leitung von Schwachstrom- und Hochspannungskabelmontagen gesucht. Es wird eine energische Persönlichkeit mit sicherem, gewandtem Auftreten verlangt.

Bewerber müssen auch in der Projektierung von Kabelnetzen und in der Kalkulierung von Montagen bewandert sein.

Ausführliche Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen erbeten unter **E. 9542** an die Anz.-Abt. der ETZ, Berlin W 9, erb.

Akademisch gebildeter

Ingenieur

mit Erfahrung auf dem Verstärker-Gebiete und Kenntnissen in der Elektro-Akustik für unser Schwachstrom- und Hochfrequenz-Laboratorium und evtl. späterer Verwendung im Ausland

gesucht.

Bewerbungen mit Lebenslauf, Gehaltsansprüchen und Angabe über Sprachkenntnisse unter **E. 9569** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbet.

Groß-Firma

sucht für ihre **Zweigniederlassung in Groß-Rumänien** mehrere

Diplom-Ingenieure

der Fachrichtung Elektrotechnik

In Frage kommen nur Bewerber **mit Praxis**, welche die rumänische Staatsangehörigkeit besitzen und die deutsche und rumänische Sprache beherrschen. (Ungarische Sprachkenntnisse erwünscht). Angeb. m. eigenhändig geschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsansprüchen erbeten unter **E. 9588** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9.

2 Konstrukteure

mit guter Schulbildung und möglichst Erfahrungen im Entwurf von Schaltgeräten, sowie

1 Ingenieur

für Angebote sowie Bearbeitung von Preislisten, insbesondere auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinenausrüstungen,

gesucht.

Es wird Wert auf gute theoretische Vorbildung gelegt.

Angebote an: [9580]

F. Klöckner, K.-G.

Köln-Bayenthal.

Fortsetzung auf Seite 44.



Großer deutscher Elektr.-Konzern sucht zur Unterstützung des Vorstandes theoretisch und praktisch ausgebildeten

Ingenieur

mit guten Kenntnissen im Bau u. Betrieb elektrisch. Überland-Zentralen, mit Erfahrung in wirtschaftlichen Fragen und befähigt, einschlägige Vertragsverhandlungen zu führen. Gute Kenntnisse in englischer und französischer Sprache verlangt.

Angebote mit Lebenslauf unter **J. U. 14331** befördert **Rudolf Mosse, Berlin SW 100.** [9582]

Elektrotechnische Abteilung eines landwirtschaftl. Verbandes sucht zum baldigen Eintritt **Elektroingenieur** mit abgeschl. Fachschulbildung als

Revisionsbeamten

zur Revision elektrischer Anlagen auf dem Lande. Verlangt wird mehrjährige Praxis im Installationsfach, genaue Kenntnis der VDE-Vorschriften sowie Gewandtheit im Verkehr mit Behörden und Konsumenten.

Angebote mit selbstgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Lichtbild erbeten u. **E. 9589** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9.

Gruppenführer

mit größerer Konstruktionspraxis im Elektroapparatebau für drahtlose Apparate für sofort gesucht.

Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen unter **E. 9594** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Pyrometerfabrik,

die auch hochwert. elektr. Präzisionsmeßinstrumente herstellt, sucht **prakt.** u. **theoretisch** absol. erfahr. Ingenieur f. leit. Stellg. **Erforderliche Kenntnisse**: Bau u. Berechnung von Präzisions-, Millivolt- u. Ampèremetern, Registrier-Geräte (Mehrfarbenschreiber), Bau u. Berechn. optisch. Instr., Anmeld. v. Patenten, Abfass. v. Bericht. f. Fachzeitschr., Ausarbeit. v. Proj. u. Angebot. Es ist nur einzusenden ein kurz. Lebenslauf u. d. Bekanntgabe d. Stellungen u. Firmen. Andere Unterlag., wie Bilder od. Zeugnisabschr. werd. evtl. von uns eingeford. Ang. u. **E. 9595** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Bln. W 9, erb.

Technikum Ilmenau in Thür.

Ingenieurschule für Maschinenbau u. Elektrotechnik
Wissenschaftliche Betriebsführg. Werkmeisterabt.

Argentinien

In Buenos Aires gut eingef. Firma übernimmt noch die Vertretung einig. leistungsfähiger Werke. Aufträge können in Hamburg zahlbar gestellt werden. Inhaber z. Z. in Deutschland.

Offerten unter **L. 0183** an **William Wilkens, Hamburg 1.** [9576]

Wir suchen

für die Plätze **Leipzig, Chemnitz, Dresden, Görlitz, Breslau, Magdeburg, Stettin, Bremen, Hannover, Braunschweig, Osnabrück, Dortmund, Kassel, Frankfurt/M., Mannheim, Freiburg/Br., Stuttgart, Augsburg**

Vertreter

bei Großindustrie, Maschinenfabriken, Elektrizitätswerken und Installationsfirmen gut eingeführt. Wir bieten tatkräftige Unterstützung durch Qualitäts-Maschinen jeder Stromart und Ausführung bis 300 kW.

Mitteldeutsche Elektromotoren-Werke G. m. b. H.
Saalfeld (Saale) [9572]

Fabrikation von Akkumulatoren

neuartiger, ausprobierter und bewährter Konstruktion soll für Deutschland und Ausland verkauft werden. Kapitalkräftige Interessenten wollen Anfragen unter **E. 9570** an die Anzeigen-Abteilung der ETZ, Berlin W 9, richten.

Elektrotechniker

mit abgeschlossener Fachschulbildg. (Technikum) u. mindestens 5jähriger Praxis i. Installationswesen zum baldigen Eintritt auf Privatdienstvertr. gesucht. Bewerber, die völlig gesund und mit den einschlägigen Verhältnissen in der Provinz Hannov., namentlich auf dem Gebiete der Stromversorgung und der Hausinstallationen, vertraut sind und längere Zeit bei Elektrizitätswerken tätig waren, werden bevorzugt. Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild und Gehaltsansprüchen sind bis zum 10. Januar 1930 unter **E. 9578** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, zu richten.

Vertreter einer deutschen Großfirma übernimmt [9558]

Vertretung

für Jugoslawien von Kabel- oder El.-Techn. Fabrik. Anträge unter **S. 570** an die **Jugoslawische Rudolf Mosse A.-G. Beograd.**

Ingenieur-Büro Sitz Essen-Ruhr

mit guten Beziehungen, wünscht noch **Vertretungen** erster **elektr.** Spezialfirmen. Angebote unter **E. 9552** an die Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbeten.

Technisch begabte Herren

mit guten persönlichen

Beziehungen

zu Industriefirmen, Elektrizitätswerken u. Elektromaschinenfabriken von alter, eingeführter elektrotechnischer Spezialfabrik zur Erweiterung ihrer Abnehmerkreise als Vertreter gesucht. Hohe Provision u. Unkostenzuschuß.

Ausführliche Bewerbungen unter **E. 9562** a. d. Anz.-Abt. d. ETZ, Berlin W 9, erbeten.

---

10 ältere Ölschalter

SSW, Mod. N 967 und 997, 5000 Volt, 200 Amp., billigst abzugeben. [9587]

Anfragen unter **M. A. 7723** bef. **Rudolf Mosse, München.**

Fortsetzung auf Seite 46





Bücher.

Wie koche ich elektrisch mit Prometheus-Geräten? Prometheus-Kochbuch für die elektrische Küche. Oktober 1929. Preis 0,50 RM. Für Bezieher von Prometheus-Geräten kostenlos.

[Die Firma Prometheus, Elektrische Geräte und Heizeinrichtungen G. m. b. H., Frankfurt a. M., hat anläßlich der Internationalen Kochkunst-Ausstellung ein Kochbuch herausgegeben, das hauptsächlich die Unterschiede zwischen dem Kochen in der flammenbeheizten und der elektrischen Küche behandelt. Man wird an Hand von Beispielen darüber unterrichtet, daß sich durch die gleichmäßige, milde Wärme der elektrischen Heizung Vereinfachungen und Verbesserungen in den einzelnen Koch- und Bratweisen ergeben, die eine weitgehende Arbeitserleichterung, Fettersparnis und bessere Ausnutzung des Kochguts ermöglichen.]

Achter Bericht der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Berlin, umfassend ihre Tätigkeit vom 1. IV. 1928 bis zum 31. III. 1929. Mit 209 S. in 8°.

Mitteilungen aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt Bd. 14. Mit zahlr. Abb. u. 320 S. in 2°. Zu bez. dch. die Weidmannsche Buchhdlg., Berlin SW 68, 1929. Preis kart. 12 RM.

Sonderdrucke.

Wolfram. Von **E. Lax** u. **M. Pirani**. Aus **Gehlhoff**, Lehrbuch der technischen Physik, Bd. 3. Verlag Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1929.

Temperaturstrahlung fester Körper. Von **E. Lax** u. **M. Pirani**. Aus **Geiger-Scheel**, Handbuch der Physik, Bd. 21. Verlag Julius Springer, Berlin 1929.

10 Jahre Steinzeug. Von **F. Singer**. Aus dem Buch „Zehn Jahre deutsche Keramik 1919—1929“. Verlag Keramische Rundschau, Berlin NW 21.

Zeitschriften.

Archiv für Elektrotechnik, 1929, Bd. XXIII, H. 3. enthält folgende Arbeiten: **Steidinger**, Induktivität, Energie und Stromkraft von Sammelschienen. — **Ollendorff**, Zur qualitativen Theorie gesättigter Eisendrosseln. III. Teil. Kurvenverzerrung durch hochgesättigte Transformatoren. — **Dreyfus**, Konstruktion und Berechnung der Dämpferanordnung des synchronen Einankerumformers unter besonderer Berücksichtigung der Ausgleichvorgänge bei gleichstromseitigen Kurzschlüssen. — **Schiller**, Über die induktive Beeinflussung von Schwachstromleitungen durch Starkströme. — **Franck**, Das Minimum der Durchbruchfeldstärke und des Verhältnisses von Anfangsspannungen und Durchbruchfeldstärken bei Kugelelektroden. — **Schammel**, Das Stromdiagramm der Synchronmaschine mit ausgeprägten Polen in symbolischer Behandlung. — **Imhof**, Zur Entwicklungsgeschichte elektrostatischer Hochspannungsvoltmeter.



SAWA-PRÄZISIONS-GETRIEBE



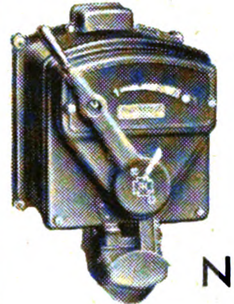
FRITZ SAUERWALD·FABRIK FÜR GETRIEBEBAU·BARMEN



KREUZER-ANLASSER

Nr. 12

Drehstromanlasser
Drehstromregler
mit Netzabschaltung

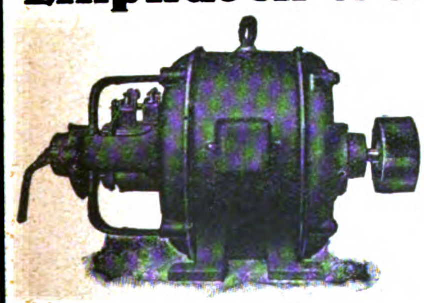


Nur ein Hebel
betätigt bei diesem
neuen Anlaßgerät
für Drehstrommotoren mit Schleifring-anker den eingebauten Netzschalter und den Rotoranlasser in sinngemäßer Reihenfolge. — Falsche Bedienung wird dadurch ausgeschlossen.

ALBERT KREUZER, ING.
Fabrik elektr. Widerstände, Berlin-Schöneberg 1



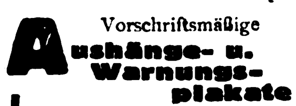
Einphasen-Wechselstrom-Repulsionsmotoren


DRPa DRGM

$^1/_{20}$ bis 5 PS Leistung bei 1400 Umdrehungen
$2\,^1/_2$ faches Anzugsmoment · Kein Feuern am Kollektor
Kein Schwarzwerden des Kollektors
Geringe Abnutzung der Kohlen · Kein Durchgehen bei Leerlauf
Regulierbar durch Bürstenverstellung oder Regulieranlasser
Kein Versagen selbst bei vollständig veröltem Kollektor
Ladeaggregate für **Autogaragen** Leistung 200 Watt

Gebrüder Kaiser A.-G. Leipzig C1 Dessauer Str. 13

ETZ-ANZEIGER



Vorschriftsmäßige Aushänge- u. Warnungsplakate des Verbandes Deutscher Elektrotechniker

J. ED. WUNDERLE
Mainz-Kastel

Man verlange Katalog



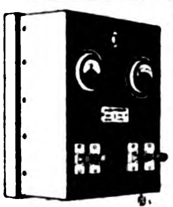
„SID ERNO"

Alleinhersteller:
R. NOSKE Nachfolger
Altona a. E.
Gegr. 1879

Hochwertige Kondensatoren
für alle Zwecke

Normalien

RICHARD JAHRE
Spezialfabrik für Kondensatoren
Berlin SO 16



Ladegeräte
jeder Art für SA-Zentralen Reihen-nebenstellen usw.

August A. Hettich, Furtwangen

Patentanwalt
Dr. O. Arendt
Berlin W 15
Kurfürstendamm 179
Vereid. Sachverständiger f. Elektrotechnik und Gewerbl. Rechtsschutz f. Landger. III
Telefon: Oliva 3776

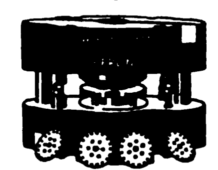
Präzisionsholzwaren
für die gesamte Elektrotechnik, technischen, wissenschaftlichen Instrumentenbau, Feinmechanik, Radiogehäuse in sauberster, präziser Ausführung.
AUGUST KOPPERMANN
Wilkau i. Sa. Gegr. 1884



Schilder für alle Zwecke

Nürnberger Metallätzwerk
Lessinger & Heymann, Nürnberg
Firmen- u. Leistungsschilder
für Maschinen Apparate
sowie Skalen und Zifferblätter

Schnitte, Stanzen



WILHELM GERNDT
BERLIN SO 36
Kottbuser Ufer 34
Gegründet 1895

Der ETZ-Anzeiger bietet beste Gelegenheit zur Ankündigung von solchen Artikeln, die keinen großen Reklameaufwand vertragen

Anzeigenpreise

Mk. 13.— 17.— 21.— 25.—
für das 30 40 50 60 mm hohe Kästchen
abzüglich 10 20 30 % Rabatt
bei 13 26 52 maliger
einwöchentlich hintereinander erfolgender Aufnahme.

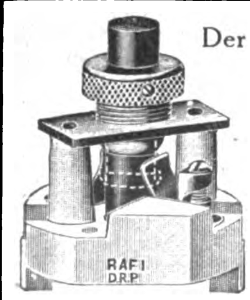




Isolier-Preßteile aller Art für jeden Verwendungszweck liefert **vorteilhaft** in den verschiedenen **verbandsmäßigen** Qualitäten in **tadelloser** Ausführung und **Präzision**

Vertreter werden noch gesucht

SOLITH-WERK-SONNEBERG
BIERSCHENK & BLETZINGER
SONNEBERG/THÜR.



Der **Rafi-Einbau-Kontakt**
D. R. P.

dient zur **schraubenlosen** Befestigung der Abdeckplatten.

Bestell-Nr. 99

Bitte verlangen Sie Preisblatt Nr. 280

Raimund Finsterhölzl, Ravensburg 18



VORM. MAX ROTH G. M. B. H.
MITTELSCHMALKALDEN
Post Wernshausen.



Nr. 8203 N

Ferner: Mignon- u. Normalfassungen, Zug-Drehschalt- u. Isolierstoffassg.

FABRIKZEICHEN



BAYERISCHE ELEKTRICITÄTS-WERKE
Fabrik Landshut (Bayern)
Elektromotoren / Generatoren
Transformatoren
Gleichstrom-Hochspannungs-Dynamos für Sender
Lade-Einrichtungen / Umformer

HOLLÄNDISCHE DRAHT- und KABELWERKE A. G.
AMSTERDAM



Gummi-isolierte Leitungen aller Art

LJS

LINDNER & Co.
Jecha-Sondershausen (Thür.)
Elektrotechnische Spezial-Fabrik für Nieder- und Hochspannungs - Apparate

RHEINISCH-WESTFÄLISCHE SPRENGSTOFF-ACTIEN-GESELLSCHAFT
Abt. Kunststoffe
Troisdorf, Bez. Köln
Isolierstoffe:
Trolit, Gummon
Trolit-Spezial, Trolitan
Trolitax, Trolon

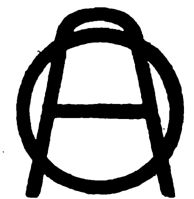


RICH. DEMMLERS Wwe.
Fabrik elektrotechnischer Porzellanapparate
Blechhammer i. Thür.
Post Köppelsdorf-Hüttensteinach



A. KATHREIN, Rosenheim I (Obb.) Fabr. elektrot. Apparate.
Spez.: Blitzschutzapparate

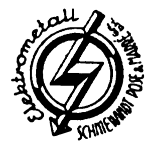
Vorgelege- und Spezialmotoren



ALBERT OBERMOSER
Elektromotorenwerk
Aktiengesellschaft
Bruchsal (Baden)
Schließfach 118



C. & F. SCHLOTHAUER
G. m. b. H.
Ruhla (Thür.)
Spezialfabrik elektrotechnischer Installationsmaterialien



Elektrometall

SCHNIEWINDT, POSE & MARRE G. M. B. H.
Erkrath-Düsseldorf

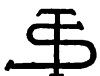
Chromnickeldrähte und -Bänder für die Elektroheizung



KONTAKT A. G.
Fabrik elektr. Spezialartikel
Frankfurt a. M.-R.
Einheits-Schalter und Steckdosen



PORZELLANFABRIK KLOSTER VEILSDORF A.-G.
Veilsdorf (Werra)



THIEL & SCHUCHARDT
Metallwarenfabrik A.-G.
Ruhla i. Thür.
Spezialität:
Elektrotechnische Bedarfsartikel aller Art





C. & E. FEIN, STUTTGART
Erste Spezialfabrik für Elektro-Werkzeuge
Gegr. 1867

Gegr. 1882

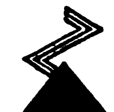


KROGSGAARD & BECKER
Hamburg 30
Spindel-Zellenschalter,
Selbstschalter,
Lade-Schutzschalter

CARL REINSHAGEN
Telefonschnur-, Kabel- u. Gummiwerk G. m. b. H.
Ronsdorf-Rheinland



„NONHYGRO"-Schnüre für alle Fernmeldezwecke mit höchsten konstanten Isolationswerten (DRP.)



ZIEHL - ABEGG
Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.
Berlin - Weißensee
Elektromotoren, Umformer
Kran- und Aufzugsmotoren
Hochspannungs - Dynamos
Hochfrequenz - Maschinen
Ventilatoren

„Garbe-Lahmeyer"
AACHEN
Dynamos
Elektromotoren
Transformatoren



KUGELLA vorm. MAX ROTH G. m. b. H.
Mittelschmalkalden (Post Wernshausen)
Fabrik für Elektro-Installationsgegenstände
Spez.: Berührungsschutzfassungen

Die

Fabrikzeichen-Rubrik

ist ein vorzügliches Mittel, den Abnehmerkreisen die Firmenmarken immer von neuem vor Augen zu führen.

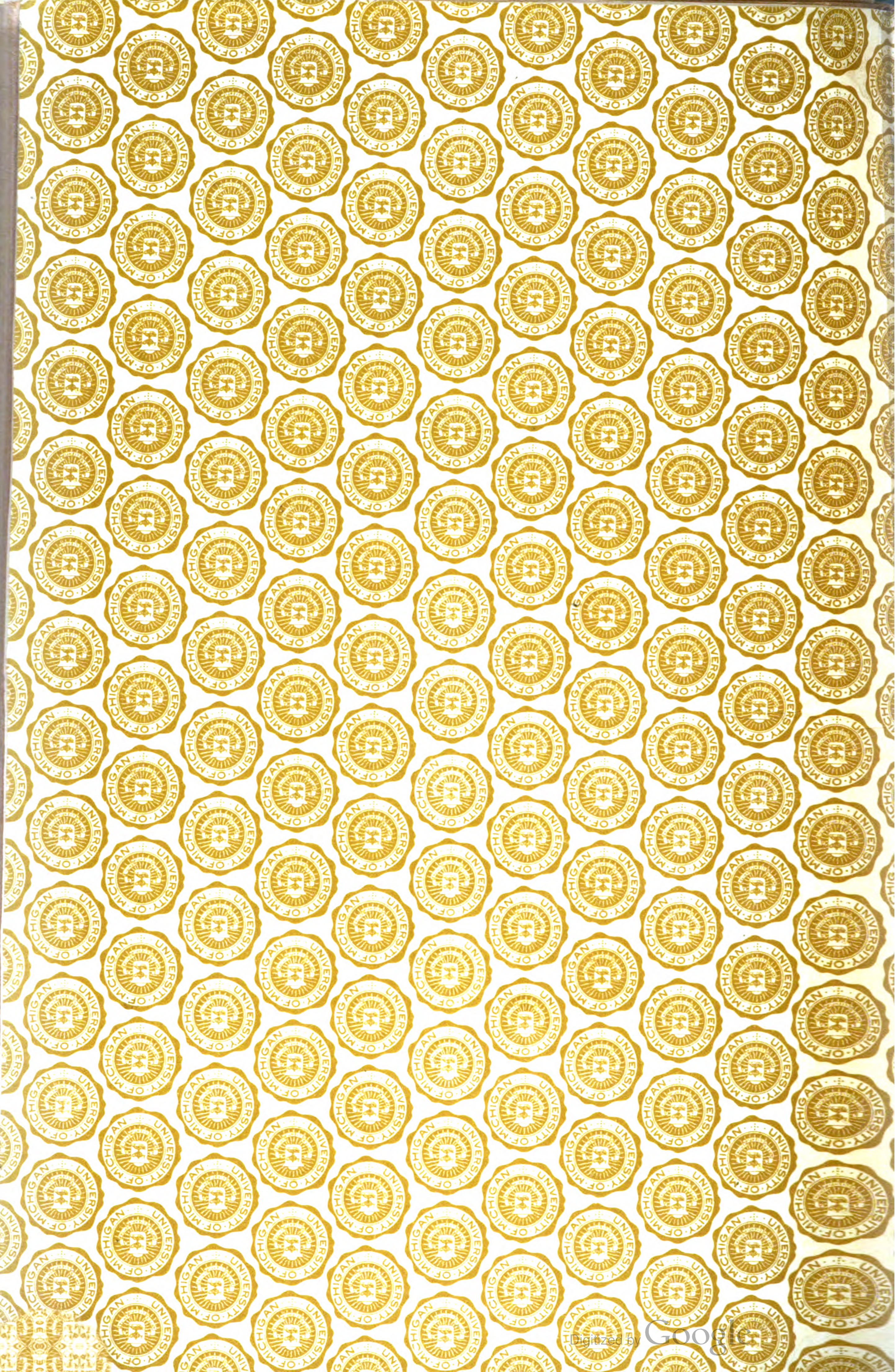
Preis pro Feld und Aufnahme M. 17.—

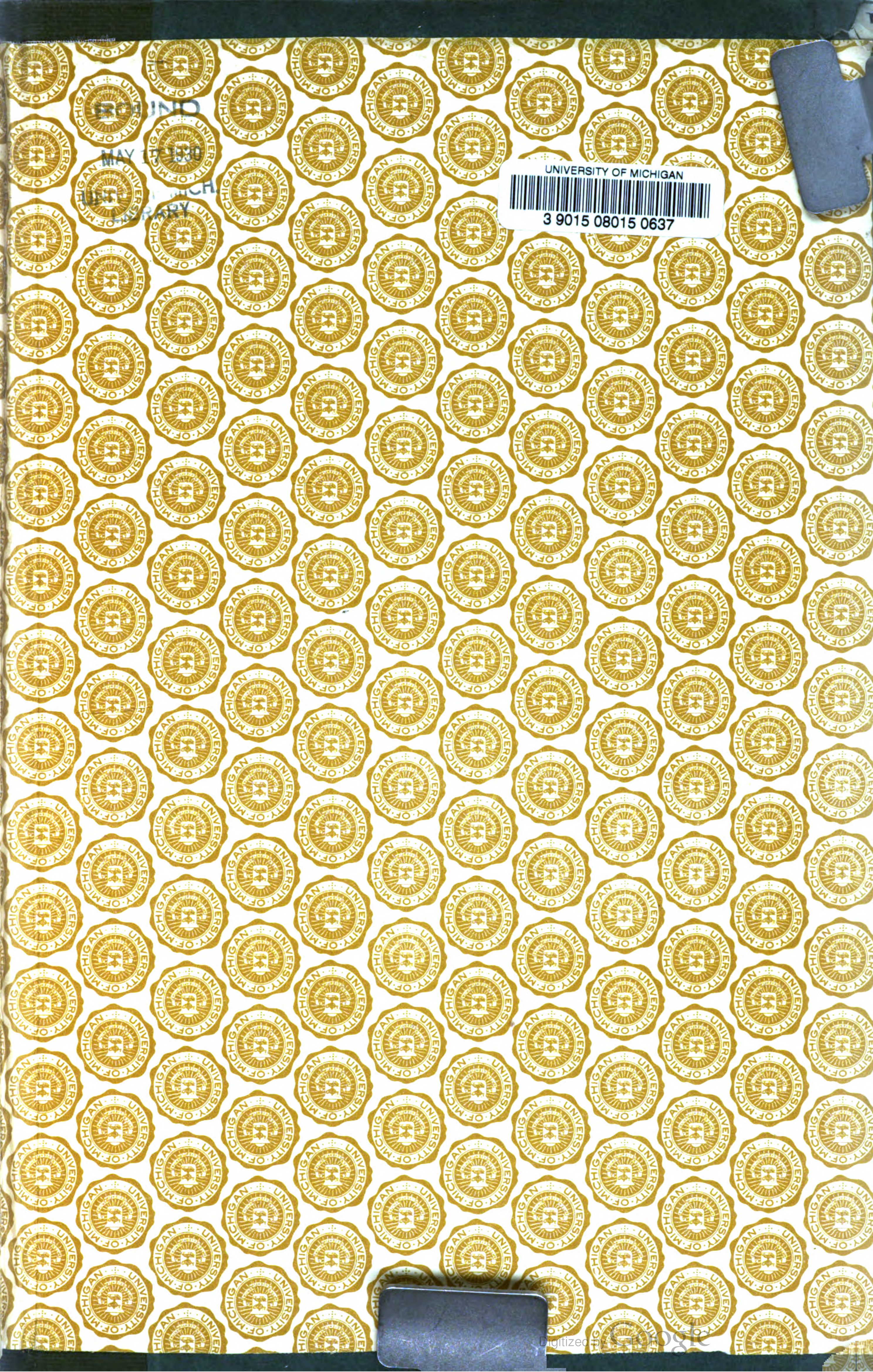
abzüglich	10	20	30%	Nachlaß
bei jährlich	13	26	52	Wiederholungen.

Aufnahme nur wöchentlich hintereinander.

Für den Anzeigenteil verantwortlich F. Luckhardt, Berlin SO 36 — Verlag der ETZ-Verlag G. m. b. H., Berlin.
Im Buchhandel durch Julius Springer, Berlin W — Druck von H. S. Hermann G. m. b. H., Berlin SW 19

Hierzu Beilagen von **Cobra, Holzverkaufsgesellschaft m. b. H., Leipzig C 1 — Gea-Luftkühler-Gesellschaft m. b. H. Bochum.**


UNIVERSITY OF MICHIGAN


BOUND
MAY 17 1930
UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 08015 0637
Digitized by Google

